

Kriminalistika-
EKSPERTIISID

AUTORID:

Üllar Lanno	EKEI direktor
Merike Rump	EKEI kvaliteedijuht
Kaja Rodi	EKEI dokumendiosakonna juhataja, dokumendiekspert
Aime Riikoja	EKEI keemiaosakonna juhataja, toksikoloogiaekspert
Erik Mei	EKEI sõrmejäljeosakonna juhataja, sõrmejäljeekspert
Maarja Sadam	DNA-ekspert
Inna Ivask	dokumendiekspert
Kairi Kriiska-Maiväli	dokumendiekspert
Galina Rosin	hääleekspert
Oliver Olt	IT-ekspert
Kai Tõns	kiu- ja värvkatteekspert
Helen Rebane	kiu- ja värvkatteekspert
Helle Randmäe	käekirjaekspert
Liina Eskor	käekirjaekspert
Eve Kristjankroon	käekirjaekspert
Sven Laanet	lõhkeaineekspert
Allan Juhe	lõhkeseadeldise- ja plahvatuseekspert
Peep Rausberg	narkootilise aine ekspert
Meelis Toomet	metalli- ja lasujägiekspert
Vardo Saarik	põlevvedelikuekspert
Lembit Rodes	tulekahjuekspert
Hendrik Kaing	prokurör
Herbert Lindmäe	TÜ emeriitprofessor

Toimetaja: Marika Väli, EKEI asedirektor, kohtuarst-ekspert

Keeletoimetajad: Urve Buschmann, Aet Kuusik

Kujundaja: Randolph Pukk

Trükk: Paar OÜ

Kriminalistika- **EKSPERTIISID**



SISEKAITSEAKADEEMIA

SISUKORD

Eessõna	7
Sissejuhatus	9
Seaduslik taust	13
Kvaliteedijuhtimine kohtuekspertiis	19
Ekspertide pädevus	28
Sõrmejäljeekspertiis	31
DNA-ekspertiis	55
Hääleekspertiis	125
Käekirjaekspertiis	145
Dokumendi- ja rahaekspertiis	157
Alkoholiekspertiis	189
Narkootilise aine ekspertiis	195
Toksikoloogiaekspertiis	209
Kiuekspertiis	223
Värvkatteekspertiis	243
Lasujäägiekspertiis	263
Metalliekspertiis	275
Hööglambiekspertiis	281
Põlevedelikuekspertiis	285
Lõhkeaineekspertiis	309
Lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiis	339
Kohtuballistika- ja tulirelvaekspertiis	357
Infotehnoloogiaekspertiis	387
Tulekahjuekspertiis	401

EESSÕNA

Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis (edaspidi EKEI) tehakse rohkem kui 45 liiki ekspertiise ja uuringuid ning kriminalistikaekspertiisid moodustavad nendest märkimisväärse osa.

Juba Eesti esimese ekspertiisiasutuse – Teadusliku-kohtulise Ekspertiisi-kabineti – loomisel 5.augustil 1921. aastal peeti kohtuekspertiisi kriminaalpolitsei töös edu saavutamisel oluliseks teguriks ning kohtuekspertiisi kabinetilt loodeti tõhusat abi kuritegevuse vastu võitlemisel. Niisamuti on kohtuekspertiis, sh kriminalistikaekspertiisid, õigusprotsessi lahutamatu osa ka tänapäeval.

Kui 2008. aastal ilmus eestikeelne kohtuarstlikke ekspertiise tutvustav käsiraamat, siis teie käes olev, esimene ülevaatlik eestikeelne õpik “Kriminalistikaekspertiisid” jätkab ekspertiise tutvustavat teemat. EKEI loodab, et kolmanda suurema valdkonna – kohtupsühhiaatriaekspertiiside – käsitlus samuti lähematel aastatel kaante vahele jõuab.

“Kriminalistikaekspertiisid” on mõeldud kasutamiseks nii Sisekaitseakadeemia üliõpilastele kui ka töötavatele juristidele, kes ekspertiisidega kokku puutuvad. Õpiku autorid loodavad, et teos aitab menetlejaid nende igapäevätöös. Raamatust leiab näpunäiteid selle kohta, kuidas ja milliseid asitõendeid (objekte) ekspertiisiks koguda, pakkida ja saata, millistele küsimustele ekspert vastata saab ja milliseid tulemusi ekspertiisilt oodatakse.

Raamatu peatükkides antakse ülevaade ekspertiisi valdkondade kujunemise ajaloost, metoodikatest, ekspertiisimaterjalide (objektide) nõuetest, samuti seletatakse lahti ekspertarvamuse kujunemise põhimõtted. Eraldi peatükk on kvaliteedisüsteemi arengu ning ekspertiisiasutuse usaldusväarsuse, efektiivsuse ja kvaliteedi kohta. Kuna kohtuekspertiisi areng ja tegevused on tihedalt seotud riigis kehtivate seadustega, siis on raamatusse lisatud ülevaade ka ekspertide tööd puudutavatest õigusaktidest.

Täname tubli töö eest kõiki kaasautoreid ja kohtueksperte, kes on andnud oma panuse selle raamatu valmimiseks. Autorid tänavad ka Sisekaitseakadeemiat, kelle moraalse ja materiaalse toetuseta see raamat valminud ei oleks. Samuti täname keeleteimetajat Urve Buschmanni.

Autorite nimel
Marika Väli

SISSEJUHATUS

Üllar Lanno

Kriminalistika on üks kohtuteaduse alajaotustest, mis käsitleb kohtulike tõendite äratundmist ja kogumist ning kohtus esitamist õigusteaduslikul põhimõttel. Kohtuekspertiis ja kriminalistika kui terminid on tihti vaheldumisi kasutuses ja tavainimesele raskesti arusaadavad. Kohtuteadus hõlmab väga laia spektrit teadusharusid – nn kohtumeditiin, toksikoloogia, antropoloogia, entomoloogia, bioloogia, inseneriteadus, odontoloogia ja loomulikult ka kriminalistika.

Väga raske on anda täpset kriminalistika definitsiooni, kuna see sõltub konkreetsest asukohast või maast. Kriminalistikas esitatakse vastavalt kriminaalmenetluse seadustikule üldist laadi teaduslikult põhistatud soovitusi ja nõudeid nüüdiseaduse andmete ja tehnika saavutuste rakendamiseks kriminaalmenetluses, tagamaks kuritegude kiire ja täieliku avastamise. Kriminalistikaalase tegevuse käigus kujuneb sündmuse kohta informatsioon, mis talletatakse ning edastatakse tõendite kogumina kinnitamiseks kohtuekspertiisi. Tõendusmaterjali kogumisel toimub sündmuskoha paikvaatlus ja sündmuse tunnistajate küsitlemine. Igal leitud asjal koos temale omaste tunnustega on tõendi väärtus.

Väljakutset pakkuv on ka sõna “kriminalistka” tekke täpne väljaselgitamine. Väidetavalt tuleb termin saksakeelsest sõnast Kriminalistik, mille tuletas Austria kriminalist-jurist Hans Gustav Adolf Gross. Tema 1893. aastal välja antud raamatu Handbuch für Untersuchungsrichter, Polizeibeamte, Gendarmen (Koroneride, politseiametnike ja militaarpolitseinike käsiraamat) ilmumisaega loetakse ka kriminalistika sünnihetkeks. 1901. aastal ilmus tema eestvedamisel Enzyklopädie der Kriminalistik (Kriminoloogia entsüklopeedia) ja 1912. aastal asutas ta Kriminalistika Instituudi (hilisem: Kriminoloogia Instituut), mis oli Graz’i Ülikooli õigusteaduskonna allasutus.

Kriminalistika sees on integreerunud mitmed kohtuteaduse uurimussuunad, nagu tööriistajäljed, tulirelvad, sõrmejäljed, digitaaljäljed, biomeetrilised jäljed, jalatsid, rehviäljed, pinnase jäljed, kiud, klaas, värv, seerianumbriid, elektrikpirnid, keelatud ained (pulbrid, vedelikud jm), dokumendid, põlengu jäljed ja plahvatuse jäljed, bioloogilised vedelikud ning loomulikult sündmuskohad ise.

Kohtuekspertiis omakorda on menetlusasjas eksperdiks määratud isiku erialane tegevus, mille ülesanne on anda ekspertiisiülesandest lähtudes

teaduslikult põhjendatud, sõltumatu ja erapooletu eksperdiarvamus. Ekspert võib arvamuse kujunemiseks kasutada kõrgtehnoloogilisi seadmeid. Rahvusvaheliselt tunnustatud norm kehtestab ekspertiisi läbiviimiseks ranged kvaliteedinõuded, mille järgimine on kogu tööprotsessi ulatuses tungivalt soovitatav.

Eestis teevad kohtuekspertiisiseadusest tulenevalt kriminalistikaekspertiise riikliku ekspertiisiasutuse vannutatud kohtuekspertid. Kohtuekspertiisiseadus sätestab kohtuekspertiisi, riikliku ekspertiisiasutuse ja riiklikult tunnustatud eksperdi õigusliku seisundi ning eksperdi õiguste ja kohustuste teke alused kriminaalmenetluses, tsiviil- ja halduskohtumenetluses ning väärteomenetluses. Kriminalistikaekspertiiside liigid jagunevad erinevateks teadusharukeskseteks valdkondadeks, nagu dokumendi- ja käekirjavaldkond, infotehnoloogia valdkond, jäljevaldkond, kiu ja juuste valdkond, liiklusõnnetuste ja sõidukite valdkond, käsirelvade valdkond, mikroosakeste analüüsi valdkond, plahvatuse ja lõhkematerjali valdkond, sõrme- ja käejälgede valdkond, tulekahju tekkepõhjuste ja süütamise valdkond, narkootiliste ja psühhotroopsete ainete ning nende lähteainete valdkond jm kohtukeemia väiksemad valdkonnad.

Rahvusvaheliselt kasutatakse ingliskeelses erialakirjanduses ühist terminit *Forensic science* (tihti lühendatult vaid *forensics*) ehk kohtuteadus. See mõiste hõlmab laiaulatusliku teadusharude spektri ning tehnoloogilise võimekuse, mille abil on võimalik luua ja uurida kohtupidamiseks olulisi fakte. *Forensic* tuleneb ladinakeelsest keelsest sõnast *forēnsis*, mis antiikajal tähendas “enne” või “foorumi ees”, st rahvaarutelu ja debatte ning ka õigusemõistmist Forum Romanumi arenil.

Arusaamad kohtulikest tõenditest ei ole tänapäeval paljuski enam need, mida 44 sajandit eKr rakendati. Inimese surma uurimine on esimene teadaolev kriminalistika- ja ekspertiisialane tegevus. Tänapäevani püsib aga muutumatu kriminalistika ja ekspertiisi üks põhialuseid, kus objektide kokku puutel jätavad mõlemad osalised teineteisele jälje. See jälg on tihti paljale silmale märkamatu, tuuakse aga kohtuekspertiisiteaduse saladustega nähtavale.

Teaduslik-tehniline areng ja innovatsioon on ekspertiisi lahutamatu osa. Muutused, mis said alguse XVII sajandil ballistikaekspertiisi esmakordsest kasutamisest, tuginevad täna 3D- ja arvutitehnoloogial. Virtuaaltõendite massiivne teke mobiil- ja arvutikeskkondades viivad füüsilisele tõendile kehtinud arusaamade ümberhindamiseni ja tekitavad uusi võimekusi, millest veel kümmekond aastat tagasi midagi ei teatud. Virtuaalkeskond toob kaasa uuel tasemel võimekuse hinnata tagantjärele edukalt selliseid tõendeid, mis tekkisid kuritegude ajal aastaid tagasi.

Kriminalistikaekspertiis on terves maailmas koondunud katusorganisatsiooni International The International Forensic Strategic Alliance (IFSA), kuhu kuuluvad kuue kontinendi kriminalistika- ja kohtuekspertiisi laboreid

ühendavad võrgustikud: the American Society of Crime Laboratory Directors (ASCLD), the Senior Managers of Australian and New Zealand Forensic Laboratories (SMANZFL), the Asian Forensic Sciences Network (AFSN), the Southern Africa Regional Forensic Science Network (SARFS), the Academia Iberoamericana de Criminalística y Estudios Forenses (AICEF) ja the European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI).

Viimati nimetatud võrgustiku liige on alates 1998. aastast ka Eesti Kohtuekspertiisi Instituut (EKEI). Praeguseks kuulub Euroopa laborite võrgustikku 64 ekspertiisiasutust 34 riigist. Võrgustiku tegevuste kohta saab rohkem lugeda ENFSI kodulehelt www.enfsi.eu.

Eesti kriminalistikaekspertiisi väärtus kasvab tänu osalemisele üleeuroopaliste ekspertide tööühenduste töös, sest seal toimub valdkonna parimate praktikate väljatöötamine ning kaasaegseima oskusteabe jagamine. ENFSI on ühtlasi ka Euroopa komisjoni monopoolne partner ning täidab üleeuroopalise kriminalistika- ja kohtuekspertiisialase tegevuse kooskõlastamise/tasakaalustamise rolli.

Kriminalistika ja kohtuekspertiisi tuleviku põhisuunad on heaks kiidetud Euroopa Komisjoni otsusega 13.11.2011 “Council conclusions on the vision for European Forensic Science 2020 including the creation of a European Forensic Science Area and the development of forensic science infrastructure in Europe”.

Selle otsuse kohaselt nähakse ette

- saavutada üleeuroopaline kohtuekspertiisi instituutide ja laborite akrediteerimine;
- minimaalsete kompetentsistandardite kehtestamine kohtuekspertiisi personalile;
- ühiste parima praktika käsiraamatute loomine ja nende rakendamine kriminalistika- ja kohtuekspertiisi igapäevatoös;
- rahvusvahelistes pädevustestides ja võrdluskatsetes osalemise kohustuslikkus, kriminalistide sündmuskohatöö minimaalsete kvaliteedistandardite loomine ja juurutamine;
- kohtuekspertiisialaste tegevuste üleeuroopalik õiguslik ühildamine, vältimaks dubleerimisi, vähendamaks tehnilisi ja kvalitatiivseid erisusi ning vähendamaks aja kadu piiriülestel juhtumitel;
- optimaalsete andmevahetuse võimaluste loomine ning liikmesmaade andmebaaside ühine täiendamine ja kasutamine; kohtuteaduse eeliste kasutuselevõtmine võitluses terrorismi, organiseeritud kuritegevuse ja muude kriminaalsete tegevustega;
- kohtuekspertiisi teadmiste suurendamine sihipärase koolituse ja hariduse andmise teel õigus- ja korrakaitstes tegutsevatele isikutele ning teadus- ja arendusprojektide edendamine, toetamaks kohtuekspertiisi infrastruktuuri jätkusuutlikku arengut.

Järgnevates peatükkides käsitletakse kriminalistika kui kohtuteaduse füüsiliste tõendite tekkimise maailma ning selle eluvaldkonna arengu viimaseid saavutusi.

Kriminalistikaekspertiis on kui arenev kunst, mis ühelt poolt suudab empiirilistel alustel tuua esile asju ja tõdemusi, mida saavutati juba eelmise sajandi alguses, samas aga teiselt poolt tänu pidevale tehnoloogia uuenemisele lisab kogu aeg olemasolevale infole lisandväärtust ning teeb nähtamatud kuriteod nähtavaks.

SEADUSLIK TAUST

Hendrik Kaing

Kohtuekspertiis on üks õigussüsteemi vahend töö tuvastamisel. Kohtuekspertiisi reguleerivad õiguslikult nii kohtuekspertiisiseadus kui ka menetlusnormid. Samas on kohtuekspertiisi ülesanne anda sellist tõendusteavet, mille saamiseks tuleb kasutada eriteadmisi, mis ei ole juriidilised. Kohtuekspertiisiseaduse § 4 lõikes 1 nimetatud erand vähemalt seniajani ei puuduta kriminalistikaekspertiisi tegemist. Nimelt näeb tsiviilkohtumenetluse seadustiku § 293 lõige 1 ette võimaluse, et õigusküsimuses võib kohus küsida eksperdi arvamust väljaspool Eesti Vabariiki kehtiva õiguse, rahvusvahelise õiguse või tavaõiguse väljaselgitamiseks.

Üks kohtuekspertiisiga kaasnev küsimus on see, kus kulgeb piir õigusliku ja mitteõigusliku vahel. Enamasti on ekspert kõrgtasemel asjatundja, kes on kursis oma eriala puudutavate õiguslike regulatsioonidega ja oskab neid oluliselt paremini mõista kui muus valdkonnas tegutsev jurist. Aga võib juhtuda ka vastupidi – näiteks võib mõne muu kui juriidilise eriala esindaja tõlgendada õigusakti oma arusaamade järgi ja ekslikult ning võib oma autoriteediga eksiteele viia ka menetleja. Sellises olukorras võib olla küsitav, kui otstarbekas on regulatsioon, mis seaduse järgimisel probleeme tekitab.

Näiteks relvaseaduses liigitatakse tulirelvi nende peamise kasutusvaldkonna järgi tsiviil-, teenistus- või sõjaväerelvadeks, kuid kriminaalmenetluses tekitab see mitmeid vaidlusi. Probleem lahendati sel viisil, et täiendati karistusseadustikus § 418-1, milles senise kolmikliigituse asemel piirdui kahega: nüüd erineb karistus selle alusel, kas tulirelv, relva oluline osa või laskehoon on tsiviilkäibes lubatud või keelatud, ning tsiviilkäibes lubatavust tehakse edaspidi kindlaks relvaseaduse 3. peatükis sätestatud tüübikinnituse toiminguna, mitte ekspertiisiga menetlusasjas.

Samalaadset, kuigi teistel alustel poleemikat on kohtupsühhiaatriaekspertiisi valdkonnas peetud süüdivuse ja psühhiaatrilise sundravi küsimustes. Sedavõrd keerulisi olukordi tuleb siiski harva ette ja need lahendatakse enamasti nii – kui kohus leiab, et eksperdiarvamus on õigusliku iseloomuga, siis seda osa tõendina ei arvestata, kuid ülejäänud ekspertiisiaktist võib jääda tõendikõlblikuks.

Sageli öeldakse, et tehnika areng muudab ka ekspertiisid järjest keerukamaks. Ka õigus ei ole jäävalt samasugune ega viimase detailini läbi töötatud, vaid areneb koos ühiskonna ja õiguse rakendamise praktikaga. Aeg-

ajalt tuleb paratamatult üle korrata vanu tõdesid, mis on vahepeal tähelepanu alt kõrvale jäänud. Tähelepanu võib hajuda näiteks probleemide puudumisel või põhjustab seda kohtuekspertiisiga kokkupuutuvate inimeste vaheutumine. Vanu tõdesid tuleb korrata ka siis, kui seniseid tõekspidamisi püütakse põhimõtete muutmiseks painutada või leida lahendusi muudele probleemidele. Kohtuekspertiisiga seotud probleemid tekivad enamasti menetlusõiguse pinnalt ning on peamiselt seotud menetleja tegevusega. Eelkõige tekitab probleeme olukord, kui mingi tõendamiseseme asjaolu tuvastamiseks ei ole korraldatud ekspertiisi, vaid on arvatud sobivaks muid lahendusi, nt spetsialisti kaasamine (Riigikohtu otsus kriminaalasjas nr 3-1-1-82-06), või siis on alles kohtus ilmnenu, et mingi asjaolu tõendamiseks oleks tulnud korraldada ekspertiis (Riigikohtu otsused kriminaalasjades nr 3-1-1-85-11 ja 3-1-1-15-12).

Alati ei ole lihtne prognoosida, kas ekspertiisi on vaja korraldada või kas selle korraldamata jätmisest tekib tõendamisprobleeme. Näiteks on Riigikohus väärteoasjas nr 3-1-1-35-06 sedastanud: “Ei väärteomenetluse seadustik ega kriminaalmenetluse seadustik näe ette asjaolusid, mille tõendamine oleks aprioorselt võimalik üksnes eksperdi arvamuse alusel.” Samas väärteoasjas on Riigikohus märkinud veel järgmist: “Nii kriminaal- kui ka väärteomenetluses on ekspertiisi määramine nõutav juhul, kui tõendamiseseme asjaolu tuvastamiseks on vaja vastata küsimusele, mille lahendamine on usaldusväärselt võimalik üksnes mitteõiguslike eriteadmiste alusel. Seega on ekspertiis nõutav olukorras, kus teatud liiki mitteõiguslike eriteadmiste rakendamine võib anda tõendusteavet, mille tajumine või tähenduse mõistmine jääb väljapoole menetleja üldteadmiste piire.” Samuti on Riigikohus nentinud: “Ekspertiisi korraldamise vajaduse üle otsustamisel peaks küsima selle järele, millist lisainformatsiooni ekspertiisi korraldamine käesolevas asjas võinuks anda.” Kui võiks arvata, et narkootilise aine ebaseaduslikku käitlemist puudutavas kriminaalasjas peaks olema kindlasti tehtud narkootilise aine ekspertiis, siis kriminaalasjas nr 3-1-1-63-08 on Riigikohus asjaoludest lähtudes pidanud võimalikuks ka selleta hakkama saada. Väärteoasjas on kirjas: “Tõendamise seisukohalt ei ole narkootiliste ja psühhotropsete ainetega seotud kuritegudes obligatoorne nimetatud aine olemasolu tuvastamine eksperdiarvamusele tuginedes, vaid selleks on kasutatavad kõik kriminaalmenetluses lubatavad tõendiliigid. Seega on kuriteo tunnuste tuvastamine süüdistatava käitumises võimalik ka juhul, kui käideldud ainet ei ole õnnestunud kätte saada.”

Alates 1. septembrist 2011 on kriminaalmenetluse seadustik täienenud (§ 109-1) veel ühe eriteadmisi kasutada võiva isikulise tõendiallikaga, milleks on asjatundja, kelle kaasamine seaduseelnõu seletuskirja kohaselt võib sisuliselt asendada ekspertiisi tegemist. Varem nägi seadus ette võimaluse kaasata menetlustoimingute tegemisse spetsialist, keda Riigikohtu kriminaalkolleegiumi praktika kohaselt oli lubatud tunnistajana üle kuulata, kui ta osaleb uurimistoimingu asjaolude täpsustamisel. Spetsialistil oli keelatud teha eri-

teadmistele tuginevaid järeldusi (Riigikohtu otsus kriminaalasjas 3-1-1-82-06). Spetsialisti/asjatundja üks erinevus võrreldes eksperdigiga on see, et ekspert peab koostama ekspertiisiakti, aga asjatundja saab esitada oma järeldusi ainult ütluste vormis. Edasine praktika peaks näitama, kas ja millisel määral hakatakse asjatundja kasutamist eelistama ekspertiiside korraldamisele ning kas ja milliseid seniseid põhimõtteid võidakse ümber hinnata.

Võib tunduda, et eksperdil on asjatundjaga võrreldes sellevõrra lihtsam, et tal tuleb esitada ekspertiisi käigus tehtud uuringute kirjeldus, järeldused ja eksperdiarvamus kirjalikult ekspertiisiakti vormis. Kuid seadus näeb ette võimaluse kohtus üle kuulata ka ekspert ja alates 1. septembrist 2011 võib seda teha ka riskisütluse vormis. Kindlasti oleneb palju eksperdi isikust, kuid eriti neis valdkondades, kus kohtusse kutsumist harvem ette tuleb, on eksperdil vähem esinemispraktikat; ka ei pruugi iga oma eriala tippspetsialist olla hea esineja ega selgitaja ning võib osava küsitlemise käigus seetõttu ka handada enda tehtud ekspertiisi väärtust tõendina.

Eelmainitud seadusemuudatuste üks uuendus oli veel see, et kui varem sai ekspertiisiaktist tõendina kasutada ainult selle resolutiivosaks olevat eksperdiarvamust, siis nüüd on kogu ekspertiisiakt tõendina kasutatav. Siiski ei saa öelda, et ekspertiisiakti eksperdiarvamust mittesisaldavat põhiosa tohiks sõnastada lihtsustatumalt või ükskõik kuidas. Riigikohus on kriminaalasjas nr 3-1-1-63-08 seda selgitanud järgmiselt: “Vastavalt KrMS § 107 lg 3 p-dele 1 ja 2 tuleb ekspertiisiakti põhiosas obligatoorselt esitada uuringute kirjeldus, uuringutulemuste hindamise andmed ja eksperdiarvamuse põhjendus. Nõutavad andmed tuleb ekspertiisiaktis kohustuslikult kajastada põhjusel, et nende pinnalt on menetlejal ja kohtumenetluse pooltel võimalus veenduda eksperdiarvamuse põhjendatuses ning jälgida arvamusele jõudmise käiku. Ekspertiisiakti vastavus esitatud nõuetele tagab ühtlasi ka süüdistatava kaitseõiguse, kuna vaid nende täitmine tagab eksperdiarvamuse põhjendatuse kontrolli.”

Eeltooduga seondub vähemalt kaks probleemi. Esiteks on kõigi uuringute ja nende tegemisel kasutatud meetodite ning nende alusel tehtud järelduste kirjeldamine sageli väga aeganõudev töö. Kui tegemist vajavate ekspertide arv pidevalt suureneb, moodustub neist ajapikku järjekord; ekspertide valmistaamise aeg pikeneb järjest, mis võib hakata takistama menetlusi, milles ekspertiis määrati. Piiratud ressursside korral (finantseerimine, eksperdikids sobivate isikute leidmine, pikk tee erialateadmistega algajast eksperdini jms) vaadatakse üle ka ekspertiisi tegemisele kuluva aja kasutamine ja selle optimeerimise võimalused. Ekspertid võivad selle käigus leida, et ekspertiisiakti uuringute kirjelduse mingite osade kompaktsem esitamine või hoopiski väljajätmine kiirendaks ekspertiisi valmimist, ilma et selle sisuline väärtus väheneks.

Teiseks võib pidada loomulikuks, et mõne raskema ekspertiisiliigi puhul on tarvilikud eriteadmised, meetodid ja vahendid sedavõrd keerulised, et nende kasutamist (valik, järjestus, kasutusviis jne) polegi võimalik väga

kokkusurutult lahti seletada või lihtsustatult edasi anda. Riigikohus on aga ikka ja jälle rõhutanud, et ekspertiisiakt peab sisaldama kõike olulist ja peab olema sisuliselt arusaadav igapähele, ka ilma erialateadmisteta isikutele. Samas – eksperdi iga viimase kui liigutuse detailne kirjeldamine ja kõigi meetodite täies ulatuses erialaväliselt arusaadavaks tegemine võib ekspertiisiaktis olla tõesti problemaatiline: teadust, millel kohtuekspertiis põhineb, ei olegi võimalik ühes dokumendis edasi anda. Lahendus saab olla kuldse kesktee leidmises, aga arutusel on olnud ka muid võimalusi, näiteks muuta põhimõtteid (ja vajadusel ka seadust) nii, et kõige enam levinud meetodite kirjeldused oleksid vajaduse korral ekspertiisiaktiivalse materjalina sel määral kättesaadavad, et iga kord ümber kirjutamise asemel piisaks vaid neile viitamisest või siis sellest, et eksperdid selgitavad kompaktsemaid ekspertiisiakte suuliselt kohtuistungil.

Ekspertiisiakti põhiosa kõrval on probleeme nähtud ka eksperdiarvamuses. Kohtuekspertiisile esitatavad nõuded on muutumas nii sõnastuse, täpsuse kui ka usaldusväärsuse poolest järjest rangemaks. Nii on näiteks mõõteseadusega kehtestatud kohustuslikud nõuded mõõtetulemuste jälgitavuse tõendamisele: seaduse § 5 lõike 2 punkti 3 kohaselt peab mõõtetulemuste jälgitavus olema tõendatud muuhulgas ekspertiisi tegemisel kriminaal- ja kohtueelses menetluses, kohtu- ja vahekohtumenetluses või väärteokohtuvälises menetluses.

Siiski on palju niisuguseid eksperdiarvamusi, mis vahetult mõõtetulemusi ei sisalda, ja nii mõnegi eksperdiuuringu käigus tehtav mõõtmisele sarnane tegevus on tegelikult kahe või enama tunnuse omavaheline võrdlemine, aga sellel tegevusel ei ole mõõtmise jälgitavusel mõõteseaduse mõttes tähendust. Vaidlusi on tekitanud ka erinevad arusaamad akrediteeringu kohustuslikkusest või vajalikkusest. Praktikas ei tohiks vähemasti ekspertiisiasutusel sellega probleeme tekkida, kuna mitmes valdkonnas on juba kasutusel akrediteeritud meetodid ning akrediteerimine ei ole mõõtmistulemuste jälgitavuse tõendamiseks ainuke võimalus, kuigi mõnel juhul on seda tehtud selleks, et vastata rahvusvahelistele nõuetele.

Käesoleva teksti kirjutamise ajaks on kohtuekspertiisi mõõtetulemuste jälgitavuse tõendamist puudutavad vaidlused suuremas osas peetud ja ka vajalikud ümberkorraldused tehtud, kuid varem või hiljem tõstatatakse mõõtmisega seoses tõenäoliselt selliseidki küsimusi, millele seni pole veel tähelepanu pööratud.

Sama medali teine külg on see, et eelmisest kümnendist alates on järjest enam esile tõusnud eksperdiarvamuste kategoriseerimine või astendamine, mis lähtub eksperdiarvamuses sisalduva asjaolu esinemise tõenäosuse suuremast või väiksemast astmest. Selle peatüki raames võib piirduda tõdemusega, et ühelgi tõendil ei ole kohtu jaoks ette kindlaks määratud jõudu, vaid kohus hindab iga tõendit eraldi ning Riigikohtu senises praktikas on põhimõtteliselt kategoorilise eksperdiarvamuse kõrval tõendina aktsepteeritud ka tõenäolikkude arvamus. Valik, kas kasutada kategoorilist või tõenäolikkude ar-

vamust, võib sõltuda nii ekspertiisiobjekti, -meetodi või -ülesande omadustest või nõuetest, kuid teatud määral võib see olla ka otsustamise, tavade või põhimõtete rahvusvahelise ühtlustamise küsimus. Viimati nimetatut võib aga vahel ka ise probleeme tekitada. Näitena nii selle kui ka erialaspetsiifilise sõnastuse kohta võib tuua Riigikohtu juba mainitud otsuse näol kriminaalasjas nr 3-1-1-63-08, kus on öeldud järgmist: “Kollegium märgib, et käesolevas kriminaalasjas koostatud ekspertiisiarvamuses toodud ja eelpool tsiteeritud vastus – ”/--/ ei ole võimalik teha usaldusväärseid järeldusi R. Pärnalt ja/või A. Kalmerilt pärineva bioloogilise materjali sisaldumise/mittesisaldumise kohta nendes segaproovides” ja “ei saa kindlalt välistada P. Vaherilt pärineva bioloogilise materjali sisaldumist nendes segaproovides” – ei ole siiski käsitav ka tõenäoliku eksperdiarvamusena, kuna selles ei sisaldu ühtegi järeldust.” Kõnealusel juhul ongi sõnastus tingitud ühekorraga nii sellest, et arvamus ei ole kategooriline ega ole isegi mitte astendatult tõenäoline, ja samas lähtub selles valdkonnas rahvusvaheliselt kehtivast põhimõttest, et seda, mida ekspert on uuringutega tuvastanud, tulebki väljendada just sellise seisukoha võtmisega.

Ekspertiisi korraldamise otsustab siiski menetleja. Menetlejal on võimalik ekspertiisi ettevalmistamisel tutvuda nii juhendmaterjalidega kui ka konsulteerida ekspertidega ja selgitada välja, milliseid ülesandeid ja mis sõnastuses eksperdile saab püstitada ning missugused võivad olla võimalikud eksperdiarvamusel. Teisisõnu – kas menetleja korraldatud ekspertiis annaks menetluses tähtsust omava asjaolu kohta ka tegelikult tõendusteavet või on ekspertiisiga võimalik saada selline arvamus, mis menetlusele, eelkõige juba olemasolevatele tõenditele, uut teavet ega kvaliteeti ei lisa. Praktikast ongi mindud seda teed, et kui menetluses on kogutud piisavalt muid tõendeid, siis aja- ja menetluskuluga lisaekspertiisi ei korraldatagi või katkestatakse juba määratud ekspertiisi tegemine. Seda võib täheldada eelkõige DNA- ja sõrmejäljeekspertiiside puhul.

Kohtuekspertiisi tegemisel on kõige tähtsam siiski kohtuekspert ise. Ilma asjatundliku kasutajata ei tee ükskõik kui tark masin ühtegi ekspertiisi ega anna eksperdiarvamusi, aga see pole kõige tähtsam põhjus. Ekspertidele seatud nõuded ning tema staatuse, õigused ja kohustused sätestavad menetlusseadused ja kohtuekspertiisiseadus. Teadaolevalt ei ole ekspertiisiasutusel eksperdi pädevusega probleeme tekkinud, küll aga on erimeelsusi selles, kas ja millistel alustel tunnustada kohtuekspertiisi ja tema tehtud ekspertiisi usaldusväärset kõrgemalt kui riiklikult tunnustatud eksperdi või menetleja määratud muu isiku tegevust. Loomulikult kehtib ka selles eelkõige põhimõte, et ühelgi tõendil ei ole ette kindlaksmääratud jõudu. Ometi on sõltumatu kohtuekspert, kelle põhitegevus on päevast päeva spetsiaalselt selle jaoks välja töötatud meetoditega kohtuekspertiisi teha, selline väärtus, mida tuleb kõrgelt hinnata. Seda arusaama on toetanud ka seadusandlus 1. augustil 2012 jõustunud kriminaalmenetluse seadustiku § 95 lõike 2 sõnastuse muudatusega.

Kuigi kohtuekspertiisiseadust on selle kehtivusaja jooksul mitu korda täiendatud, ei ole muudetud selle peamisi põhimõtteid, kuigi ka selle üle on aru peetud. Ekspertide jaoks on üks olulisemaid küsimusi nende staatus, seda nii ekspertiisiasutuse sees kui ka seal töötavate kohtuekspertide ja igapäevatööd väljaspool ekspertiisiasutust tegevate ekspertide vahel. Erinevad arusaamad nii ekspertiiside korraldamisest, tegemisest, vastutusest kui ka finantseerimisest on tõstatanud idee korrastada kohtuekspertiisi tegemist, tsentraliseerides ja viies selle riikliku ekspertiisiasutuse koordineerimise alla. Nii tsentraliseerimisest kui ka muudest asjaoludest lähtuvalt on omakorda üles kerkinud küsimused, kas ja kuidas peaks ekspertiisiasutus olema seotud väljaspool asutust tegutsevate ekspertide teha soovivate isikutega, kas peaksid ja millisel viisil või määral oleksid ühtsel tasandil võrreldavad kohtuekspert ja senine riiklikult tunnustatud ekspert. Milliseid võimalusi oleks veel, et teaduslikult põhjendatud eksperdiarvamused oleksid ühelt poolt vajalikul tasemel ja teisalt ei jääks mõni ekspertiis menetlejal määramata üksnes põhjusel, et ekspertiisiasutuses on pikk ekspertiiside järjekord või vastavas valdkonnas ei ole (asjatundjate endi initsiatiivi puudumisel või muul põhjusel) registreeritud ühtegi kohtuekspertiisi tegemiseks pädevat isikut. Tegelikult leitud ka väljaspool ekspertiisiasutust isikuid, kelle jaoks kohtuekspertiis pole igapäevatöö, ent nad on võimelised seda kõrgeimal tasemel tegema ja väärik-sid seetõttu muude asjatundjatega võrreldes kõrgemat tunnustust.

Need olid ainult mõned arutamist ja lahendamist vajavad küsimused. Menetlejad saavad aga jätkuvalt kohtuekspertiise korraldada, selleks ise ekspertiis valides. Samuti saavad nad vaadata kohtuekspertiisiseadusest või küsida ekspertiisiasutusest, milliseid ekspertiise teevad riiklikult tunnustatud eksperdid või milliseid tehakse riiklikus ekspertiisiasutuses, tutvuda ekspertiisiasutuses koostatud meetodiliste juhenditega, saada nõu ning lugeda käesolevast väljaandest ja teistest kohtuekspertiisialastest raamatutest palju huvitavat ja kasulikku kohtuekspertiisi tegemise kohta.

KVALITEEDIJUHTIMINE KOHTUEKSPERTIISIS. EKSPERTIDE PÄDEVUS

Merike Rump

Kohtuekspertiisi valdkonnas on kvaliteedijuhtimissüsteemi (juhtimissüsteemi) juurutamine ja akrediteerimine olnud juba aastaid aktuaalne. Ühelt poolt on akrediteerimisnõue esitatud Eesti Vabariigi mõõteseaduses, teiselt poolt Euroopa Liidu õigusaktides ning lisaks ka mitme rahvusvahelise kohtuekspertiisivaldkonna erialaorganisatsiooni strateegias, sest kuritegevusega võitlemisel on rahvusvahelise koostöö huvides väga tähtis kooskõlastada Euroopa riikide ekspertiisiasutuste tegevus.

MIS ON JUHTIMISSÜSTEEM?

Juhtimissüsteem ei ole tegelikult midagi erilist. Ettevõtetes, asutustes, isegi meie kodudes eksisteerib mingi kokkulepitud töö- ja elukorralduse süsteem, mis võib olla üsna tõhus, kuigi dokumenteerimata, eriti just väiksemates asutustes. Seega kujutab juhtimissüsteem endast asutuse tegevuste kokkulepitud protseduuride kirjelduste kogumikku.

Toimiv juhtimissüsteem järgib põhimõtteid, mis on järgmised:

- kirjelda, mida sa teed ja kuidas;
- tee nagu kirjeldasid;
- tõesta, et teed nii;
- muuda end pidevalt veel paremaks.

Juhtimissüsteemi koostamine algabki oluliste protseduuride dokumenteerimisest. Kokkulepitud protseduurid võivad olla kirjeldatud lihtsalt asutuse enda jaoks, et olla töötajatele iga päev abiks või aidata uutel töötajatel lihtsamalt sisse elada. Kuid kui asutus soovib saada pädeva asutuse kinnitust, et loodud ja dokumenteeritud juhtimissüsteem vastab mingile kindlale standardile, peame selgitama termini “akrediteerimine” mõistesisu.

MIS ON AKREDITEERIMINE?

Akrediteerimine on protseduur, millega pädev asutus annab ametliku tunnustuse, et asutus või isik on kompetentne täitma määratletud ülesandeid (“Akrediteerimine”, “Kvaliteedi infrastruktuur”, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi veebileht).

Akrediteeringu saamiseks peab asutuse tegevus olema kooskõlla viidud ning protseduurid vastama rahvusvaheliselt tunnustatud standardile, mis on akrediteerimise aluseks.

Akrediteering antakse viieks aastaks, misjärel tuleb taotleda reakrediteerimist. Vahepeal teeb pädev asutus iga-aastast järelevalvet akrediteeritud alas. Nende järelevalvevisiitide (ja muidugi ka reakrediteerimise) käigus on võimalik akrediteeritavat ala laiendada.

Üldjuhul akrediteerib siseriiklik akrediteerimisasutus, milleks Eestis on Eesti Akrediteerimiskeskus (edaspidi EAK). Akrediteeringut võib taotleda ka välisriikidest, kuid see nõuab dokumentide tõlkimist võõrkeelde. Akrediteerimisega tegelevad erialas pädevad asjatundjad ehk assessorid. Kui vastava valdkonna assessorid Eestis puuduvad, on EAK kaasanud ka välismaiseid erialaassessoreid.

Oluline on mainida, et Euroopa akrediteerimisalane koostööorganisatsioon EA (European co-operation for Accreditation) tunnustab EAK-d vastastikuse tunnustamise leppe (MLA) kaudu aastast 2004. See tähendab, et EAK akrediteeritud laboreid/asutusi loetakse sama usaldusväärsedeks kui teiste EA MLA liikmete akrediteeritud laboreid/asutusi (“Eesti mõõte- ja katsetegevus on rahvusvaheliselt tunnustatud!” EAK infoleht 2/2004) ning seega on akrediteeritud alas välja antud tulemused aktsepteeritavad rohkem kui kahekümnes Euroopa riigis.

MIKS ON VAJA AKREDITEERIDA?

Akrediteerimine on üldjuhul vabatahtlik – see aitab veenda kliente oma pädevuses ja usaldatavuses – kuid on aina enam muutumas õiguslikult reguleeritud tegevuseks.

Kohtuekspertiisivaldkonna puhul on akrediteerimisnõue esitatud mõõteseaduses, mis ütleb järgmist:

- mõõtetulemuste jälgitavus peab olema tõendatud ekspertiisi tegemisel kriminaalasja kohtueelses menetluses, kohtu- ja vahekohtumenetluses või väärteo kohtuvälises menetluses;
- mõõtetulemuste jälgitavus on tõendatud, kui mõõtmised on teinud pädev mõõtja;
- mõõtja pädevust hinnatakse ja tõendatakse akrediteerimise või erialase pädevuse hindamise ja tõendamise teel;

- mõõtja erialast pädevust hindab ja tõendab Eesti akrediteerimisasutus.

Eelmainitu tähendab seda, et kui ekspertiisi käigus tehakse mõõtmisi mõõteseaduse tähenduses, peab mõõtmised olema teinud pädev mõõtja, ja seda tõendatakse akrediteerimise kaudu.

Lisaks on akrediteerimise nõue sisse kirjutatud ka Euroopa Liidu dokumentidesse. Näiteks Euroopa Liidu Nõukogu raamotsus 2009/905/JSK (2009/905/JSK, EUR-Lexi veebileht) laboritoiminguid tegevate kohtuekspertiisi teenuse pakkujate akrediteerimise kohta ütleb järgmist:

- intensiivsem teabevahetus kohtuekspertiisi tulemusena saadud tõendite osas ja ühest liikmesriigist saadud tõendite üha sagedam kasutamine teise liikmesriigi kohtumenetlustes rõhutab vajadust kehtestada kohtuekspertiisi teenuse pakkujate ühised standardid;
- eriti oluline on kehtestada kohtuekspertiisi teenuse pakkujate standardid seoses selliste tundlike isikuandmetega, nagu DNA-profiilid ja sõrmejälgede andmed;
- laboritoiminguid tegevate kohtuekspertiisi teenuse pakkujate akrediteerimine on oluline samm kohtuekspertiisi tulemusena saadud teabe turvalisema ja tõhusama vahetuse suunas Euroopa Liidus;
- liikmesriigid tagavad, et siseriiklik akrediteerimisasutus tõendab nende laboritoiminguid tegevate kohtuekspertiisi teenuse pakkujate vastavust standardile EN ISO/IEC 17025;
- liikmesriigid võtavad käesoleva raamotsuse DNA-profiilidega seotud sätete järgimiseks vajalikud meetmed 30. novembriks 2013;
- liikmesriigid võtavad käesoleva raamotsuse sõrmejälgede andmetega seotud sätete järgimiseks vajalikud meetmed 30. novembriks 2015.

Peale riigisiseste nõuete ja Euroopa Liidu ametlike nõuete soosivad akrediteerimist ka mitu rahvusvahelist kohtuekspertiisivaldkonna erialaorganisatsioon, nagu näiteks Euroopa Kohtuekspertiisi Institutsioonide Ühendus (ENFSI – European Network of Forensic Science Institutes), Rahvusvaheline Toksikoloogia Assotsiatsioon (TIAFT – The International Association of Forensic Toxicologist), Rahvusvaheline Geneetikute Ühendus (ISFG – International Society for Forensic Genetics), Euroopa Kohtuarstide Ühendus (ECLM – European Council of Legal Medicine) ja Baltimaade Kohtuekspertiisi Asutuste Ühendus (NBFSI – Network of Baltic Forensic Science Institutes).

ENFSI üks olulisemaid eesmärke on aastaid olnud kõikide oma liikmete akrediteerimine, kuna seda eeldab vajadus teha rahvusvahelist koostööd. ENFSI juhatus on välja kuulutanud eesmärgi, et 2013. aastaks peaks kõigis liikmesriikides olema vähemalt üks akrediteeritud labor. Samuti propageerib ENFSI juba saavutatud akrediteerimisulatuset pidevat laiendamist.

2012. aastal loodi Euroopa Liidu Nõukogu heakskiidul (Council conclusions on the vision for European Forensic Science 2020 including the creation of a European Forensic Science Area and the development of forensic science infrastructure in Europe, 13.–14.12.2011, Euroopa Liidu Nõukogu veebileht) ENFSI tuleviku-grupp European Area for Forensic Sciences 2020, et käsitleda kohtuekspertiisivaldkonna tulevikuvisioni 2020. aastaks ja luua Euroopa ühtne kohtuekspertiisiala (ENFSI Strategic Plan 2011–2014, ENFSI veebileht).

MILLAL OLLAKSE VALMIS AKREDITEERINGU TAOTLEMISEKS?

Akrediteeringu taotlemiseks on vajalik juhtimissüsteemi kirjeldav dokumentatsioon. Lisaks peamistele üldistele dokumentidele, nagu

- kvaliteedipoliitika ja kvaliteedieesmärgid,
- kvaliteedikäsiraamat,
- üldised juhendid, eeskirjad, korrad, vormide näidised jms,

on väga tähtsad ka erialast tööd kirjeldavad dokumendid (nt meetodikad/meetodikirjeldused, tööjuhendid ning muud erialased korrad, eeskirjad ja juhendid).

Kuigi mitmes ekspertiisivaldkonnas kasutatakse n-ö klassikalisi, rahvusvaheliselt tunnustatud ja teiste riikide ekspertiisiasutustes kasutatavaid meetodeid, on kohtuekspertiisi puhul probleem analüüside, katsete ja määramiste standardmeetodite (so meetodid, mis on välja antud riiklike standarditena) puudumine. Seetõttu tuleb põhjalik meetodika/meetodikirjeldus või tööjuhend koostada ekspertiisivaldkonnas ja läbi viia ka valideerimine, mis on väga ressursimahukas töö. Valideerimise all mõistetakse meetodi võimekuse ja usaldatavuse hindamist, mille kaudu veendutakse ja näidatakse, et meetod sobib just selleks määramiseks, mille jaoks ta on mõeldud. Võimaluse korral tuleb osaleda pädevus- või võrdluskatsetes. Pädevuskatsed ja laboritevahelised võrdluskatsed korraldatakse osalejate tulemuste võrdlemiseks ja/või hindamiseks. Kui pädevuskatse puhul on oodatav õige tulemus teada ja hinnang antakse saadud tulemuste kokkulangevuse kohta etteantud tulemusega, siis laboritevahelises võrdluskatses etteantud õiget tulemust ei ole ning katses osalevate laborite tulemusi lihtsalt võrreldakse omavahel.

Lisaks peab loodud ja kirjeldatud juhtimissüsteem olema töötajatele ka kättesaadav ja mõistetavaks tehtud. Selleks korraldatakse töötajatele juhtimissüsteemi koolitusi ning tehakse selgitustööd. Juhtimissüsteemi kinnitatud ajakohaste dokumentide kättesaadavus tagatakse tavaliselt nende avaldamisega asutuse siseveebis või mõnel muul viisil. On väga oluline, et töötajad aktsepteeriks ja järgiksid loodud juhtimissüsteemi – selle tagab juhtkonna pühendumus ja toetus. Juhtimissüsteemi järgimise ja toimivuse kontrollimiseks viiakse regulaarselt läbi kvaliteediauditeid ja ka juhtkond vaatab tegevust regulaarselt üle.

EESTI KOHTUEKSPERTIIISI INSTITUUDI JUHTIMISSÜSTEEM JA AKREDITEERING

Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi (edaspidi instituut) põhimäärusest tulenevalt on instituudi põhilised tegevusvaldkonnad kohtuekspertiiside ja ekspertiisivaldkondadega seonduvate uuringute tegemine oma pädevusvaldkonnas. Instituudi eesmärk on teha ekspertiise ja uuringuid usaldusväärselt ja erapooletult, et oleks tagatud nii riigisisene kui ka rahvusvaheline tunnustus. Eesmärgi saavutamiseks on instituudis juurutatud dokumenteeritud juhtimissüsteem.

Ühest küljest reguleerivad ekspertiiside tegemist Eesti Vabariigi seadused, seaduste alusel välja antud õigusaktid, Justiitsministeeriumi käskkirjad ning instituudi enda käskkirjad ja juhendid.

Teisest küljest peab instituut kui akrediteeritud asutus vastama järgmistele standardite nõuetele.

- EVS-EN ISO/IEC 17025:2006 “Katse ja kalibreerimislaborite kompetentsuse üldnõuded”.
- EVS-EN ISO/IEC 17020:2006 “Eri tüüpi inspekteerimisasutuste toimimise üldkriteeriumid”.

Peale standardite püütakse arvestada ka mitme rahvusvahelise erialaorganisatsiooni juhendite nõuetega. Need on järgmised:

- ENFSI (European Network of Forensic Science Institutes) juhend “Guidance on the Production of Best Practice Manuals within ENFSI”,
- TIAFT (The International Association of Forensic Toxicologist) juhend “Laboratory Guidelines for Toxicological Analysis”,
- ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) juhend G19 “Guidelines for Forensic Science Laboratories”,
- Euroopa Liidu Nõukogu juhend “Harmonisation of Medico-Legal Autopsy Rules” ning ECLM (European Council of Legal Medicine) juhend “Harmonization of the performance of the medico-legal autopsy”.

Ei ole raske mõista, et kõikide eelmainitud dokumentide nõuetega arvestamine protseduuride kirjutamisel on tõsine ülesanne/ettevõtmine.

Instituudi juhtimissüsteemi dokumendid jagunevad järgmiselt.

Nõudeid esitavad dokumendid, näiteks:

- õigusaktid;
- standardid;
- kvaliteedipoliitika ja kvaliteedieesmärgid, eetikapõhimõtted;
- kvaliteedikäsiraamat: põhiosa, mis koosneb peatükkidest, ja selle lisad;
- üldjuhendid, eeskirjad, korrad;

- meetodikad/meetodid, tööjuhendid ning muud erialased korrad, eeskirjad ja juhendid;
- vormide näidised;
- muud nõudeid esitavad dokumendid (nt ametijuhendid, käskkirjad, korraldused, tegevuskavad).

Erialased andmestikud, näiteks:

- ekspertiisitegevuse tõendusdokumendid, nagu ekspertiisimäärused, uuringute tellimused, töölehed, registreerimisraamatud, ekspertiisiaktid, ekspertiisist keeldumise aktid, uuringuvastused, õiendid, aga ka näiteks seadmete kontrolli, hooldust ja remonti tõendavad dokumendid jms;
- ekspertiisitegevusega seotud registrid, registreerimisraamatud /-tabelid, andmekogud jms loetelud, nagu elektrooniline kohtuekspertiisi infosüsteem, valdkonnasisesed ekspertiiside ja uuringute registreerimisraamatud /-tabelid, vannutatud kohtuekspertide loetelu, seadmete, mõõtevahendite ja tarkvara register, mittevastavuste register, parendusettepanekute register, pädevustestide ja võrdluskatsete koondtabel jms.

Muud registrid, andmekogud ja loetelud, näiteks:

- dokumendiregister, kehtivate dokumentide loetelu jms.

Instituudil on akrediteering juba 2003. aastast, akrediteeringu on andnud riigisene akrediteerimisasutus EAK. Instituudi akrediteeringu alus on standard EVS-EN ISO/IEC 17025:2006 “Katse ja kalibreerimislaborite kompetentsuse üldnõuded” (“General requirements for the competence of testing and calibration laboratories”). Kehtiv akrediteerimistunnistus nr L127 kinnitab, et instituut vastab eelmainitud standardi nõuetele kui katselabor, toksikoloogia, narkootiliste ja psühhotroopsete ainete määramise, lasujääkide ja elektronmikroskoopia, DNA analüüside, massi mõõtmise, võltsingukahtlusega eurovääringus paberrahade uurimise, sõrmejälgede esiletoomise ja identifitseerimise ning infotehnoloogia valdkondades. Täpne akrediteerimisulatus (so akrediteeritud meetodikate loetelu) on kirjas akrediteerimistunnistuse lisas ja kättesaadav EAK veebilehel.

2012. aastal taotles instituut akrediteeringut ka kohtuarstlike ekspertii-side valdkonnale. Kuna kohtuarstide tööle ISO 17025 ei rakendu – surnu ja isiku kohtuarstlike ekspertii-side tegevusi käsitatakse (st mõistetakse) pigem kui inspekteerimistegevust – tuli taotleda uut akrediteeringut standardi EVS-EN ISO/IEC 17020:2006 “Eri tüüpi inspekteerimisasutuste toimimise üldkriteeriumid” (“General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection”) järgi. Akrediteerimistunnistus nr I072 kinnitab, et instituut vastab ISO 17020 nõuetele kui inspekteerimisasutus isikute ja surnute kohtuarstlike uuringute valdkonnas.



Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi akrediteerimistunnistus nr L127.

AJALUGU

Kuna Eesti Kohtuekspertiisi Instituut loodi kahe asutuse, Kohtuekspertiisi ja Kriminialistika Keskuse ning Eesti Kohtuarstliku Ekspertiisibüroo ühendamise tulemusena, peame kirjeldama mõlema asutuse tegevust eraldi.

Ettevalmistused juhtimissüsteemi loomiseks algasid **Kohtuekspertiisi ja Kriminialistika Keskuses** (edaspidi KEKK) 2000. aastal, kui käivitus Euroopa Liidu Phare välisabi projekt. Projekti peamised eesmärgid olid KEKKi laborite ja teiste tööruumide renoveerimine ja laiendamine, ajakohaste seadmete hankimine, erialaste koolituste korraldamine ning muuhulgas ka juhtimissüsteemi loomine ja rakendamine. Juhtimissüsteemi loodi eesmärgiga kooskõlastada KEKKi tegevus standardiga ISO 17025, et asutust rahvusvaheliselt tunnustataks. Oli ju KEKK Euroopa kohtuekspertiisiasutuste koos-



Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi akrediteerimistunnistus nr I072.

töövõrgustiku ENFSI liige alates 1998. aastast, samuti osaleti edukalt rahvusvahelistes pädevuskatsetes ja laboritevahelistes võrdluskatsetes juba aastast 1997. Phare-projekti koostööpartnerid olid akrediteeritud laboritena Soome ja Rootsi kriminalistika tehnika laborid. Soome ja Rootsi kolleegide toetusel ja juhendamisel alustati KEKK tegevuste dokumenteerimist ja kohandamist standardi ISO 17025 nõuetele ning 2002. aasta lõpuks oli asutuse üldine juhtimissüsteem dokumenteeritud kvaliteedikäsiraamatus ja selle lisades ning koostatud oli ka hulk ekspertiise kirjeldavaid erialaseid meetodikaid ja juhendeid. Kvaliteedikäsiraamatu esimene versioon kinnitati 23. jaanuaril 2003.

2004. aastal valmis kvaliteedikäsiraamatu teine, täiendatud versioon ning sügisel otsustati taotleda akrediteeringut standardi EVS-EN ISO/IEC 17025:2000 "Katse- ja kalibreerimislaborite kompetentsuse üldnõuded" jär-



Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskuse esimene akrediteerimistunnistus nr L166.

gi kahe narkootilise aine ekspertiisi metoodikale. Aasta lõpus toimus Eesti Akrediteerimiskeskuse hindamisvisiit ning 26. jaanuaril 2005 väljastati Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskusele akrediteerimistunnistus registreerimisnumbriga L166 narkootiliste ainete analüüside valdkonnas.

2006. aastal akrediteeriti lisaks DNA-ekspertiisi valdkond, 2007. aastal sõrmejäljeekspertiisi valdkond (nii sõrmejälgede esiletoomine kui ka uurimine) ning laiendati ka narkootilise aine ekspertiiside akrediteerimisulatust. Kui teiste valdkondade akrediteerimisel kasutas EAK assessoritena Eesti erialaspetsialiste, siis sõrmejälgede mõlemat valdkonda katvat assessorit Eestis ei leidunud ning see tuli kutsuda välisriigist – Inglismaalt, sealsest kohtuekspertiisiasutusest Forensic Science Service (FSS). Sõrmejäljeekspertiisi metoodikate akrediteerimine tegi KEKKist viienda labori Euroopas, kellel mainitud akrediteering olemas oli.

2001. aastal, pisut hiljem kui KEKK, alustas juhtimissüsteemi loomisega ka teine instituudi eelkäija – **Eesti Kohtuarstlik Ekspertiisibüroo** (edaspidi EKEB), aga ainult toksikoloogia valdkonnas. EKEBi kohtukeemia ja -bioloogia laboratooriumi kvaliteedikäsiraamatu esimene versioon valmis 2002. aastal ning samal aastal esitati EAK-le avaldus kohtukeemia ja -bioloogia laboratooriumi akrediteerimiseks. Järgmise aasta alguses toimus Eesti Akrediteerimiskeskuse hindamisvisiit ning 14. veebruaril 2003 väljastati Eesti Kohtuarstliku Ekspertiisibüroo kohtukeemia ja -bioloogia laboratooriumile akrediteerimistunnistus nr L127 bioloogilisest materjalist toksiliste ainete määramise valdkonnas.

Seega oli instituudi loomise ajal (01.01.2008) kaks kehtivat juhtimissüsteemi ja kaks akrediteeringut. Kiiresti alustati juhtimissüsteemide ühendamisest, mis päädis ühtse ISO17025 käsiraamatu kinnitamisega 2009. aasta alguses. Samal aastal plaaniti peale akrediteeringute ühendamise laiendada ka akrediteerimisulatus. 6. aprillil 2009 väljastatigi Eesti Kohtuekspertiisi Instituudile ühtne akrediteerimistunnistus registreerimisnumbriga L127, mis kinnitas, et instituut vastab ISO/IEC 17025:2005 nõuetele kui katselabor toksikoloogia, narkootiliste ja psühhotroopsete ainete määramise, lasujääkide ja elektronmikroskoopia, DNA analüüside ning sõrmejälgede esiletoomise ja identifitseerimise valdkonnas. Akrediteerimistunnistus nr L166 aga tühistati EAK otsusega seoses laborite akrediteerimisulatusete ühendamisega tunnistuse nr L127 lisas.

EKSPERTIDE PÄDEVUS

On ilmselge, et kohtuekspertiiside tegemisel on väga oluline rääkida ka eksperdi pädevusest.

Ekspertiisi tegemine koosneb ekspertiisimaterjaliga tutvumisest, objektide uuringutest, uuringutulemuste hindamisest ja eksperdiarvamuse andmisest, mis esitatakse ekspertiisiaktis. Ekspertiise võivad teha vastavate eriteadmistega töötajad. Ekspertiisuurimuste tulemustel põhineva eksperdiarvamuse andmise õigus on töötajatel, kellel on kohtuekspertiisi staatus.

Kuidas eksperdid nõutava pädevuse saavad?

Kõik ekspertiiside tegemises osalevad uued töötajad peavad enne iseseisvale tööle asumist läbima põhjaliku väljaõppe vastutava juhendaja käe all. Juhendaja on ekspertiisivaldkonna kogenud ekspert, kes vastutab nii väljaõppe korraldamise kui ka dokumenteerimise eest. Väljaõppe koosneb üldosast ja erialasest koolitusest ning kestab üldjuhul kaks aastat.

Instituudi kohtuekspertiisi kandidaat peab vastama kohtuekspertiisiseaduses sätestatud miinimumnõuetele ja olema läbinud väljaõppe. Kui töötaja vastab nendele nõuetele ja on omandanud piisavalt kogemust iseseisvalt

eksperdiarvamuse andmiseks, esitatakse instituudi direktorile taotlus kohtueksperdi staatuse andmiseks.

Vastavalt kohtuekspertiisiseaduses sätestatud nõuetele annab kohtuekspert tööandjale vande, milles tootab täita kohtueksperdi ülesandeid ausalt, oma eriteadmiste ja südametunnistuse kohaselt ning kinnitab, et on teadlik teadvalt vale eksperdiarvamuse andmise eest rakendatavast karistusest karistusseadustiku § 321 järgi.

Kohtueksperdi staatuse omistamine kinnitatakse instituudi direktori käskkirjaga. Instituudis on koostatud nimekiri kohtuekspertidest, kus on ära toodud ka ekspertiisivaldkonnad, milles eksperdid on väljaõppe läbinud.

Kuna instituut on ainus kohtuekspertiise tegev ekspertiisiasutus Eestis, siis on kõrge teadusliku taseme tagamise eelduseks rahvusvahelised kontaktid (osalemine ENFSI töögruppide töökoosolekutel, seminaridel ja konverentsidel, kogemuste vahetamine teiste ekspertiisiasutustega jms). Tihedat rahvusvahelist koostööd tehakse Läti, Leedu, Soome, Rootsi, Hollandi, Taani, Saksa, Šveitsi, Poola, Venemaa ning paljude teiste välisriikidega.

EKSPERTIDE KUTSESTANDARDID

Aastatel 2006–2009 tehtud töö tulemusena toimib instituudis rahvusvaheliselt tunnustatud kutse omistamise süsteem, mis aitab muuhulgas kontrollida ekspertide pädevust ja tagada pädevuse järjepidevust.

Kutsesüsteemi toimimist Eesti Vabariigis reguleerib kutseseadus. Kutsesüsteemi arendamise ja hoidmisega tegeleb sihtasutus Kutsekoda. Kutseomistamine on protsess, mille käigus hinnatakse inimeste kutseoskuste vastavust kutsestandardi nõuetele ja väljastatakse seda tõendav kutsetunnistus. Selleks tuleb kõigepealt kutsed välja selgitada ja koostada kutsestandardid.

2006. aastal asus tollane Eesti Kohtuarstlik Ekspertiisibüroo koostöös Kutsekojaga välja töötama kohtuarst-ekspertide kutsestandardeid. Esimene kutseomistamine toimus aastal 2007.

Aastal 2008 alustas instituut ka kriminalistikaekspertiiside ekspertide kutsestandardite välja töötamist. Selleks moodustati töögrupp, kuhu kuulusid mitmesuguste valdkondade esindajad Eesti Kohtuekspertiisi Instituudist. 12. mail 2009 kinnitas Õiguse ja Sisekaitse Kutsenõukogu kriminalistika valdkonna ekspertide pädevust reguleerivad kinnitatud kutsestandardid – Ekspert IV, V.

Aastal 2011 tehti Kutsekojale taotlus ka kohtupsühhiaatriaekspertide kutsestandardite väljatöötamiseks ning need kinnitas Õiguse ja Sisekaitse Kutsenõukogu 3. septembril 2012.

Kutsetaseme omandamine on vabatahtlik, kuid soovituslik. Taotlemise alus on täienduskoolituse punktisüsteem, samuti praktilise tegevuse aruanne.

Ekspertide pädevust kontrollib instituudi juurde moodustatud kutsekomisjon, kuhu kuuluvad eriala esindajad, ülikooli või teadusasutuse esindaja, instituudi esindaja ning Justiitsministeeriumi esindaja. Väljastatud kutsetunnistus kehtib viis aastat. (Kutsestandardid, EKEI veebileht.)

KOKKUVÕTE

Viimase kümne aastaga on Eesti kohtuekspertiisi valdkonnas tehtud ära tohutu töö, et juhtimissüsteeme rakendada. Kuigi, vaadates loodud dokumentide hulka ning reeglite ja nõudmiste rägastikku, võib end tunda abitult ja vägisi tekkida küsimus – kas seda kõike tõesti ikka vaja on?. Tasub mees pidada, et ükski juhtimissüsteem ei ole juhuslik. Selle loomise alus on ikkagi eesmärkide ja ülesannete seadmine, tegevuste hoolikas läbimõtlemine ja ühtsete reeglite kirjeldamine. Eriti peaks teadvustama seda, et akrediteering annab võimaluse olla tõsiseltvõetav partner välisriikide sõsarasutustele ning osaleda ENFSI tulevikugrupi European Area for Forensic Sciences 2020 ühtse Euroopa kohtuekspertiisiala loomisel. Jääb üle veel vaid loota, et ka Eesti asutustes paraneb üldine juhtimis- ja akrediteerimisalane teadlikkus. Tänu sellele ehk hakatakse meil pidevat parendamist ning juba saavutatud eesmäärke rohkem hindama.

Kasutatud kirjandus

- Akrediteerimine, Kvaliteedi infrastruktuur, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi veebileht <http://www.mkm.ee/akrediteerimine/>, vaadatud 11.01.2013.
- Eesti mõõte- ja katsetegevus on rahvusvaheliselt tunnustatud! EAK infoleht 2/2004, Eesti Akrediteerimiskeskuse veebileht www.eak.ee.
- ENFSI Strategic Plan 2011–2014, ENFSI veebileht, http://www.enfsi.eu/sites/default/files/documents/reports_and_plans/enfsi_strategic_plan_2011-2014.pdf, vaadatud 11.01.2013.
- Mõõteseadus, Riigiteataja veebileht <https://www.riigiteataja.ee/>.
- Nõukogu raamotsus 2009/905/JSK, 30. november 2009, laboritoiminguid tegevate kohtuekspertiisi teenuse pakkujate akrediteerimise kohta, EUR-Lexi veebileht <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:322:0014:0016:ET:PDF>, vaadatud 11.01.2013.
- Council conclusions on the vision for European Forensic Science 2020 including the creation of a European Forensic Science Area and the development of forensic science infrastructure in Europe, Euroopa Liidu Nõukogu veebileht http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/jha/126875.pdf.
- Kutsestandardid, Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi veebileht <http://www.ekei.ee/55522>, vaadatud 11.01.2013.

SÕRMEJÄLJEEKSPERTIIS

Erik Mei

Sõrmejälje- ehk daktüloskoopiaekspertiisi (kreeka *daktylos* sõrm, *skopeo* vaatan) uurimisobjektid on osa trassoloogilistest jälgedest – naha papillaarkurrustiku jäljed. Ehkki papillaarkurrustiku jälgede mõiste on laiem, nimetatakse ekspertiisiliiki kokkuleppeliselt sõrmejäljeekspertiisiks.

Tänapäevase meetoodika alusel tehtava sõrmejäljeekspertiisi ülesanneteks on naha papillaarkurrustiku jälgede abil isiku kindlakstegemine või tema identsuse kinnitamine, isiku seostamine erinevate sündmuskohtadega, samuti isiku seostamine seni lahendamata süütegude sündmuskohtadel leitud naha papillaarkurrustiku jälgedega.

AJALUGU

Sõrmejälgi on isikute identifitseerimiseks kasutatud alates antiikajast. Babüloonia savitahvlitele on lepingute kinnitamiseks jäetud sõrmejälgi juba peaaegu 4000 aastat tagasi. Arheoloogid on leidnud savitahvleid, mis viitavad, et kuningas Hammurabi ajal 1792–1750 eKr võeti Babüloonias sõrmejälgi ka vahistatud kurjategijatel, samuti on sõrmejälgi leitud 3000 aastat vanadelt savitahvlitelt Tutanhamoni hauakambri Egypuses. Dokumentide ehtsuse tõendamiseks kasutati savipitseritele jäetud sõrmejälgi ka Vana-Hiinas. (Ashbaugh 1999.)

Esimesed kaasaegsed teated sõrmejälgede kasutamisest isikute identifitseerimiseks pärinevad Indiast. Nimelt uuris Sir William J. Herschel kohaliku kommet, mille kohaselt tuli lepingute sõlmimisel allkirjastada need sõrmejälgedega.

15. augustil 1877. aastal avaldas Herschel “Hooghly kirja”, milles ta kinnitas sõrmejälgede püsivust ja unikaalsust ning kirjeldas võimalust nende abil isikuid identifitseerida. (The Fingerprint Sourcebook.)

1880. aasta veebruaris märkis dr Henry Faulds kirjas Charles Darwinile, et sõrmejälgi saab klassifitseerida, nende tunnused on unikaalsed ning papillaarkurrustikud on ajas püsivad. 1880. aasta oktoobris avaldas Faulds ajakirjas Nature artikli, milles tegi ettepaneku hakata sündmuskohal leitud sõrmejälgi kasutama kurjategijate identifitseerimiseks.

Pärast Sir Francis Galtoni demonstratsioone isikute tuvastamiseks sõrmejälgede abil võeti Inglismaal 1893. aastal kasutusele kurjategijate daktüloskopeerimine.

Esimeseks riigiks maailmas, kus kurjategijate identifitseerimiseks hakati kasutama üksnes sõrmejälgi, sai 1896. aastal Argentiina. (Ashbaugh 1999.)

Moodsa daktüloskoopia teerajajatest võib nimetada veel Sir Edward Henryt ja Edmond Locardi. Henry lõi sõrmejälgede klassifitseerimise süsteemi, mis on ka tänapäevaste klassifikatsioonisüsteemide alus, Locard sõnastas aga naha papillaarkurrustiku jäljes isiku identifitseerimiseks vajaliku eritunnuste hulga miinimumi reegli. Nn Locardi kolmikreegel sätestab, et juhul kui sõrmejäljes esineb rohkem kui 12 võrdlusmaterjaliga kokkulangevat eritunnust ning jälg on selge, on isiku identifitseerimine väljaspool kahtlust. Kui kokkulangevaid eritunnuseid on 8–12, sõltub isiku identifitseerimine jäljes kajastunud lisainformatsioonist ning väiksema eritunnuste arvu puhul on võimalik üksnes oletus, mis on proportsionaalne jäljes nähtavate tunnuste arvu ja nende selgusega. (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004.)

Tänapäeva daktüloskoopiaekspertiisis on kasutusel kaks identifitseerimispraktikat – **numbriline standard** (ingl *numerical standard*) ja **holistiline lähenemine** (ingl *holistic approach*). Kui numbriline ehk empiiriline standard lähtub üldjuhul üksnes kvantitatiivsest kriteeriumist (isiku identifitseerimiseks on vajalik teatud minimaalne eritunnuste arv – näiteks 12 eritunnust), siis holistiline lähenemine arvestab nii kvantitatiivset kui kvalitatiivset aspekti ning minimaalset eritunnuste arvu, millest alates isiku identifitseerimine on võimalik, ei ole eelnevalt määratletud. (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004.)

Holistilist lähenemist naha papillaarkurrustiku jälgede uurimisele toetab 1973. aastal avaldatud IAI (The International Association for Identification) resolutsioon, milles märgitakse, et eritunnuste miinimumarvu nõuet ei saa lugeda teaduslikult põhjendatuks. 1995. aastal vastuvõetud nn Ne'urimi deklaratsioonis kiideti heaks IAI 1973. aasta deklaratsiooni moderniseeritud variant. Deklaratsioonis kinnitavad tunnustatud teadlased ja sõrmejäljeekspertid, et teaduslikku põhjendatust eelnevalt määratletud minimaalsele eritunnuste arvule, mis peaksid esinema kahes võrreldavas naha papillaarkurrustiku jäljes, kinnitamaks nende päritolu ühelt isikult, ei eksisteeri. (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004.)

Tänapäeval kasutab umbes 70% maailma riikidest numbrilist standardit ning 30% holistilist lähenemist. USA-s, Suurbritannias, Soomes, Eestis jpt on kasutusel holistiline lähenemine, enamikus Lääne-Euroopa riikides kehtib aga numbriline standard. Numbriline standard ei ole kõikjal ühesugune ning nõutav minimaalne eritunnuste arv võib olla riigiti erinev. (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004.)

NAHA EHITUS, PAPILLAARKURRUSTIK

Inimnahk koosneb kahest kihist. Sisemist kihti nimetatakse pärisnahaks (lad *dermis*) ja välimist marrasknahaks (lad *epidermis*). Välimine kiht koosneb mitmest rakutasandist, mis on omavahel seotud, kaitstes selle all olevat pärisnahka. Pärisnahas asuvad veresooned, närvilõpmed ja higinäärmed, mis tagavad naha elutegevuse. Naha paksus peopesadel, jalataldadel, sõrmedel ja varvastel on suurem kui teistes kehapiirkondades ning võib ulatuda 4–5 millimeetrit (Samischenko 2001).

Paksenenud piirkondades paiknevad pärisnahal näsakesed (lad *dermal papillae*), mis moodustavad marrasknaha all paarisridasid. Piki näsakeste paarisridasid asetsevad marrasknaha pinnal nahakurrud ehk papillaarkurrud, millest moodustub papillaarkurrustik.

Papillaarkurrustiku ülesanne on kaitsta nahaaluseid kudesid mehhaaniliste ja termiliste kahjustuste eest. Papillaarkurrustik tagab käte ja jalgade paksenenud nahale teiste kehapiirkondade nahaga võrdse tundlikkuse, samuti võimaldab see esemeid kindlamalt haarata (Samischenko 2001).

Papillaarkurdude pinnale avanevad higinäärmete poorid. Papillaarkurrustikku katab pooridest väljunud higist, nahale sattunud rasust ja marrasknaha surnud rakkudest koosnev värvitu jäljeaine, millega kolmemõõtmeline papillaarkurrustik jätab sellega kokkupuutuvatele esemetele või pindadele nähtamatuid või vähenähtavaid kahemõõtmelisi jälgi. Papillaarkurrustiku jälgi võib esemetele või pindadele jätta ka mõne muu ainega, näiteks vere, värvi või õliga. Samuti võib papillaarkurrustiku jälg kujuneda süvendjäljena pehmes alusmaterjalis, nagu näiteks savis või plastiliinis.

Papillaarkurdude teke lootel algab raseduse varajases faasis. Loote käsi hakkab kujunema 5.–6. rasedusnädalal, sõrmed ilmuvad 6.–7. nädalal. Loote kätel ja jalgadel oleva papillaarkurrustiku kiire areng leiab aset 11. ja 25. rasedusnädala vahel. Pärast seda on papillaarkurrustik lõplikult välja kujunenud. (Ashbaugh 1999.)

Naha papillaarkurrustik on püsiv ja muutumatu. Kui see on formeerunud, toimuvad muutused seoses naha kasvamisega üksnes kurrustiku mõõtmetes. Vananedes papillaarkurrud kuluvad ja lamenduvad, kuid papillaarkurrustiku muster jääb samaks kuni naha lagunemiseni pärast surma. Papillaarkurrustikku võivad mõjutada erinevad füüsilised või keemilised tegurid, nahahaigused või teatud ravimid, kuid pärast välismõju lakkamist selle muster üldjuhul taastub. Samuti ei muuda naha papillaarkurrustiku mustrit marrasknaha vigastused (Samischenko 2001).

Tõsisemate traumade korral tekivad kahjustused sügavamates rakukihtides, mille ülesanne on naharakkude taastootmine ja nahale tekivad armid. Armid ei ole takistuseks isiku identifitseerimisel, kuna jäljeanalüüsil võetakse arvesse jäljes nähtavate üld- ja eritunnuste kogumit ning armid on eksperdile üksnes lisainformatsiooni allikaks.

Jäljeainega jäetud naha papillaarkurrustiku jäljed ei ole püsivad. Vee aurustumise ja valkude lagunemise tagajärjel muutuvad need pikapeale aluspinnast mitteeristatavateks. Kui kaua naha papillaarkurrustiku jälg esemel või pinnal säilib, sõltub naha rasmususest, õhutemperatuurist ja -niiskusest, aluspinna materjalist jne.

Senisele kogemusele toetuv teaduslik hüpotees väidab, et iga papillaarkurrustik on unikaalne. Seega võib papillaarkurrustiku mustrit pidada üheks kõige kindlamaks inimest eristavaks ning üksnes talle ainuomaseks identifitseerivaks tunnuseks. Isiku tuvastamine sõrmejälgede abil põhineb faktil, et vaatamata pikka aega kestnud uuringutele ei ole leitud kaht ühesuguse papillaarkurrustiku mustriga sõrmejälge, mille oleks jätnud eri isikud. (Ashbaugh, 1999).

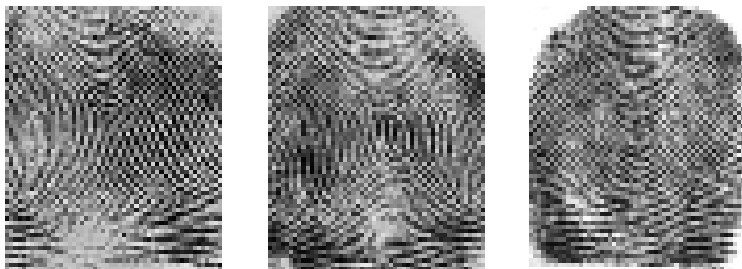
SÕRMEDE JA PEOPESADE PAPILLAARKURRUSTIK, PAPILLAARKURRUSTIKU ERITUNNUSED

Sõrmejäljeekspertiisi käigus uuritakse enamasti sõrmejälgi. Üldjuhul käsitletakse sõrmejälgedena sõrmede esimeste lülide jälgi. Harvem tuleb eksperitiisobjektidena ette peopesajälgi. Samas on võrdlusmaterjali olemasolul võimalik võrrelda ka sõrmede teiste ja kolmandate lülide ning isegi palja jalaga jäetud naha papillaarkurrustiku jälgi.

Papillaarkurdudest moodustunud kujundite alusel võib sõrmede esimeste lülide papillaarmustreid klassifitseerida silmus-, keerd- ja kaarkurrustiku tüüpi papillaarmustriteks. Statistilised uuringud on näidanud, et kõige laiemalt levinud papillaarmustri tüübiks on silmuskurrustikud (65%), millele järgnevad keerdkurrustikud (30%) ning kõige harvem esineb kaarkurrustiku tüüpi papillaarmustreid (5%). Teatud juhtudel võib ette tulla ka vahe- või segavorme, mida ei saa klassifitseerida ühessegi põhitüüpidest. (Samischenko 2001.)

Sõrmede esimeste lülide papillaarkurrustikes eristatakse kesk- ja piirdekurrustikke, mille moodustavad erisuunaliste papillaarkurdude kogumid. Silmus- ja keerdkurrustiku tüüpi papillaarkurrustikud koosnevad kolmest, kaarkurrustiku tüüpi papillaarkurrustikud aga kahest erisuunaliste papillaarkurdude kogumist.

Silmuskurrustiku tüüpi papillaarmustrite puhul moodustavad papillaarkurrud sõrme esimese lüli keskosas silmusekujulise kujundi. Väikesõrme poolsete harudega silmuskurrustikke nimetatakse ulnaarseteks (lad *ulna* küünarluu), pöidla poolsete harudega silmuskurrustikke aga radiaalseteks silmuskurrustikeks (lad *radius* kodarluu). Keerdkurrustiku tüüpi papillaarmustrite puhul on sõrme esimese lüli keskkurrustikus eristatav keerise- või ringikujuline kujund, kaarkurrustike puhul moodustavad papillaarkurrud sõrme esimese lüli keskosas kaare.

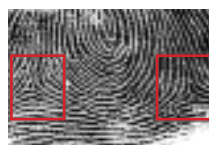


Silmuskurrustik, keerdkurrustik ja kaarkurrustik.

Sõltuvalt papillaarkurrustiku tüübist võib sõrmede esimeste lülide piirdekurrustike hargnemiskohal või -kohtades eristada väiksemaid kolmnurkseid kujundeid ehk deltasid. Silmuskurrustiku tüüpi papillaarkurrustikus esineb üldjuhul üks, silmuse all asetsev delta, keerdkurrustiku tüüpi papillaarkurrustikus on aga kujunenud kaks deltat, mis paiknevad mõlemal pool kurrustiku keerise- või ringikujulist keskosa. Kaarkurrustiku tüüpi papillaarkurrustikes deltasid ei esine, küll võib neid aga leida peopesade papillaarkurrustikes.

Peopesade papillaarkurrustikes eristatakse thenaarset ehk pöidlaalust piirkonda, hüpothenaarset ehk väikesõrme alust piirkonda, interdigitaalset ehk sõrmedealuste padjakeste piirkonda ja keskosa. Lisaks on peopesades üldjuhul nähtavad kolm suuremat painutusvagu ning hulk väiksemaid kortsutusvagusid. Peopesad on pindalalt sõrmejälgedest küll suuremad, kuid nende omavaheline võrdlemine on sageli keerukam ning kokkulangevuste tuvastamine on sageli väga töömahukas.

Papillaarkurru kulgemises toimunud mistahes muudatusi nimetatakse papillaarkurrustiku detailideks. Papillaarkurrustiku detaile, nende kuju, suurust ja asetust nimetatakse eritunnusteks. Eritunnuseks võib olla ka detaili puudumine ehk jätkuv papillaarkurd ning papillaarkurru morfoloogia ehk üldine kuju.



Deltad keerdkurrustiku tüüpi sõrmejäljes.



Peopesajalg: 1. thenaarne piirkond; 2. hüpothenaarne piirkond; 3. keskosa; 4. interdigitaalne piirkond.



Naha papillaarkurrustiku detailid (Lindmäe, H., Kriminalistikaehnik, 294 lk, 1976).

1) papillaarpunkt; 2) -lõik; 3) -otsik; 4) -kääänd; 5) -looge; 6) -hark; 7) -haak; 8) -saar; 9) -sild.

Mõned papillaarkurrustiku detailid on rareetsemad kui teised. Nii näiteks esineb naha papillaarkurrustiku jälgedes papillaarlõike harvem kui papillaarotsikuid. Samuti on erinev detailide esinemine teatud kindlates naha papillaarkurrustiku piirkondades. (Champod, Lennard, Margot, Stoilovic 2004.)

Detailide erinev esinemissagedus naha papillaarkurrustiku jälgedes on üks argumente holistilise lähenemise poolt ning jäiga numbrilise standardi vastu. Kuna kõik detailid ei oma isiku identifitseerimise seisukohast ühesugust väärtust, on isiku identifitseerimine võimalik ka numbrilise standardiga kehtestatud eritunnuste arvust väiksema arvu rareetsete eritunnuste esinemisel jäljes.

Liiga täpne eritunnuste klassifitseerimine ei ole alati otstarbekas, kuna naha elastsus ja jälgede kujunemise mehhaanika erinevates situatsioonides võivad põhjustada erisusi. Nii näiteks võib sündmuskohal avastatud naha papillaarkurrustiku jäljes eritunnuseks olla papillaarotsik, mis võrdlusmaterjalina esitatud jäljes on kujunenud papillaarhargina.

SÕRMEJÄLJEEKSPERTIIISI ALUSED

SõrmejäljEEKSPERTIIISI ülesanded lahendatakse naha papillaarkurrustiku jälgi omavahel võrreldes. Jälgede võrdlemine võib toimuda automaatselt või manuaalselt. Seriaalides ja filmides tihti nähtav kokkulangevuse tuvastamine üksnes arvuti abil on tänapäeval võimalik, kuid seda vaid selgete ja piisava tunnuste kogumiga naha papillaarkurrustiku jälgede puhul. Võrreldavateks jälgedeks võivad sel juhul olla andmebaasi varem sisestatud sõrmejäljed ning lameskänneriga vahetult kontrollimiseks võetud terviklikud sõrmejäljed. Sellist isikutuvastamise moodust kasutatakse näiteks ruumidesse või hoonetesse sissepääsu võimaldavates elektroonilistes turvasüsteemides või isikusamasuse tuvastamise eesmärgil isikute sõrmejälgede võrdlemisel portatiivsete kiirkontrolli seadmetega. Sündmuskohtadel leitud naha papillaarkurrustiku jäljed on reeglina fragmentaarsed, määrdunud või deforme-

runud ning nende kokkulangevust võrdlusmaterjalina esitatud sõrmejälgedega suudab tuvastada üksnes ekspert.

Naha papillaarkurrustiku jälje uurimisel langetatakse jäljes nähtava üld- ja eritunnuste kogumi põhjal esmalt otsus selle individualiseeritavuse üle. Kui tegemist on sõrme esimese lüli jäljega, tehakse kindlaks sõrmejälje tüüp. Juhul kui tegemist ei ole tervikjälje vaid jäljefragmendiga, määratletakse võimalusel peopesa või sõrme piirkond, ning jäljefragmendi orientatsioon. Seejärel tuvastatakse surve tugevus, jälje selgus, deformatsioonile või kontaminatsioonile viitavad tunnused, eritunnused ning jäljes eristatavad muud tunnused. Sellisteks tunnusteks võivad olla näiteks painutus- ja kortsutusvaod, armid, sekundaarne kurrustik (papillaarkurdude vahel asetsev kurrustik, milles puuduvad poorid), naha haiguslikud kahjustused jne.

Jälje individualiseerimine eeldab eksperdi veendumust, et eristatav tunnuste kogum uuritavas naha papillaarkurrustiku jäljes on unikaalne, võrreldes kõigi teiste naha papillaarkurrustiku jälgedega. Eksperti veendumus on üldjuhul kategooriline ning annab võimaluse isikut identifitseerida.

Isiku identifitseerimine toimub uurimis- ja võrdlusmaterjalina esitatud naha papillaarkurrustiku jälgede võrdlemisel ning põhineb eksperdi veendumusel, et võrreldavad naha papillaarkurrustiku jäljed on jätnud üks ja sama isik.

NAHA PAPILLAARKURRUSTIKU JÄLGEDE ESILETOOMINE

Naha papillaarkurrustiku jäljed võivad kujuneda manustus- või ärastusjälgedena. Manustusjälje puhul on tegemist esemele või pinnale jäljeaine või muu ainega jäetud jäljega, ärastusjälje puhul on aga osa eset või pinda katvast ainest kleepunud papillaarkurrustiku külge ning jälg on kujunenud katva aine eemaldamisel. Ärastusjäljed on näiteks tolmustele või värskete värviga kaetud pindadele jäetud naha papillaarkurrustiku jäljed.

Esemetelt või pindadelt naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomiseks kasutatavad meetodid jagunevad füüsikalisteks, füüsikalise-keemilisteks ja keemilisteks. Meetodi valik sõltub eseme või pinna pinnaomadustest, lisaks etendavad jälgede esiletoomisest olulist osa esiletoomist tegeva eksperdi erialane ettevalmistus ning kogemused. Ehkki nõutavad toimingud on meetodikirjeldustes fikseeritud, võib saadud tulemus soovitud erineda. Mõnikord piisab jälgede esiletoomiseks või juba esiletoodud jälgede kvaliteedi parandamiseks protsessi kordamisest, mõnikord tuleb leida ebastandardseid lahendusi.

Pulbermeetod (PM) on traditsiooniline ning kriminalistikas laialdast kasutust leidnud füüsikaline naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomise meetod. Meetodit kasutatakse naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomiseks kuivadel poorsetel ja mittepoorsetel pindadel ning tsüanoakrülaatmeetodil

esiletoodud naha papillaarkurrustiku jälgede kontrastsuse suurendamiseks. Meetod seisneb uuritavale pinnale pintsliga spetsiaalse pulbri kandmises. Kuna jäljeaine on kleepuv, kinnituvad pulbriosakesed sellele ning muudavad vähe- või mittenähtava jälje nähtavaks. Pulbermeetodi eelis teiste esiletoomis-meetodite ees on selle kasutamise lihtsus, kiirus, odavus ning saadud tulemuse hea kvaliteet. Pulbri värvivalik sõltub aluspinna värvist: heledatel pindadel on soovitatav kasutada tumedaid pulbreid ning vastupidi. Peale tavaliste pulbrite, nagu raudoksiidipulber või tahmapulber, kasutatakse objektide ja pindade töötlemisel ka magnetiliste omadustega nn magnetpulbreid, mille eeliseks on väike kulu. Mitmevärvilistel pindadel on tausta elimineerimise eesmärgil sobiv kasutada fluorestseeruvaid pulbreid. Pulbermeetodi puuduseks on asjaolu, et pulbreid ei ole võimalik kasutada kleepuvatel pindadel, samuti ei saa magnetpulbreid kasutada magnetiliste omadustega metallpindadel. Pulbermeetodiga nähtavaks muudetud naha papillaarkurrustiku jäljed fotografeeritakse mõõtkavaliselt või kopeeritakse sobivale tömmiskilele. Jälgi võib kopeerida ka želatiin- või silikoonpastatömmistele.

Füüsikalise-keemiliste meetodite hulka kuuluvad **Physical Developer (PD)** ja **Multimetal Deposition (MMD)** meetodid.

Physical Developer (PD) meetodit kasutatakse naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomiseks kuivadel, märgadel ja kuivanud poorsetel materjalidel (paber, termopaber, kartong, töötlemata puit jne) ning meetod seisneb hõbenitraati sisaldava komplekslahuse ja naha papillaarkurrustiku jäljeaines sisalduvate vees mittelahustuvate komponentide kokkupuutel metallilise hõbeda sadestumises, mille tulemusena naha papillaarkurrustiku jäljed värvuvad tumehalliks või mustaks.

Multimetal deposition (MMD) meetodi puhul muudetakse jäljed nähtavaks kahes etapis. Esimeses etapis seob kolloidkuld naha papillaarkurrustiku jäljes aminohappeid, peptiide ja proteiine. Teises värvub naha papillaarkurrustiku jälg hõbeda sadestumise tagajärjel hõbehalliks ning selle kontrastsus suureneb. Meetodit kasutatakse nii poorsete kui mittepoorsete materjalide kuivadel või märgadel pindadel.

Keemilistest meetoditest tuleb esmajoones nimetada **tsüanoakrülaatmeetodit (CNA)**. Seda kasutatakse enamasti mittepoorsetel materjalidel ning eriti tulemuslik on see plast-, metall- ja klaaspindade töötlemisel. Meetod seisneb jäljeaine koostises oleva vee ning aurustunud tsüanoakrülaatliimi vahelises reaktsioonis, mille tulemusena tekib valkjat värvi polümeer. Reaktsiooni tulemusena värvuvad nähtamatud naha papillaarkurrustiku jäljed valgeteks. Kuna tsüanoakrülaatliimi kuumutamisel tekkivad ühendid on mürgised ning aurustunud liim sadestub limaskestadele, võib meetodit kasutada üksnes selleks ettenähtud statsionaarsetes või portatiivsetes seadmetes. Protsess on kõige tulemuslikum spetsiaalses, hermeetiliselt suletavas liimiaurukapis.

Tsüanoakrülaatmeetodiga on seotud **Basic Yellow 40 (BY40) meetod**, mida kasutatakse mittepoorsetel pindadel tsüanoakrülaatmeetodil esiletoodud naha papillaarkurrustiku jälgede fluorestseeruvaks muutmiseks ning nen-

de kontrastsuse suurendamiseks. Reaktsiooni käigus nähtavaks muutunud fluorestseeruvate naha papillaarkurrustiku jälgede hindamiseks kasutatakse spetsiaalset valgusallikat ning vastava filtriga vaatlusprille.

1,8-diasfluoreen-9-oon-meetod (DFO) on tulemuslik naha papillaarkurrustiku jälgede esiletoomisel sellistel materjalidel nagu paber, termopaber, kartong, töötlemata puit, matt-emulsioonvärviga värvitud pinnad jne. Samuti leiab meetod kasutust orgaanilise ainega, näiteks bensiiniga määratud poorsetel materjalidel või poorsetel materjalidel verega kujunenud või verega kontamineerunud jälgede kvaliteedi parandamisel. Reaktsiooni käigus nähtavaks muutunud fluorestseeruvate naha papillaarkurrustiku jälgede hindamiseks kasutatakse selleks ettenähtud valgusallikat ning vastava filtriga vaatlusprille.

Ninhüdrinmeetodi (NH) kasutusala langeb kokku DFO kasutusala. Reaktsiooni tulemusena muutuvad nähtavaks roosakaspunast või purpurset värvi naha papillaarkurrustiku jäljed. Kuigi üldjuhul on need visuaalselt hästi eristatavad, võib nende hindamiseks kasutada valgusallikat ja vaatlusprille. Kuna reaktsiooni katalüsaatoriks on soojus ja niiskus, kasutatakse jälgede esiletoomisprotsessis spetsiaalset kliimakappi.

Sticky-Side pulbri meetod (SSP) võimaldab naha papillaarkurrustiku jälgi esile tuua erinevate materjalide kleepuvatelt liimipindadelt, **Gentian Violet (GV)** aga teipidelt ning õlistelt ja rasvastelt mittepoorsetelt pindadelt.

Amido Black (AB) meetodit kasutatakse verega kontamineerunud või veres kujunenud naha papillaarkurrustiku jälgede kvaliteedi parandamiseks või nende kontrastsuse suurendamiseks mittepoorsetel materjalidel. Meetod seisneb värvusreaktsiooni tekkes värvaine ja vere ning teiste kehavedelike koostises olevate proteiinide vahel ning selle tulemusena vähe- või mitte-nähtavate naha papillaarkurrustiku jälgede sinakasmustaks värvumises.

Dianobensidiinimeetodit (DAB) kasutatakse poorsetel materjalidel verega kontamineerunud või veres kujunenud naha papillaarkurrustiku jälgede kvaliteedi parandamiseks või kontrastsemaks muutmiseks. Värvusreaktsiooni tulemusena värvuvad vähenähtavad või mittedähtavad naha papillaarkurrustiku jäljed tumepruuniks.

NAHA PAPILLAARKURRUSTIKU JÄLGEDE FOTOGRAFEERIMINE

Uurimismaterjali jäädvustamiseks naha papillaarkurrustiku jäljed fotografeeritakse. Tänapäeval kasutatakse selleks digitaalset fototehnikat. Fotografeerimisel kasutatakse suletud RAW-failiformaati. Naha papillaarkurrustiku jälgi pildistatakse mõõtkavaliselt 1 : 1, 500–1000 ppi resolutsiooniga, 24-bitise värvisügavusega ning jäljekujutiste elektroonilisel edastamisel kasutatakse võimalikult väikese pakkimisteguriga JPEG failiformaati. Kasutatakse ka enim levinud, kadudeta formaate, näiteks BMP, TIFF, RAW. Laboriar-

vutis kasutatakse professionaalset pilditöötlustarkvara, mis kirjutab detailset töödeldava kujutise metaandmetesse kujutisele rakendatud töövõtted. Metaandmetesse jäädvustatav informatsioon on vajalik töötlusprotsessi hilisemaks taasesitamiseks. Jälje originaalkujutisest tehakse töökoopiad. Kõik korrektuurid ja muudatused, näiteks jälgede kontrastsuse suurendamine, tehakse vaid töökoopiatele.

NAHA PAPILLAARKURRUSTIKU JÄLGEDE UURIMINE

Naha papillaarkurrustiku jälgede uurimise teaduslikuks aluseks on järgmised põhimõtted.

- Naha papillaarkurrustik on unikaalne, püsiv ja muutumatu (välja arvatud teatud haiguste ning naha jäävate vigastuste puhul).
- Kokkupuutel kandub naha papillaarkurrustiku kolmemõõtmeline muster jäljeainega pinnale, jättes sellele kahemõõtmelise naha papillaarkurrustiku jälje.
- Naha papillaarkurrustiku jälg, milles eristatav tunnuste kogum on piisav jälje individualiseerimiseks, võimaldab jälje jätnud isikut identifitseerida või välistada.

Naha papillaarkurrustiku jälgede uurimine toimub rahvusvaheliselt tunnustatud **ACE-V printsiibil**, mille etappideks on kvalitatiiv-kvantitatiivne jäljeanalüüs, jälgede võrdlusuuring, tulemuse hindamine ning uuringu kinnitamine.

Naha papillaarkurrustiku jälgedes eristatakse esimese, teise ja kolmanda tasandi tunnuseid, mis neid oma kogumis individualiseerivad.

Esimese tasandi tunnused ehk **üldtunnused** on sõrmejälje tüüp ning jälje morfoloogia ehk üldine kuju, näiteks jälje keskosa ja delta(de) omavaheline asetus. Esimese tasandi tunnused võimaldavad reeglina jälgi klassifitseerida ning määrata nende orientatsiooni. Esimese tasandi tunnused ei oma iseseisvat individualiseerivat väärtust, kuid võimaldavad teatud juhtudel, näiteks papillaarkurrustiku tüübi alusel, isikut välistada.

Teise tasandi tunnused ehk **eritunnused** on papillaarkurru kulgemises toimunud muudatused ehk detailid, nende kuju, suurus ja asetus, papillaarkurru kulgemises mitte toimunud muudatus (jätkuv papillaarkurd) ning papillaarkurru morfoloogia ehk üldine kuju. Teise tasandi tunnustel on individualiseeriv väärtus kas iseseisvalt või kogumis esimese tasandi tunnustega.

Kolmanda tasandi tunnused on papillaarkurru pooride kuju ja omavaheline asetus, papillaarkurru serva iseärasused ning papillaarkurru katkemised. Kolmanda tasandi tunnustel on individualiseeriv väärtus kogumis teise tasandi tunnustega.

Peale esimese, teise ja kolmanda tasandi tunnuste võib naha papillaarkur-

rustiku jälgedes leida ka muid eristavaid tunnuseid, nagu näiteks peopesade ja sõrmede painutus- ja kortsutusvagusid, arme, sekundaarset kurrustikku, naha haiguslikke kahjustusi jne. Need tunnused annavad eksperdile lisainformatsiooni, mis aitab jälje individualiseeritavust hinnata. Kuna selliste tunnuste ilmumine jäljes võib olla juhuslik ning osa nendest on ajas muutuvad, ei anna neis ilmnevad lahknevused põhjust jälgede kokkulangevust välistada, küll aga võib neis kajastuv informatsioon kinnitada eksperdi esimese, teise ja kolmanda tasandi tunnuste uurimise käigus tekkinud veendumust.

Kvalitatiiv-kvantitatiivne jäljeanalüüs on jäljes nähtava informatsiooni hindamine tunnuste kogumi individualiseeriva väärtuse määramiseks. Kvalitatiiv-kvantitatiivse jäljeanalüüsi eesmärk on täieliku objektiivsuse tingimustes (ilma võrdlusmaterjali kasutamata) selgitada, milline on jäljes visuaalselt eristatav tunnuste kogum, võttes arvesse jälje selgust, jälje jätmisel rakendatud survet, deformatsiooni- ja kontaminatsioonifaktoreid, eseme või pinna pinnaomadusi ning esiletoomise meetodit.

Sündmuskohajälgede puhul tuleb alati arvestada sõrme liikumisest tulevat jälje moondumise ehk deformatsiooni võimalust. Samuti tuleb tähelepanu pöörata sellele, kas uuritava jälje puhul on tegemist ühe või mitme jäljega üksteise peal või üksteise vahetus läheduses. Omavahel puutes olevad, korduva vajutuse teel tekkinud, kontamineerunud sõrmejälgede fragmendid võivad luua illusiooni ühest sõrmejäljest, mille tunnuste kogum erineb tegelikust.

Kui jäljeanalüüsi tulemusena selgub, et naha papillaarkurrustiku jäljes eristatav tunnuste kogum on piisav jälje individualiseerimiseks, on jälge võimalik kasutada isiku identifitseerimiseks või välistamiseks. Eesmärgiga isikut välistada võib võrdlusuuringu teha ka mitteindividualiseeritavate sõrmejälgedega. Näiteks juhul kui uuritavaks sõrmejäljeks on sündmuskohal avastatud mitteindividualiseeritav keerdkurrustiku tüüpi sõrmejalg, võib selle alusel välistada kahtlustatava, kelle kõikidel sõrmedel on silmuskurrustiku tüüpi papillaarmuster.

Võrdlusuuringu tegemine on uuritava jälje ja võrdlusjälje omavaheline võrdlemine kvalitatiiv-kvantitatiivse jäljeanalüüsi etapis kriitiliselt hinnatud erinevate tasandite tunnuste kogumi põhjal. Võrdlusuuring seisneb kahe jäljekujutise kokkulangevuste ja erisuste tuvastamises ja hindamises. Võrdlusuuringu käigus võrreldakse uuritavat naha papillaarkurrustiku jälge võrdlusmaterjalina esitatud naha papillaarkurrustiku jäljega, keskendudes esimese, teise ja kolmanda tasandi ning muudele tunnustele ning võttes arvesse tolerantsi määra, mida uuritav jälg dikteerib. Mida selgem on jälg ning mida paremini on jäljes kujunenud tunnuste kogum eristatav, seda madalam on eksperdi tolerants jälgedes esinevate erisuste suhtes ja vastupidi. Seega, mida selgem on jälje kujutis, seda suurema kaaluga on iga uuritava jälje ja võrdlusjälje vaheline lahknevus ning mida ebaselgem on jälg, seda suurem on eksperdi tõlgendamisevabadus võimalikes lahknevustes. (Ashbaugh 1999.)

Võrdlusuuringu tegemist alustatakse reeglina esimese tasandi tunnustest. Seejärel liigutakse teisele ja vajadusel kolmandale tasandile. Võrdluse suund on uuritavalt jäljelt võrdlusmaterjalile. Pärast võrdlusuuringut langetab ekspert otsuse jälgede samasusest. Kui jälgedes ilmnevad lahkuminekid, mida ei saa selgitada teisiti kui hüpoteesiga, et jäljed on jätnud eri isikud, järgneb välistav arvamus. Sellised lahkuminekid võivad ilmned a kõigil tasanditel.

Hindamine on eksperdijärelduse formuleerimine kvalitatiiv-kvantitatiivse jäljeanalüüsi ja võrdlusuuringu tegemisel saadud tulemuste põhjal. Hinnates uuritavas jäljes ja võrdlusjäljes esinevaid samaseid tunnuseid, tunnuste kombinatsiooni, nende rareiteetsust, lahknevusi, lahknevuste selgitatavust ning tunnuste hulka, võidakse jõuda ühele järgmistest järeldustest:

- naha papillaarkurrustiku jälje on jätnud isik X;
- naha papillaarkurrustiku jälge ei ole jätnud isik X;
- naha papillaarkurrustiku jäljes eristatav tunnuste kogum ei ole piisav jälje individualiseerimiseks, mistõttu ei ole võimalik kindlaks teha, kas uuritava jälje on jätnud isik X;
- naha papillaarkurrustiku jäljes eristatav tunnuste kogum ei ole piisav jälje individualiseerimiseks, kuid on piisav välistamiseks isikut X;
- eksperdiuuringuteks esitatud ekspertiisobjekti kvaliteet on mitterahuldav, näiteks fotol puudub mõõtkava, jäljed on pildistatud ebasobiva nurga alt, digitaalne kujutis on ebasobiva eraldusvõimega, esitatud võrdlusmaterjal on ebapiisav võrdlusuuringu läbiviimiseks vms, mistõttu võrdlusuuringu tegemine ja eksperdiarvamuse andmine ei ole võimalik või on võimalik osaliselt.

Uuringu kinnitamine on sama uurimismaterjaliga tehtav kvalitatiiv-kvantitatiivne jäljeanalüüs, võrdlusuuring ja hindamine. Uuringu kinnitab teine ekspert. Ühise eksperdiarvamuse andmiseks peavad eksperdid jõudma kvalitatiiv-kvantitatiivsel jäljeanalüüsil, võrdlusuuringul ja hindamisel teineteisest sõltumatult samadele järeldustele. Vähemalt kahe eksperdi osalemine ekspertiisiprotsessis aitab vältida võimalikke eksimusi.

AUTOMATISEERITUD SÕRMEJÄLGEDE OTSIMISE SÜSTEEM, RIIKLIK SÕRMEJÄLGEDE REGISTER

1960ndatel aastatel alustasid USA, Inglismaa, Prantsusmaa ja Jaapan automatiseeritud süsteemide katsetusi, mis võimaldaksid kiiret sõrmejälgede otsingut andmebaasidest ning kokkulangevuste tuvastamist. Seoses infotehnoloogia tormilise arenguga suudeti 1970ndate aastate lõpuks luua esimesed töötavad elektroonilised automatiseeritud sõrmejälgede otsimise süsteemid (ingl *Automated Fingerprint Identification System, AFIS*). (The Fingerprint Sourcebook.)

Eesti Vabariik omandas esimese automatiseeritud sõrmejälgede otsimise süsteemi 1998. aastal. 2006. aastal hakati Eestis kasutama AFIS-i moderniseeritud versiooni (MetaMorpho™ AFIS 3.1.), mis võimaldab lisaks sõrmejälgedele võrdlusuuringute teha võrdlusuuringuid ka peopesajälgedega.

AFIS-otsingu puhul sisestatakse uuritav naha papillaarkurrustiku jälg laimeskänneri abil arvutisse ning süsteem leiab jäljes märgitud tunnuste abil andmebaasist teatud hulga uuritava jäljega sarnaseid kandidaatjälgi. Kandidaatjäljed on reastatud alates kõige sarnasemast. Seejärel võrdleb ekspert uuritavat jälge arvuti esitatud kandidaatjälgedega ning langetab otsuse, kas kandidaatjälgede hulgas leidub jälg, mis langeb kokku uuritava jäljega. Jälgede kokkulangevuse tuvastamisel on isik identifitseeritud.

Kandidaatjälgede arv sõltub võrdlusuuringu liigist. Eestis on sündmuskohal avastatud naha papillaarkurrustiku jälgede puhul kandidaatjälgede arv kokkuleppeliselt 30. Seega, võrdleb ekspert sündmuskohajälje võrdlusuuringul iga uuritavat jälge maksimaalselt kolmekümne riikliku sõrmejälgede registri elektroonilisse andmebaasi kantud, uuritavale jäljele kõige sarnasema kandidaatjäljega. Kandidaatjälgede arvule piirangu kehtestamisel on lähtutud eksperdi aja ratsionaalse kasutamise vajadusest, mistõttu ei saa välistada juhtumeid, mil uuritava jälje jätnud isiku võrdlusjälg on küll andmebaasis registreeritud, kuid kas jälje kvaliteedist või eritunnuste märkimisest tingituna ei esita AFIS seda kandidaatjäljena. Selliste juhtumite arv ei ole suur ning üksikute kokkulangevuste tuvastamine suurema kandidaatjälgede arvuga ei kompenseeri uuringute tegemisele kuluvat pikemat aega.

Võrdlusuuringute võimalused AFIS-is on järgmised.

- TP-TP-võrdlusuuring, mida kasutatakse ekspertiisiobjektina esitatud isiku sõrmejälgedele vaste otsimiseks andmebaasi kantud isikute sõrmejälgede hulgas. Võrdlusuuringu tegemise eesmärk on isiku identifitseerimine.
- LT-TP/LP-PP-võrdlusuuring, mida kasutatakse ekspertiisiobjektina esitatud sündmuskohajäljele vaste otsimiseks andmebaasi kantud isikute sõrme- ja peopesajälgede hulgas. Võrdlusuuringu tegemise eesmärk on isiku identifitseerimine.
- LT-UL/LP-UP-võrdlusuuring, mida kasutatakse ekspertiisiobjektina esitatud sündmuskohajäljele vaste otsimiseks andmebaasi kantud lahendamata sündmuskohajälgede hulgas. Võrdlusuuringu tegemise eesmärk on erinevate sündmuskohtade omavaheline seostamine.
- TP-UL/PP-UP-võrdlusuuring, mida kasutatakse ekspertiisiobjektina esitatud isiku sõrme- ja peopesajälgedele vaste otsimiseks andmebaasi kantud lahendamata sündmuskohajälgede hulgas. Võrdlusuuringu tegemise eesmärk on isiku seostamine lahendamata sündmuskohtadega.

Naha papillaarkurrustiku jälgede automatiseeritud otsinguid tehakse riikliku sõrmejälgede registri elektroonilises sõrme- ja peopesajälgede andmebaasis. Lisaks sõrme- ja peopesajälgede elektroonilisele andmebaasile koosneb riiklik sõrmejälgede register ka sündmuskohajälgede kaartide kartoteegist ning sõrmejälgede kaartide kartoteegist. Registri andmebaasis on registreeritud umbes 145 000 isiku sõrme- ja peopesajäljed, dubleerituna nii paber kandjal kui elektrooniliste kujutistena.

Registrisse kantud naha papillaarkurrustiku jäljed jagunevad jälgedeks, mida kasutatakse isikusamasuse tuvastamiseks ning jälgedeks, mida kasutatakse süütegude avastamiseks. Isikusamasuse tuvastamiseks registrisse kantud jälgi ei tohi kasutada süütegude avastamiseks, küll võib isikusamasuse tuvastamiseks kasutada süütegude avastamiseks registrisse kantud naha papillaarkurrustiku jälgi. Üksnes isikusamasuse tuvastamiseks võib kasutada näiteks elimineerimise eesmärgil registrisse kantud politsei ametnike või riiklikus ekspertiisiasutuses töötavate isikute sõrme- ja peopesajälgi.

NAHA PAPILLAARKURRUSTIKU JÄLGEDE ANDMEVAHETUS (PRÜMI LEPING)

2005. aastal kirjutasid seitse Euroopa riiki Saksamaa ja Austria eestvõttel alla lepingule, mille eesmärk oli DNA-profiilide, sõrmejälgede ja sõiduki registriandmete andmevahetuse tõhustamine. Täna on Prümi lepinguga ühinenud kõik Euroopa Liidu liikmesriigid ning lepingu täitmist kontrollib Euroopa Komisjon. Naha papillaarkurrustiku jälgede valdkonnas annab leping kõigile Euroopa Liidu liikmesriikidele võimaluse teha automatiseeritud otsinguid teiste liikmesriikide andmebaasides. Otsing välisriigi andmebaasis toimub isikuandmeid teadmata. Kokkulangevuse korral peab selle tuvastanud riik esitama andmebaasi volitatud töötlejale taotluse isikuandmete saamiseks. Otsing peab olema põhjendatud ning naha papillaarkurrustiku jälgede lauskontroll teiste riikide andmebaasides ei ole lubatud. Riikidevaheline andmevahetus toimub riiklike kontaktpunktide kaudu.

EKSPERTIISIOBJEKTID

Sõrmejäljeekspertiisi ekspertiisiobjektid on

- sündmuskohta või eseme vaatlusel esile toodud ning tõmmiskilele, tõmmisele või silikoonpastatõmmisele kopeeritud naha papillaarkurrustiku jäljed või neist 1 : 1 mõõtkavas tehtud must-valged fotod, millel on näha mõõtkava;
- nähtavate, vähenähtavate või mITTenähtavate naha papillaarkurrustiku jälgedega esemed või nende osad;
- vähemalt 500–1000 ppi ja 24 bitise värvisügavusega digitaalselt edastatud sõrmejäljekujutised kas JPEG, BMP või TIFF-formaadis;
- isiku identifitseerimiseks või isikuandmete kontrollimiseks esitatud isiku, tundmatu isiku, surnu või tundmatu surnu sõrmejäljed.

EKSPERTIISIOBJEKTIDE KOGUMINE JA PAKKIMINE SÜNDMUSKOHAL

Ese või selle osa tuleb ekspertiisi saata võimalikult kiiresti. Mida kauem ekspertiisiga viivitatakse, seda suurem on tõenäosus, et individualiseeritavaid naha papillaarkurrustiku jälgi leida ei õnnestu.

Ekspertiisi saadetavat eset ei tohi eelnevalt töödelda lahuste või pulbritega ega fikseerida nähtavaid või juba esiletoodud jälgi tõmmiskilega. Selline tegevus välistab üldjuhul teiste esiletoomismeetodite kasutamise. Märjal esemel tuleb lasta enne ekspertiisi saatmist toatemperatuuril kuivada ning selle pakendile tuleb lisada märge eseme kuivatamise kohta. Mittetühjade anumate puhul tuleb veenduda, et anuma avaus on kindlalt suletud.

Vältimaks naha papillaarkurrustiku jälgede mehhaanilist hõõrdumist vastu pakendit, peavad esemed või nende osad olema pakitud toestatult, nii et nad ei puudutaks pakendi seinu. Seetõttu ei tohi esemeid pakkida kilekottidesse vaid pakkimiseks tuleb kasutada kartongpakendeid. Kõik esemed tuleb pakkida eraldi ning tähistada pakendid viitega menetlusasjale ja pakendi sisule. Üldjuhul tuleb iga pakend sildistada pakendile kleebitava andmelehe või andmeleht-kleebisega, erandjuhul võib andmelehe andmed kanda ka otse pakendile. Sildistus peab olema selgelt eristatav, kergesti loetav, kulumiskindel ja püsiv ka pärast pakendi avamist.

Pulbriga esiletoodud naha papillaarkurrustiku jälgede kopeerimiseks kasutatakse üldjuhul tõmmiseid või tõmmiskilesid. Levinuimad tõmmised on silikoonpasta- ja želatiintõmmised. Tõmmised on enamasti läbipaistmatud ning jäljed kopeeruvad neile peegelpildis. Ebatasasel või poorsel pinnal esiletoodud naha papillaarkurrustiku jälgede kopeerimiseks kasutatakse üldjuhul valget silikoonpastat. Tahkestunud silikoonpastatõmmised pakitakse ükshaaval sobiva suurusega paberikottidesse või ümbrikesse. Pakendid tõmmis-

tega kinnitatakse klambriga sündmuskohajälgede kaardi tagumisele küljele nii, et klamber ei läbistaks jälge. Iga le pakendile lisatakse number ning märg objektile kohta, millelt see kopeeriti. Silikoonpastatõmmiseid võib erandjuhul pakkida ka ühte ümbrikku. Sel juhul tuleb tagada, et tõmmised ei puutuks omavahel kokku ega hakkaks pakendis liikuma.

Siledal pinnal tumeda pulbriga esiletoodud naha papillaarkurrustiku jäljed kopeeritakse heledale või läbipaistvale tõmmiskilele või tõmmisele. Heleda pulbriga esiletoodud naha papillaarkurrustiku jälgi on otstarbekas kopeerida mustale želatiintõmmisele. Sellised jäljed hävivad kiiresti, seetõttu tuleb need 1 : 1 mõõtkavas kohe pildistada või saata tõmmis võimalikult kiiresti sõrmejäljeekspertiisi.

Tõenäoliselt ühest haardest pärinevate sõrmede jäljed kopeeritakse ühele tõmmiskilele või tõmmisele, seda ka juhul, kui mõni jälgedest on mitteindividualiseeritav. Tõmmiskiled kleebitakse sündmuskohajälgede kaardile. Naha papillaarkurrustiku jäljed tõmmiskiledel peavad sündmuskohajälgede kaardil asetsema ühesuunaliselt.

Kui ühel vaatlusel talletatakse tõmmiskilesid, tõmmiseid või silikoonpastatõmmiseid mitmele sündmuskohajälgede kaardile, siis kaardid nummerdatakse ning jätkatakse tõmmiskilede, tõmmiste või silikoonpastatõmmiste numeratsiooni järgmisel kaardil. Iga talletatud tõmmiskile, tõmmise või silikoonpastatõmmise kohta märgitakse kaardile asitõendi või objekti nimetus või objekti piirkond, millelt jälg kopeeriti. Nii tõmmiskilede, tõmmiste kui silikoonpastatõmmiste kinnitamisel sündmuskohajälgede kaardile tuleb võimaluse korral teha kaardile visand jälgede paiknemisest objektile ning asetusest teiste jälgede suhtes.

Vältida tuleb kriminalisti naha papillaarkurrustiku jälgede kopeerumist tõmmiskilele või tõmmisele. Juhul kui see on toimunud, tuleb sellised jäljed hilisemal vaatlusel teistest esiletoodud jälgedest eristada, näiteks läbi kriipsutada.

Ühele sündmuskohajälgede kaardile ei tohi kleepida tõmmiskilesid nii naha papillaarkurrustiku jälgede kui jälgedega, mis ei kuulu sõrmejäljeekspertiisi valdkonda, näiteks jalatsi- või kindajälgedega.

NB! Sõrmejäljeekspertiisi määramisel tuleb arvestada, et ekspertiisiobjektid, mida esiletoomismeetoditega töödeldakse, võivad hiljem osutada kasutuskõlbmatuiks.

Üldjuhul ei võeta sõrmejäljeekspertiisiks vastu

- esemeid, mille pinnaomadused ei võimalda neilt jälgi esile tuua;
- esemeid, mis võivad põhjustada ohtu töötaja tervisele, näiteks süstlanõela, millelt ei ole eemaldatud süstlanõela, söövitava või toksilise ainega kaetud esemeid, põlevvedelikuga või kemikaalidega täidetud nõusid vms;

- mittetühje anumaid, mille avaust ei ole korrektselt suletud, millest tulenevalt on toimunud vedeliku väljaimbumine;
- kokkukleepunud silikoonpastatõmmiseid, mis ei ole üksteisest eraldatavad ega võimalda seetõttu neile kopeeritud naha papillaarkurrustiku jälgi uurida;
- naha papillaarkurrustiku jälgedest tehtud digitaalsete jäljekujutisi ja fotosid, mis ei vasta naha papillaarkurrustiku jälgede pildistamise kvaliteedinõuetele, näiteks puudub fotol mõõtkava, jäljed on pildistatud ebasobiva nurga all, digitaalne kujutis on esitatud ebasobiva eraldusvõimega vms;
- määrivaid või määrdunud pinnaga esemeid;
- esemeid, mis on pakis märjad;
- teise ekspertiisiliigi objekte, näiteks sündmuskohajälgede kaardile talletatud kindajälgi, kõrvajälgi vms.

Vabariigi Valitsuse2013. a määruse nr "Riikliku sõrmejälgede registri asutamise ja registri pidamise põhimõtte" Lisa 1

SÜNDMUSKOHAJÄLGEDE KAART Kaardi nr _____

Sündmuskoha/asi/õnendi/objekti vahuse kuupäev _____

Sündmus _____

Menetlusaja nr _____ Materjali nr _____

Jälgede võtja (nimi/ütskoht) _____

Ekspertiisakti nr/kp _____ Uuringuteatise nr/kp _____

Objektide arv _____ Individualiseeritavate jälgede arv _____

Tõmmiste arv _____ Individualiseeritavate jälgede arv _____

Kontrollitud isikud _____

Kontrollitud kahtlustatavad _____

RSR (võrdlusuuringu liik/kp/nr) _____

Kokkulangevused _____

Ekspert/spetsialist _____

Sündmuskohajälgede kaart.

VÕRDLUSMATERJAL

Sõrmejäljeekspertiisiks esitatav võrdlusmaterjal on kannatanute, tunnistajate või teiste sündmuskohaga seotud isikute võrdlusjäljed ning kahtlustatavate või süüdistatavate võrdlusjäljed.

Ekspertiisiks esitatud võrdlusmaterjal peab sisaldama tõest teavet kontrollitava isiku papillaarkurrustiku kohta. Seetõttu tuleb võrdlusmaterjali võtmiseks valida vahendid ja võtted, mis tagavad naha papillaarkurrustiku tunnuste kogumi selge ja piisava kujunemise võrdlusjälgedes. Üldjuhul kasutatakse selleks naha papillaarkurrustiku jälgede võtmist sõrmejäljepastaga sõrmejälgedele kaardile või lameskänneri abil elektroonilist sõrmejälgede võtmist.

Võrdlusjäljed peavad olema võetud uuritavale jäljele vastava papillaarkurrustiku piirkonnaga. Kui seda nõuet ei täideta ja võrdlusjäljed on võetud papillaarkurrustiku teistest piirkondadest, ei ole võrdlusuuringut võimalik teha.

Kannatanu või tunnistaja võrdlusjälgede esitamine koos sündmuskohajälgedega võimaldab kokkulangevuse korral need edasisest uuringust elimineerida, välistades AFIS-uuringu nende jälgedega. Välistamiseesmärgil võrdlusmaterjalina esitatud sõrmejälgi riiklikusse sõrmejälgede registrisse ei kanta.

SÕRME- JA PEOPESAJÄLGEDE VÕTMINE SÕRMEJÄLGEDE KAARDILE

Sõrmejälgede kaardi esiküljele võetakse isiku sõrmejäljed ja kontrolljäljed ning tagumisele küljele peopesa ning nn kirjutaja peopesa jäljed. Jälgede võtmiseks kasutatakse kas sõrmejäljepastat ja -rullikut või spetsiaalset sõrmejäljepatja. Juhul kui jälgede võtmiseks kasutatakse sõrmejäljepastat, kantakse see väikese kogusena siledale plastist või klaasist alusele. Pasta peab plaadile jääma õhukese ühtlase kihina, pasta laialirullimiseks kasutatakse sileda pinnaga rullikut. Juhul, kui pasta kiht on liiga paks, satub värvainet ka papillaarkurdude vahedesse ning jälg kujuneb osaliselt või täielikult määrdununa, pasta ebahühtlase kihi korral kujunevad papillaarkurrustiku jälje erinevad piirkonnad aga erineva tumedusega. Sõrmejäljepastat kantakse sõrmedele kas otse plaadilt või rullikuga. Värvaine peaks katma sõrme esimese lüli ja ulatuma umbes ühe sentimeetri ulatuses keskmisele lülile.

Sõrmejälgede võtmiseks murtakse sõrmejälgede kaart kokku piki kaardi keskmist kokkumurdejoont. Kokkumurdejoon asetatakse laua servale nii, et kaardi ülejäänud osa ripub lauaservalt alla või käänatakse tagasi. Niiviisi välditakse ülejäänud kaardiosa määrdumist värvainega.

Sõrmejälgede võtmisel seisavad nii sõrmejälgede võtja kui isik, kellelt sõrmejälgi võetakse püsti, näoga laua suunas. Isiku käsi, kellelt jälgi võetakse, peab olema pingevaba, sõrmi keerab jälgede võtja. Alustades pöidla ja lõ-

petades väikese sõrmega, võetakse esmalt parema käe sõrmede jäljed. Sõrmi tuleb sõrmejälgedele kaardil pöörata üks kord ja ühes suunas, kehast eemale. Sõrmejäljed peavad paiknema kindlas järjestuses, vasakult esimesena asetseb parema käe pöidla jälg, selle kõrval järjestikuliselt nimetis-, keskmise, nimetu ja väikese sõrme jäljed.

Seejärel murtakse sõrmejälgedele kaart kokku piki alumist kokkumurdejoont. Kaart asetatakse lauale samuti, kui esimese kokkumurde korral. Vasaku käe sõrmejäljed võetakse samas järjestuses nagu parema käe sõrmejäljed. Seetõttu asetsevad mõlema käe samanimeliste sõrmede jäljed kohakuti.

Kontrolljäljed tuleb võtta vastavatesse lahtritesse mõlema käe nimetis-, keskmise, nimetu ja võimalusel ka väikese sõrmega. Selleks vajutatakse neli sõrme kõigi kolme lüli ulatuses kaardile ühel ajal. Jäljed tuleb jätta sõrmejälgedele kaardi alumise serva suhtes kas risti või veidi viltu nii, et sõrmeotsad jääksid kaardi keskme suunas. Sõrmede kontrolljälgedele vahemikku võetakse põialde kontrolljäljed. Põial asetatakse kaardile pöidla otsaga ja vajutatakse seejärel järk-järgult alla. Kontrolljälgedele järgi on võimalik tuvastada, kas sõrmejäljed on võetud õiges järjestuses, samuti on kontrolljälgi võimalik kasutada võrdlusmaterjalina sellistel võrdlusuuringutel, kus uuritavate jälgedena on esitatud sõrmede teiste ja kolmandate lülide või sõrmeotste jäljed.

Peopesajälgedele võtmisel kantakse sõrmejäljepastat peopesale käe vajutamisel värvainega kaetud plaadile. Pastat saab peopesale kanda ka sõrmejäljerulliku abil. Seejärel vajutatakse käsi peopesaga ristisuunaliselt paberile. Jälgedele võtmisel tuleb tugevalt suruda käeseljale, nii kujuneb papillaarkurrustiku jälg ka peopesa nõgusast keskosast ning sõrmedealusest piirkonnast. Suurte peopesade puhul on tähtis sõrmejälgedele kaardile mahutada mõlema peopesa, mitte sõrmede papillaarkurrustiku jäljed.

Nn kirjutaja peopesa jäljed võetakse peopesa serviti kaardile asetades. Peopesa serv vajutatakse kaardile ülevalt alla, peopesa keeramata.

Juhul kui mõnda sõrme ei ole võimalik daktüloskopeerida, märgitakse vastavasse lahtrisse selle põhjus, näiteks sõrm amputeeritud, vigastatud, sidemes, ning võetakse nende sõrmede või piirkondade jäljed, mis võimalik.

Sõrmejälgedele kaardile võetud naha papillaarkurrustiku jälgedele kvaliteet peab olema laitmatu, sest sellest sõltub riiklikus sõrmejälgedele registris teostatavate automatiseeritud otsingute tulemuslikkus. Kui mõned sõrme- või peopesajäljed, kas kogu ulatuses või osaliselt, on kujunenud ebaselgelt, liiga tugeva survega või libisemisjälgedena, tuleb jäljed uuesti võtta.

se, kellelt võrdlusjäljed on võetud, isiku sugu, tema leidmise aeg ja koht ning jälgede võtmise kuupäev. Kui laiba isik ei ole kindlaks tehtud, tuleb paberile märkida, et võrdlusmaterjal on võetud tundmatult laibalt, samuti tuleb sinna märkida tema sugu, leidmise aeg ja koht.

MILLISTELE KÜSIMUSTELE SAAB SÕRMEJÄLJEEKSPERTIIIS VASTATA?

Sõrmejäljeekspertiisi ekspertiisiülesanded sõnastatakse küsimustena. Küsimused peavad olema asjakohased, eksperdi eriteadmiste rakendamisel lahendatavad, selgelt sõnastatud, loogiliselt järjestatud ning ekspertiisiobjektide või tõendamisel tähtsust omavate asjaolude järgi rühmitatud.

Ekspertiarvamuses esitatud andmed seonduvad konkreetse esemega sündmuskoha olustikust. Seepärast peab ekspertiisiülesande tõstatanud küsimuses väljenduma jälje ja eseme vaheline seos, näiteks:

Kas sündmuskoha vaatlusel ... *vaatluse toimumuse aeg ja koht / tõmmiste arv ja ese, mille pealt need võeti või koht, kust jälgedega ese kaasa võeti* ... avastatud naha papillaarkurrustiku jäljed on jätnud ... kannatanu(d) [kontrollitava(d), kahtlustatava(d), süüdistatava(d)] ... *isiku(te) nimi(ed) ...?*

Ekspertiisiülesandega võib tuvastada, kas erinevate sündmuskohtade vaatlustel avastatud naha papillaarkurrustiku jäljed on jätnud üks ja sama isik, esitades küsimuse:

Kas ... *sündmuskoha vaatluse aeg ja koht ... ja ... sündmuskoha vaatluse aeg ja koht ...* avastatud naha papillaarkurrustiku jäljed on jätnud üks ja sama isik?

Juhul kui sündmuskohajälge tahetakse kontrollida riiklikku sõrmejälgede registrisse kantud isikute sõrmejälgedega, esitatakse küsimus:

Kas riiklikku sõrmejälgede registrisse on kantud isikute sõrmejälgi, mis on samased ... *sündmuskoha vaatluse aeg ja koht/ tõmmiste arv ja koht, mille pealt need võeti, või koht, kust jälgedega ese kaasa võeti* ... avastatud naha papillaarkurrustiku jälgedega?

Kui sündmuskohajälge tahetakse kontrollida riiklikku sõrmejälgede registrisse kantud lahendamata sündmuskohajälgedega, esitatakse küsimus:

Kas riiklikku sõrmejälgede registrisse on kantud lahendamata sündmuskohajälgi, mis on samased ... *sündmuskoha vaatluse aeg ja koht/ tõmmiste arv ja koht, mille pealt need võeti, või koht, kust jälgedega ese kaasa võeti* ... avastatud naha papillaarkurrustiku jälgedega?

Kui uurimistoiminguga võetakse ära mittenähtavate või vähenähtavate jälgedega ese, selle osa või tükk, esitatakse küsimus:

Kas ... *sündmuskoha vaatluse aeg ja koht ...* leitud esemel ... *eseme lühikirjeldus ... on ... kontrollitava(te) isiku(te) andmed ...* naha papillaarkurrustiku jälgi?

Vaatamata valdkonda puudutava teaduse ja tehnika kiirele arengule on

võimalused teha teaduslikke järeldusi sõrmejälgede vanuse või jälje jätnud isiku soo kohta esialgu piiratud. Seepärast ei ole selliste küsimuste esitamise ekspertiisimääruses põhjendatud.

SÕRMEJÄLJEEKSPERTIISI REGULEERIVAD ÕIGUSAKTID

Sõrmejäljeekspertiisi tegemisel juhendatakse Eesti Vabariigi õigusaktidest, Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi põhimäärusest, instituudi direktori käskkirjadest, sõrmejäljeosakonna põhimäärusest, sõrmejäljeekspertiisi ja sõrmejäljeuuringu tegemise üldjuhendist ning kinnitatud meetodikirjeldustest.

Riikliku sõrmejälgede registri pidamist reguleerivad riikliku sõrmejälgede registri asutamise ja registri pidamise põhimäärus ning riikliku sõrmejälgede registri kasutamise tingimused ja kord Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis.

Sõrmejäljeekspertiisi tehakse sõrmejäljeekspertiisi ja -uuringu tegemise üldjuhendi, esiletoomise-, naha papillaarkurrustiku jälgede uurimise- ja pil-distamise meetodite alusel. Meetodid käsitlevad töö põhimõtteid ja vahendeid, töö käiku, kvaliteedi tagamist ning ohutusnõudeid. Meetodite valikul ja kasutamisel lähtutakse rahvusvaheliselt tunnustatud põhimõtetest ning erialaorganisatsioonide (ENFSI) soovitudest.

Sõrmejäljeekspertiisi tegemist puudutab otseselt ISO/IEC 17025 standard, milles on esitatud üldnõuded laborile ja uurimismetoodikatele. Nii kasutatavad meetodid kui ka sõrmejäljeosakond tervikuna on akrediteeritud alates aastast 2007.

TERMINID

Naha papillaarkurrustik on inimese sõrmedel, peopesadel, varvastel ja jala-taldadel esinev kolmemõõtmeline nahamuster.

Naha papillaarkurrustiku jälg on naha papillaarkurrustikult jäljeainega edasi-kandunud kahemõõtmeline naha papillaarkurrustiku mustri kujutis.

Tunnuste kogum on naha papillaarkurrustiku jäljes eristatavate esimese, tei-se ja kolmanda tasandi tunnuste kombinatsioon.

Piisav tunnuste kogum on naha papillaarkurrustiku jäljes esinev tunnuste kogum, mis võimaldab tunnistada jälje individualiseeritavaks.

Individualiseerimine on naha papillaarkurrustiku jäljes eristatava tunnuste kogumi tunnistamine unikaalseks.

Identifitseerimine on isiku kindlakstegemine naha papillaarkurrustiku jäl-je alusel.

Holistiline lähenemine seisneb naha papillaarkurrustiku jälje uurimises ja hindamises tervikuna, keskendudes tunnuste kogumile kompleks-selt.

Katagooriline eksperdiarvamus on eksperdiuuringute põhjal esitatav järeldus, mis seisneb isiku identifitseerimises või mitteidentifitseerimises.

ACE-V printsiip (ingl *analyse-comparison-evaluation-verification*) on teaduslik lähenemine naha papillaarkurrustiku jälje uurimisele, mis põhineb jälje kvalitatiiv-kvantitatiivanalüüsil, võrdlusuuringul, hinnangul ja uuringu kinnitamisel.

Kasutatud kirjandus

- Ashbaugh, D. R., Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis, 234 pp, 1999.
- Champod, C., Lennard, C., Margot, P., Stoilovic, M., Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions, 285 pp, 2004.
- Samischenko, S. S., Atlas of the Unusual Papilla Patterns, 308 pp, 2001.
- The Fingerprint Sourcebook, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/225320.pdf>.
- Lindmäe, H., Kriminalistika tehnika, 294 lk, 1976.

Fotod ja illustratsioonid: Erik Mei

DNA-EKSPERTIIS

Maarja Sadam

Sündmuskohalt võib leida mitmesugust tüüpi nn bioloogilisi asitõendeid, mida saab kasutada, et erinevaid isikuid toimunud sündmusega seostada või – vastupidi – mitte seostada (ingl *exclude*). DNA otsene ülekanne ühelt isikult teisele isikule või isikult objektile võimaldab seostada kahtlusalust sündmuskohaga ja võimalik, et ka seal aset leidnud sündmusega. Seetõttu ongi DNA-ekspertiis muutunud kriminalistikaekspertiisi liigiks, mida politsei kõige enam nõuab.

Esimesest kohtuekspertiisialasest DNA-analüüsist (ingl *forensic DNA analysis*) on möödas rohkem kui 25 aastat. 1984. aastal avastas Alec Jeffreys, et igal isikul on olemas ainult talle omane DNA-muster ehk DNA-sõrmeljalg (ingl *DNA fingerprint*), mille alusel on võimalik isikuid identifitseerida (Jeffreys 1985). 1983. ja 1986. aastal vägistati ning seejärel tapeti kaks noort briti tüdrukut. Politseil oli alust kahtlustada, et mõrvar on üks ja sama isik, kuna mõlemad mõrvad toimusid ühes piirkonnas ning olid sarnaste tunnemarkidega. 1986. aastal tegi Inglise politsei Alec Jeffreysile ettepaneku neid mainitud mõrvade uurimisel abistada. Töö tulemusena vabastati süütu mees ning mõisteti süüdi tegelik kurjategija (Wambaugh 1989). Sel ajal kasutatud meetodika oli äärmiselt töömahukas ning nõudis väga suurt kogust DNA-d. Mitmekümne aastaga on kohtuekspertiisialases DNA-analüüsi valdkonnas kasutatav tehnoloogia ja meetodikad kiirelt arenenud, nii et meil on võimalik suhteliselt lühikese aja jooksul saada väga väikesest kogusest bioloogilisest materjalist kvaliteetne DNA-profiil.

Kohtuekspertiisialased DNA-analüüsid ei ole seotud ainult inimese DNA uurimisega, vaid võivad olla seotud ka loomade, taimede, putukate, bakterite ja seente uurimisega. Selles raamatus antakse ülevaade ainult inimese DNA analüüsimisest kohtuekspertiisialases DNA-analüüsi valdkonnas.

DNA-tõendeid tuleb koguda väga ettevaatlikult ning kooskõlas kehtivate seadustega (jm juriidilise dokumentatsiooniga), selleks et neist saadud tulemused oleksid hiljem ka kohtus aktsepteeritavad. Järgmised peatükid annavad ülevaate nii analüüsimaterjali kogumisest, pakendamisest ja säilitamisest kui ka DNA analüüsimisest ning analüüsil saadud tulemuste interpreteerimisest.

TERMINID

Alleel – lookuse alternatiivne variant.

Aluspaar – kaks omavahel vesiniksidemetega seotud nukleotiidi, mis esinevad komplementaarsetes DNA ahelates (ingl *basepair*, lühendatult bp).

Andmebaasiotsing – DNA-profili võrdlemine riiklikus DNA registris varem talletatud DNA-profilidega.

Aniiling – PCR-i meetodika teine etapp, mille käigus praimerid seonduvad matriits-DNA-ga (vastavalt komplimentaarsusprintsibile).

Asitõendite/sündmuskohtade riskkontaminatsioon – bioloogilise materjali ülekandumine ühelt asitõendilt/sündmuskohalt teisele asitõendile/sündmuskohale.

Autosoom – kromosoom, mis esineb võrdsel arvul liigi kõigil normaalsetel isenditel ega sõltu nende soost. Inimesel on 22 autosoomi, mida tähistatakse numbritega 1–22.

CODIS – DNA-andmebaasi tarkvara (ingl *Combined DNA Index System*).

CPE – matemaatiline arvutus DNA-tõendi tugevuse hindamiseks, mis näitab kui suur osa (defineeritud) populatsioonist ei sobi antud proovi doonoriks (ingl *combined probability of exclusion*).

CPI – matemaatiline arvutus DNA-tõendi tugevuse hindamiseks, mis näitab kui suur osa (defineeritud) populatsioonist sobib antud proovi doonoriks (ingl *combined probability of inclusion*).

Degradeerud DNA – lagunenu DNA.

Denaturatsioon – PCR-il meetodika esimene etapp, mille käigus kaheaahelaline DNA muutub üheaahelaliseks.

Diferentsiaallüüs – erinevate rakutüüpide (nt spermatoosoidide ja epiteelirakkude) lüüsimine erineval ajal.

Diploidne rakk – kahekordse kromosoomikomplektiga rakk (keharakud).

DNA – desoksüribonukleinhape (ingl *deoxyribonucleic acid*), pärilikku informatsiooni säilitav ühend.

DNA osaline segaprofiil – segaprofiil, milles alleelid ei ole ilmsiks tulnud kõigis uuritud lookustes.

DNA polümeraas – ensüüm, mis sünteesib DNA-d lähtuvalt matriits-DNA järjestusest.

DNA-profiil – uuritud lookuste alleelne koosseis.

DNA-profili geometria – DNA-profili määramise käigus ilmnenud alleelide kõrguse (signaali tugevuse) suhted.

DNA segaprofiil – DNA-profiil, mis on pärit enam kui ühelt isikult.

DNA täisprofiil – DNA-profiil, milles alleelid on ilmsiks tulnud kõigis uuritud lookustes, st igas lookuses on ilmsiks tulnud vähemalt üks alleel.

Elektroferogramm – kapillaarelektroforeesi tulemus graafikul, kus Y-teljel

on signaali tugevus ja X-teljel DNA-fragmentide pikkused (ingl *electropherogram*; lühendatult EPG).

Elongatsioon – PCR-il meetodika kolmas etapp, mille käigus DNA polümeeraas pikendab praimerit ehk sünteesib DNA ahelat.

Genoom – rakutuuma haploidne kromosoomistik.

Genotüübisagedus – genotüübi esinemissagedus uuritud populatsioonis.

Genotüüp – lookuste alleelne koosseis.

Haploidne rakk – ühekordse kromosoomikomplektiga rakk (sugurakud).

Heeliks – keerdunud ehk spiraalne struktuur.

Heteroplasmia – isikul on erineva mtDNA järjestusega mitokondreid.

Heterosügootne lookus – paariliste kromosoomide samas lookuses on erinevad alleelid.

Heterosügootne tasakaalustamatus – heterosügootse lookuse alleelide kõrgused on elektroferogrammil märkimisväärse erinevusega. Heterosügootne tasakaalustamatus tekib, kui PCR-i esimeste tsüklite käigus amplifitseeritakse eelistatult ühte alleeli. Alleeli eelistus toimub juhuslikkuse alusel.

Homoplasmia – isiku kõigis mitokondrites on sama mtDNA järjestus.

Homosügootne lookus – paariliste kromosoomide samas lookuses on samad alleelid.

Inhibiitor – DNA analüüsi takistav/segav aine.

Isikukontaminatsioon – kontaminatsioon, mis on tekkinud sündmusega (kuriteoga) mitte seotud isikute kaudu.

Kaksikheeliks – kahest ahelast koosnev heeliks.

Kapillaarelektroforees – DNA analüüsi meetodika, mille käigus lahutatakse DNA-fragmendid elektrivälja mõjul kapillaaris vastavalt fragmentide pikkusele.

Komplementaarsusprintsiiip – kaksikahelaliste nukleiinhapete ehitusprintsiiip. Selle kohaselt põhineb kindlate lämmastikaluste paardumine nukleiinhapete molekulides vesiniksidemete moodustumisel, kusjuures DNA molekulis paarduvad ehk on komplementaarsed C ja G ning A ja T, RNA molekulis C ja G ning A ja U. Tähistused: A – adeniin, G – guaniin, C – tsütosiin, T – tümiin, U – urasiil.

Kontaminatsioon – kõrvalise isiku bioloogilise materjali sattumine proovi või ekspertiisiobjektile. Kontaminatsiooni võib jagada kaheks: isikukontaminatsioon ja asitõendite/sündmuskohtade ristkontaminatsioon.

Kromosoom – rakutuumas paikneva DNA struktuurselt individuaalne element.

Lookus – geeni, DNA järjestuse või geneetilise markeri spetsiifiline asukoht kromosoomil.

Mitokonder – rakus energiat tootev organell.

mRNA – informatsiooni-RNA (ingl *messenger RNA*), mille nukleotiidijärjestuse põhjal sünteesitakse polüpeptiid ehk valguaהל.

mtDNA – mitokondriaalne DNA.

Multiplik PCR – ühe PCR-i reaktsiooni käigus paljundatakse korraga samas tuubis mitme erineva lookuse DNA-järjestusi.

Nukleotiid – nukleinihappe monomeer. DNA korral on selleks: adeniin – A, guaniin – G, tsütosiin – C ja tümiin – T.

Osaline DNA-profiil – DNA-profiil, milles alleelid ei ole ilmsiks tulnud kõigis uuritud lookustes.

PCR – DNA järjestuse amplifikatsioon ehk kordistamine, mis baseerub polümeraasi ahelreaktsiooni meetodikal (ingl *polymerase chain reaction*).

Peamine DNA-profiil – segaprofiilis eristuv ühe isiku profiil, mille alleelid on selgelt tugevamalt väljendunud kui teise isiku (teiste isikute) alleelid.

Polümorfism – lookuse mitme alleeli samaaegne esinemine populatsioonis.

Praimer – PCR-il lühike oligonukleotiidne (20–30 nukleotiidi pikkune) järjestus, mis kinnitub komplementaarsuse põhimõttel matriits-DNA-le ja mida DNA polümeraas järgnevalt pikendab elongatsioonifaasis.

Rfu – suhteline fluorestsents ühik (ingl *relative fluorescence unit*), kasutatakse elektroferogrammil signaali tugevuse hindamisel.

RMP – juhusliku kokkulangevusega tõenäosus (ingl *random match probability*).

RNA – ribonukleinihappe (ingl *ribonucleic acid*) on organismi rakkudes leiduv nukleinihappe, millel on erinevaid alatüüpe ja funktsioone, muuhulgas informatsiooni vahendamine rakutuumas asuvalt DNA-lt tsütoplasmas asuvasse valgusünteesi läbiviivatesse struktuuridesse.

Saatepiik – PCR-i käigus tekkivad DNA-fragmendid, mis on 1–2 kordusjärjestuse võrra lühemad kui tegelik alleel (eelpiigid) või 1 kordusjärjestuse võrra pikemad kui tegelik alleel (järelpiik).

Sekveneerimine – järjestuse kindlakstegemine. DNA sekveneerimisel tehakse kindlaks selle nukleotiidne järjestus.

SNP – ühenukleotiidne polümorfism (ingl *single nucleotide polymorphism*).

Stohhastilised efektid – vähese DNA-sisaldusega proovides esinevad juhuslikkuse alusel tekkivad efektid, näiteks alleelide lisandumine, alleelide kadu, suurenenud saatepiigid ja heterosügootne tasakaalustamatus.

STR – tandeemselt ehk üksteise järel korratud lühike kordusjärjestus (ingl *short tandem repeat*).

Tõepära suhe DNA-analüüsil – DNA-tõendi kaal, hinnatuna kahe hüpoteesi võrdluse kaudu. DNA-tõendit tõlgendatakse süüdistaja ja kaitsja seisukohalt ning formuleeritakse vastavad hüpoteesid.

Y-kromosoom – meessugukromosoom.

Y-kromosoomi haplotüüp – Y-kromosoomi osas uuritud lookuste alleelne koosseis.

DNA-ANALÜÜSIKS MATERJALI VÕTMINE

DNA-d leidub kõigis tuumaga rakkudes ja seetõttu on DNA olemas ka bioloogilises materjalis, mis on jäetud sündmuskohale. DNA-d on võimalik eraldada (ja analüüsida) väga mitmesugusest bioloogilisest materjalist. Kohtuekspertiisialaste DNA-analüüside puhul on kõige levinumad proovimaterjalid vere- ja spermaplekid ning puutejäljed objektidel. Peale mainitud materjali liikide määratakse DNA-profiili ka süljest, uriinist, hammastest, koeproovidest, karvadest, luudest ja muust bioloogilisest materjalist. Tänapäeva kohtuekspertiisialases DNA-analüüsi valdkonnas kasutatavad meetodid on äärmiselt tundlikud ja võimaldavad DNA-profiili määrata juba väga vähesest hulgast rakkudest – piisab näiteks sündmuskohale jäetud sõrmejäljest (Schulz ja Reichert 2002, Balogh jt 2003). DNA molekulid on suhteliselt vastupidavad, mistõttu on võimalik tulemusi saada ka üsna ekstreemsetes tingimustes, näiteks kiirituses (Castle jt 2003, Withrow jt 2003) või lõhkeaine plahvatuses (Esslinger jt 2004) olnud objektidelt.

DNA-analüüsiks materjali kogumine on üks olulisemaid etappe kogu DNA-analüüsi juures. Materjali kogumisel tuleb kasutada korrektseid võtteid ning vältida analüüsimaterjali kontamineerumist.

Kontaminatsioon

Kontaminatsioon tähendab DNA-ekspertiisi kontekstis kõrvalise isiku bioloogilise materjali sattumist proovi või ekspertiisiobjektile. Kontaminatsiooni võib jagada kaheks – isikukontaminatsioon ja asitõendite/sündmuskohade ristkontaminatsioon.

Isikukontaminatsioon on kontaminatsioon, mis on tekkinud isikute kaudu, kes ei ole sündmusega (kuriteoga) seotud. See võib olla tekkinud

- sündmuskohale esimesena sattunud isikute kaudu;
- sündmuskohal käinud meditsiinipersonali/päästetöötajate kaudu;
- sündmuskohal töötanud isikute (kriminalistid ja muud politseitöötajad, teiste ekspertiisi liikide eksperdid) kaudu;
- eelnevalt proovide/asitõendite kogumisvahendite või pakkematerjaliga kokkupuutunud isikute kaudu, samuti hiljem proovide/asitõenditega kokkupuutunud isikute kaudu.

Kõige tõenäolisemalt tekib isikukontaminatsioon kas seeläbi, et materjali kogumise ajal ei ole käed kinnastatud või ei kasutata maski. Rääkimisel, köhimisel ja aevastamisel satub näo lähedal olevale objektile märkimisväärse koguses DNA-d sisaldavat aerosooli. Kontaminatsioonikahtluse korral tuleb võtta DNA-proovid ekspertiisiobjektidega kokkupuutunud isikutelt ning saata need koos ekspertiisimaterjalidega DNA-laborisse analüüsimiseks.

Asitõendite/sündmuskohtade riskkontaminatsioon – bioloogilise materjali ülekandumine ühelt asitõendilt/sündmuskohalt teisele asitõendile/sündmuskohale. Taoline kontaminatsioon on väga raskesti jälitav. Mõned võimalikud riskkontaminatsiooni allikad on järgmised:

- ekspertiisiobjektide pakendite korduvkasutamine;
- samade kaitsevahendite kasutamine erinevatel sündmuskohtadel;
- samade kinnastega (potentsiaalselt) erinevast allikast pärinevate (erinevate isikutega kokkupuutunud) objektide katsumine;
- potentsiaalselt erinevast allikast pärinevate (erinevate isikutega kokkupuutunud) asitõendite kokkupakendamine;
- objektide töötlemine sõrmejäljepulbriga, kasutades sama pulbrit ja/või pintsli.

Asitõendite/sündmuskohtade riskkontaminatsiooni kahtluse korral tuleks sellest kindlasti esimesel võimalusel DNA-eksperdile teada anda.

Kontaminatsiooni vältimine

Mõned soovitusel kontaminatsiooni vältimiseks.

- Vältida selle piirkonna kontamineerumist, kust on plaanis DNA-analüüsiks materjali koguda. Mitte puutada (ka kinnastatud kätega) pinda, millel usutavasti on DNA-d. Mitte köhida, aevastada või rääkida selle piirkonna kohal ilma maskita. Kasutada alati väliseid kaitsevahendeid – ühekordseid kindaid, maski, kaitseülikonda.
- Materjali kogumisel kasutada alati puhtaid kindaid (lateks-, vinüül- või nitriilkindaid). Kindaid tuleb vahetada iga uue objektiga kokkupuutumisel. Kinnastatud kätega ei tohi puudutada nägu, siluda oma juukseid, puudutada nina (nt nuuskamiseks või aevastamiseks), puudutada suud (nt haigutamiseks), oma riideid (nt otsida taskust midagi) ega objekte, mida on enne ilma kinnasteta kasutatud (nt pastakas, fotoaparaat).
- Pakendada iga objekt/võetud proov eraldi, et vältida DNA ülekandumist ühelt objektilt teisele.
- Proovivõtmisel ja pakendamisel kasutada selleks ettenähtud puhtaid ja ühekordseid vahendeid (steriilsed ühekaupa pakendatud vatitampoonid, puhas destilleeritud vesi, steriilsed ühekaupa pakendatud lõiketerad, puhtad pappkarbid ja paberpakendid).

Materjali võtmine

Sõltuvalt bioloogilise materjali tüübist ning sellest, millisel pinnal kogutav materjal asub, tuleb valida meetod materjali kogumiseks. Alljärgnevalt on toodud mõned näited.

Kahe vatitamponi meetod

Üks levinuimaid ja tõhusamaid meetodeid vatitamponidele proovide võtmiseks on nn kahe tamponi meetod (Sweet jt 1997, Pang ja Cheung 2007). Selleks tuleb üks steriilne vatitampoon niisutada destilleeritud vees. Niisutatud vatitamponiga pesta puhtaks pind, kust soovitakse materjali koguda. Seejärel võtta kuiv vatitampoon ja kuivatada sellega niisutatud pind. Kuna proovid on võetud ühest ja samast kohast, siis panna võetud proovid ühte pappkarpi. Esimese, märja vatitamponiga leotatakse rakumaterjal pinna küljest lahti ja rehüdreeritakse rakud. Teise, kuiva vatitamponiga korjatakse kokku rehüdreeritud rakud, mis seonduvad teisele (kuivale) vatitamponile oluliselt paremini.

Kehavedelikud (veri, sperma, sülg)

Soovitavad tegevused materjali võtmiseks.

- saata objekti(d) laborisse;
- lõigata tükk välja (puhta ühekordse kasutusega lõikevahendiga), näiteks riideesemetelt, suurtelt kangastelt, autoistmetelt jne;
- võtta proovi vatitamponile. Proov võtta alati vatitamponi otsale!
Soovitused:
 - Kuiva pleki korral, kus materjali on minimaalselt, võtta proov kahe vatitamponi meetodil.
 - Kuiva pleki korral, kus materjali on piisavalt, võtta proov ühele niisutatud vatitamponile.
 - Märja pleki korral, kus materjali on piisavalt, võtta proov ühele kuivale vatitamponile.

Tampoon/tamponid asetada spetsiaalsesse pappkarpi. Ühte karpi võib panna ainult ühest ja samast kohast võetud proovid! See võimaldab ära hoida proovide omavahelist kontaminatsiooni. Kui objekte on vaadeldud spetsiaalse valgusallikaga või töödeldud mõne lahusega (nt kemiluminesentsstestiiga), siis positiivse tulemuse andnud pinnad tuleks märgistada nii, et laboris oleks võimalik eristada positiivse tulemuse andnud piirkondasid (kuna need pole päevavalguses visuaalsel vaatlusel enam nähtavad). Näiteks võib tõmata positiivse reaktsiooni andnud kohtadele ringid ümber.

Karvad

Karvade puhul saab tuumne DNA olla nii karva folliikulis (juuresibulas) kui ka karva katvas kihis (rasu, veri jne). Esimesel juhul on võimalik tuvastada karva omanik, teisel juhul on oht, et me ei saa teada, kelle karvaga on tegemist, vaid saame tuvastada kellegi teise, kelle DNA on sattunud karva välispinnale. Võttes karvu DNA-analüüsiks, tuleks vaadata, kas karva juuresibul on olemas ja kas karvad on verega määrdunud. Samuti tuleks otsustada, mida tahetakse analüüsiga teada saada – kas seda, kellele karv kuulub, või kellelt pärinev DNA on karva peal. Sellest sõltub DNA-laboris karva käitlemise viis – kas pesta karva enne DNA eraldamist või mitte.

Karvade kogumiseks on kaks soovituslikku lähenemist.

- Visuaalne kogumine. Osal pindadel on karvad palja silmaga väga hästi nähtavad. Sellisel juhul kasutada karvade kokku korjamiseks puhtaid pintsette ja puhast paberit. Paberile asetatud karv võlvida koos paberiga kokku ning asetada see omakorda puhtasse paberümbrikusse/paberkotti.
- Karvade korjamine, kasutades kleeplinti.

Märjad plekid imaval pinnal

Soovitused materjali võtmiseks:

- saata terve asitõend laborisse (kui võimalik; asitõend enne kuivatada);
- kasutada üht või mitut steriilset vatitampooni (proov imendub vatitampooni);
- kui plekk on väike, siis tuleb proov võtta vatitampooni nii otsale kui võimalik;



Foto 1. Märjad vereplekid liival (tähistatud nooltega).

- aeta võetud proov spetsiaalsesse pappkarpi, kus tampoonid saavad kuivada;
- kui tegemist on pinnasel (mullal/liival jne) asetsevate plekkidega (vt foto 1), siis esmalt võtta proov vatitampoonile(dele). Kui see pole võimalik, siis tõsta õhuke kiht pinnast koos selles imendunud proovimaterjaliga puhtasse nõusse (nt Petri tassile), lase sellel õhu käes kuivada ning seejärel vala puhtale paberile ning pakenda omakorda paberkotti;

- kui tegemist on uriini/vere kahtlase määrdumisega lumel, siis tõsta määrdumisega lumi plastiktopsi. Võimaluse korral vältida ülessulamist!

Vedelikku sisaldavad joogianumad

Soovitused materjali võtmiseks:

- võimaluse korral tühendada vedelikku sisaldav anum, uuristades selle põhja auk. See on vajalik, et vältida vedeliku kokkupuudet anuma suuga. Vastasel korral võib vedelikku väljavalamisega pesta anuma suu bioloogilisest materjalist puhtaks;
- pakendatud metallnõusid säilitada ainult toatemperatuuril, kuna külmutamine põhjustab metallpinnal kondenseerumist, mis võib lahjendada sellel oleva bioloogilise materjali.

Märjad plekid mitteimaval pinnal

Soovitused materjali võtmiseks:

- saata terve asitõend laborisse (kui võimalik; enne asitõend kuivatada);
- kasutada üht või mitut steriilset vatitampooni, et sellesse imada proovimaterjal;
- proov võtta vatitampooni nii otsale kui võimalik;
- asetada proov spetsiaalsesse pappkarpi, kus see saab kuivada;

Kuivad plekid imaval pinnal (nt puidul, tekstiilil jne)

Soovitused materjali võtmiseks:

- saata terve asitõend laborisse kui võimalik;
- teha väljalõige plekiga tükist (puhta ühekordse kasutusega lõikevahendiga; vt foto 2);
- võtta proov vatitampoonile. Proov võtta alati vatitampooni nii otsale kui võimalik! Kuiva pleki korral, kus materjali on väga vähe, võtta proov kahe vatitampooni meetodil. Kuiva pleki korral, kus materjali on piisavalt, võtta proov ühele niisutatud vatitampoonile.

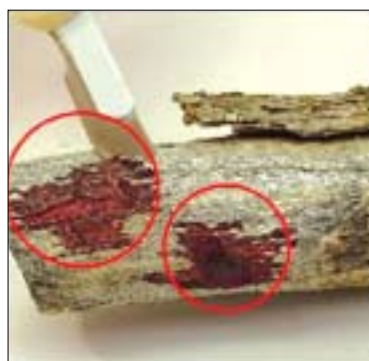


Foto 2. Kuivanud vereplekid (tähistatud ringidega).

Kuivad plekid mitteimaval pinnal

Soovitused materjali võtmiseks:

- saata terve asitõend laborisse, kui võimalik. Kui tegemist on terava esemega (nt terariistad, klaasikillud), siis pakendada tugevemasse pappkarpi (võimaluse korral kinnitada pakendi külge) ning tähistada vastavalt;
- pleki korral, kus materjali on väga vähe, kasutada kahe vatitampooni meetodit;
- pleki korral, kus materjali on piisavalt, võtta proov ühele niisutatud vatitampoonile.

Kontaktjäljed

Soovitused materjali võtmiseks:

- saata asitõend laborisse. Kui tegemist on riideesemega, kust kurjategija on kinni haaranud, siis vastavad kohad märgistada;
- lõigata tükk välja (ühekordse kasutusega lõikevahendiga), näiteks riideesemetelt, suurtelt kangastelt jne;
- võtta proov vatitampoonile. Proov võtta alati vatitampooni otsale! Kasutada kahe vatitampooni meetodit.

Samast kohast kahele tampoonile võetud proove, mis on pakendatud ühte pappkarpi, käsitleb labor ühe proovina. Seetõttu ei tohi erinevatest kohtadest võetud proove ühte karpi pakendada.

Olenemata proovi materjalist on väga oluline, et proovi võtmise vahendid (vatitampoonid, skalpellid, destilleeritud vesi, pappkarbid jne) oleksid DNA-st puhtad, enne kui neid kasutama hakatakse. Euroopa uurijad ajasid 15 aastat taga nn Saksamaa fantoomi, keda seostati väga paljude raskete kuritegudega (Neuhuber jt 2009). 2008. aastal avastati, et tegemist on vatitampoonide tootva tehase töötajaga, kes vatitampoonide pakkimisel vatitampoonidele oma DNA-ga kontamineeris.

Kust proove võtta?

Vähese DNA-sisaldusega proovid on enamasti kontaktjälgedelt võetud proovid. Suure DNA-sisaldusega proove saab näiteks objektidelt, nagu

- suitsukonid;
- vereplekid;
- närimiskumm;

- pudeli/kruusi/klaasi suu (millest on joodud);
- spermaplekid;
- sülg;
- hästi säilinud lihaskoe tükid.

Segaproovid on proovid, milles olev DNA pärineb rohkem kui ühelt isikult. Proovide võtmisel tuleks samuti meeles pidada, et kohad, mida erinevad inimesed sageli puudutavad, sisaldavad väga paljude erinevate inimeste DNA-d. Sellised proovid ei ole kasutatavad isiku usaldusväärseks kindlakstegemiseks. Näiteks saab selliseid proove suure tõenäosusega ukselinkidelt, polettidelt, pangaautomaadi nappudelt jne. Peale selle, kui kuriteo sooritanud isik on objekti puudutanud suhteliselt lühikest aega ja seda objekti on enne üks või mitu isikut palju puudutatud (nt korteriomanikud on palju puudutanud ukselinke, auto omanik auto rooli jne), siis tõenäoliselt tuleb sellelt objektilt võetud proovist ilmsiks selle isiku DNA-profiil, kelle DNA-d on paljukordse kontaktiga ladestunud kontaktpinnale oluliselt rohkem. Reeglina ei ilmne mitte selle isiku DNA-profiil, kes on objekti puudutanud viimasena, vaid selle isiku DNA-profiil, kes on objekti puudutanud rohkem.

DNA-ekspertiisi seisukohalt on väga oluline teada, mida menetleja soovib ekspertiisiga leida ja teada saada. Näiteks riiete ning jalanõude puhul on oluline teada, kas me otsime riiete kandjat või midagi muud. Kui on teada, kelle esemed need on, siis tuleb see kindlasti ära märkida. Näiteks kui DNA-laborisse saadetakse jope ilma täpsemate eelandmeteta, siis on äärmiselt raske oletada, mida menetleja tahab. Menetleja esitab küsimuse: kellelt pärinevat bioloogilist materjali sellel jopel esineb? Kas ta tahab teada, kes on seda jopet kandnud või tahab ta teada, kes on sellest jopest kinni haaranud? Kui kurjategija haarab kannatanu jopest kinni, siis tuleks kindlasti ära märkida need kohad, mida kurjategija on puudutanud. Objektide puhul on oluline teada, mida võidi ühe või teise objektiga teha (nt salliga kägistamine). Mida rohkem informatsiooni ekspert saab, seda kvaliteetsem on valmi-va ekspertiisi tulemus.

Vägistamisejärgsed jäljed

Soovitused materjali otsimiseks/võtmiseks:

- kannatanu tuleb esimesel võimalusel viia günekoloogilisele läbivaatusele ning võetud günekoloogilised proovid lasta kuivada ja saata võimalikult kiiresti DNA-laborisse analüüsimiseks. Võetud proovid tuleks panna spetsiaalsesse pappkarpi või paberikotti (vältida umbset pakendamist!);
- kiiresti tuleb ekspertiisi saata kannatanu riided, eriti just aluspesu (kuid ka muud riided, nagu seelik, teksapüksid jne). Kindlasti lisada

informatsioon, mismoodi võimalik vägistamine võis aset leida, et ekspert teaks, kust proove võtta;

- otsida kurjategija bioloogilist materjali kannatanul. Näiteks võib kurjategija verd olla kannatanu küünte all;
- kui on olemas kahtlusalune isik, vägistamisest on möödas suhteliselt vähe aega ja tõenäoliselt ei ole kasutatud kaitsevahendeid, võib võtta vatitampoonile proovi mehe sugutilt (suguti pea osast ja eesnaha alt) eesmärgiga leida sealt ohvri DNA-d.

DNA-ANALÜÜSIKS VÕETUD MATERJALI PAKENDAMINE

Selleks et tagada DNA-analüüsiks kogutud materjali parim võimalik kvaliteet, on oluline pakendamisel õigeid võtteid kasutada.

Mõned soovitusel DNA-analüüsiks kogutud materjali pakendamiseks.

- Pakkimiseks kasutatava materjali käitlemisel ei tohi unustada kontaminatsiooniohtu. Karpide kokkuvoltimisel tuleks kindlasti kasutada kindaid ja maski.
- Märjad objektid enne pakendamist kindlasti kuivatada. Piisava niiskuse olemasolul hakkavad mikroorganismid paljunema ka paberpakendites. Objekte tuleks kuivatada nii, et need ei kontamineeruks, ja otsese päikesekiirguse eest kaitstult. Samuti ei tohiks kasutada kuivatamisel fööni või muid kõrge temperatuuriga seadmeid.
- Pakendamisel kasutada paberist/papist kotte või karpe. Kilekottidesse (või umbselt suletud plastkonteineritesse) pakendatud objektidel võivad tänu kondensveele hakata paljunema mikroorganismid, mis lagundavad DNA-d.
- Külmutatav materjal (koeproovid, kehavedelike jäljed lumel) panna plasttoppsidesse/anumatesse. Kui materjal on külmunud, siis võimaluse korral mitte lasta sel üles sulada.
- Vatitampoonid pakendada spetsiaalsetesse pappkarpidesse. Ühte karpi võib panna ainult ühest kohast võetud proovid.
- Erinevatest kohtadest võetud proovid tuleb pakendada erinevatesse karpidesse.
- Kõik erinevad ekspertiisiobjektid tuleb pakkida erinevatesse pakenditesse, et vältida objektide ristkontaminatsiooni.
- Riideesemete pakendamisel vältida ristkontaminatsiooni sama objekti piires. Objekti kokkuvoltimisel kasutada puhast paberit, et vältida bioloogilise materjali kandumist objekti ühest kohast teise. Samuti säilib paberi kasutamisel vereplekkide muster verejälgedele ekspertiisiks.

- Ohtlikud/lekkivad/teravad jms objekte sisaldavad pakendid märgistada vastava hoiatusega!
- Metall- ja klaasesemeid säilitada toatemperatuuril (külmutamine tekitab kondensvee objektide pinnale, mis võib lahjendada bioloogilise materjali jäljed objektil).
- Pakendamisel jälgida, et pakendit oleks võimalik ilma pakendit (ja objekti!) rikkumata avada ja uuesti sulgeda (kontaminatsiooni vältimiseks).
- Pakendi avaus sulgeda, kasutades selleks klepsu, teipi, klambreid vm vahendeid.

Pakendite märgistamine

DNA-analüüsiks kogutud materjali korrektne käitlemine tagab hiljem DNA-tõendi usaldusväärsuse kohtusaalis, mistõttu pakendite korrektne märgistamine on väga oluline. Kindlasti peavad paberdokumentatsioonil olev proovi/objekti nimetus ja pakendil olev proovi/objekti nimetus kokku langema. Erinevustest saab hiljem alguse palju segadust, kuna uurija vormistab oma määruuse lähtuvalt paberitest. Lõpptulemusena on DNA-ekspertidile esitatud ekspertisimääruses proovil üks nimi, kuid karbil hoopis teine nimi. Alljärgnevalt on toodud mõned soovitusel DNA-analüüsiks kogutud materjali pakendite märgistamisel.

Vatitampooni karpide puhul:

- kirjutada karbile tekst selges ja loetavas eesti keeles;
- kirjutada karbile proovi võtmise koht, kriminaalasja number, proovivõtja andmed (nimi ja telefoni number), proovi võtmise kuupäev;
- karbid nummerdada, kui karpe on rohkem kui üks (erinevate numbritega).

Paberkottide, karpide jm pakendite puhul kirjutada pakendile:

- kriminaalasja number;
- objekti nimetus;
- märges selle kohta, kust on objekt võetud;
- objekti pakendamise kuupäev;
- pakendaja nimi ja telefoni number;
- (erinevad) numbrid, kui pakendeid on rohkem kui üks.

VÕRDLUSPROOVIDE KOGUMINE

Selleks et teha kindlaks, kellelt pärineb sündmuskohalt võetud proovis olev bioloogiline materjal, on tarvis võtta DNA-proovid ka kõigilt isikutelt, kel võis olla selle sündmuse või sündmuskohaga seos, nagu kahtlusalused, kannatanud, tunnistajad, elukoha/auto vms omanikud (kasutajad) jne. Võrdlusproovideks nimetatakse proove, mis on võetud inimestelt, kelle isik on tuvastatud.

Võrdlusproovide võtmise meetodi valikul on tähtis, et proovi võtmine oleks kiire ja valutu. Sellest tulenevalt võetakse võimaluse korral pigem süljeproove kui verd. Süljeproovi võtmiseks keerutatakse vatitampooni otsa vastu isiku põse limaskestast, mille tulemusena põse limaskestas olevad rakud jäävad vatitampooni külge. Sel viisil tuleb proov võtta kahele vatitampooni-le, asetada need spetsiaalsesse pappkarpi ning seejärel karp sulgeda. Kuna pappkarp laseb õhku läbi, siis pole vatitampoone tarvis eraldi kuivatada. Üsna laialt on levinud ka spetsiaalsete kollektorkaartide kasutamine, mille korral tampoonile võetud epiteelirakud kantakse edasi kaardile (vt foto 3).



Foto 3. Süljeproovi kollektorkaardile võtmise komplekt.

Karbile kirjutada

- proovi doonori nimi ja isikukood;
- proovi võtja nimi;
- proovi võtmise kuupäev.

Süljeproovi võtmisel tuleb täita DNA proovi võtmise vorm. Vormil tuleb täita kõik kohustuslikud väljad. Kui mõnele väljale ei ole midagi kirjutada, siis tuleb sinna tõmmata kriips (sellisel juhul saavad labori töötajad aru, et lahteri täitmine ei ole kahe silma vahele jäänud).

Surnud isikutelt võetakse lahangu vereproov (või mõne muu koe proov), mistõttu kriminalist surnutelt sündmuskohal võrdlusproovi võtma ei pea.

KADUNUD JA TUVASTAMATA ISIKUD

Teadmata kadunud isikud

Et kindlaks teha, kas teadmata kadunud isiku DNA-profiil on DNA-andmebaasis tuvastamata isikute hulgas, on kaks võimalust.

- Määrata teadmata kadunud isiku DNA-profiil isiklikele esemetele jäänud bioloogilisest materjalist ja võrrelda saadud DNA-profiili andmebaasis olevate tuvastamata isikute profiilidega. Esemete valimisel peab olema kindel, et eset on kasutanud ainult kadunud isik. Vastasel korral saame me tulemuseks segaprofiili, mis ei ole kasutatav isiku tuvastamiseks, või siis kelleltki kolmandalt pärineva DNA-profiili, mille alusel tehtud järeldus on eksitav. Viimasel juhul käivad DNA-analüüsi tulemusena tehtud järeldused mitte kadunud isiku, vaid hoopiski kellegi kolmanda kohta. Isiklikeks esemeteks sobivad näiteks hambahari, kamm, habemeajamisvahendid, hambaproteesid, prillid jne. Võimaluse korral tuleks saata ka lähisugulase proov, et oleks võimalik kontrollida, kas objektil on ikka kadunud isiku bioloogiline materjal.
- Võtta proov lähisugulastelt ning võrrelda saadud DNA-profiili andmebaasis olevate tuvastamata isikute profiilidega. Selliseks võrdluseks sobivad lähisugulased on bioloogilised lapsed ja vanemad. Niisuguse sugulusotsingu korral peab kindlasti arvestama, et otsingutulemuseks võib olla ka valepositiivne kokkulangevus. Et DNA labor saaks vähendada valepositiivsete tulemuste arvu, on väga oluline teada, millal ja kus isik kadunuks jäi.

Tuvastamata isikud

Isiku tuvastamiseks tuleks võtta võrdlusproov oletatavatelt lähisugulastelt. Kindlasti tuleb ära märkida ka sugulusseos – ema, tütar jne. Kõige informatiivsemad võrdluisikud on bioloogilised lapsed ja vanemad. Kaugemate sugulaste puhul on soovitatav enne proovide võtmist pidada nõu DNA-ekspertiga. Võimaluse korral tuleks võtta proov mitmelt lähisugulaselt. Kui lähisugulasi pole, siis on võimalik kasutada isikutuvastamiseks isiklike esemeid.

PROOVIDE/OBJEKTIDE SÄILITAMINE

Hoolimatu ja ükskõikne DNA-materjali käitlemine võib muuta kogutud materjali DNA-analüüsi jaoks sobimatuks. Näiteks, kui vereplekid ei ole korralikult kuivad, võivad nad hallitama minna. Bakterite ja seente elutegevuse tulemusena toodetakse ensüüme, mis lagundavad DNA. Selle tulemusena ei pruugi DNA-labor neist vereplekkidest enam kvaliteetset DNA-profili kätte saada. Enamikku DNA-materjale on hea säilitada kuivas ja jahedas (Baust 2008). Nendes tingimustes on bakterite kasv minimaalne. DNA-laboris säilitatakse DNA-proovi materjale sõltuvalt materjali tüübist kas toatemperatuuril, +4 °C või –20 °C juures. DNA-molekulid säilivad kõige paremini, kui nad on kuivas (et vältida aluste hüdrolyüüsi) ja kaitstud ensüümidest (DNA-aaside) eest. Samuti on oluline, et DNA-d sisaldav materjal oleks kaitstud otsese päikesevalguse eest.

Bioloogilise materjali sattumisel väljapoole organismi algab selle lagunemine ehk degradatsioon. Degradatsiooni põhjustavad tegurid on järgmised:

- aeg;
- temperatuur (eriti temperatuuri kõikumised külmumispunkti ümber);
- niiskus (mis võimaldab DNA-d lagundavate bakterite ja seente kasvu);
- kiirgus (nii nähtav kui UV);
- keemiline saastus;
- bioloogiline saastus.

Bioloogilist materjali tuleb säilitada

- kuivas;
- kaitstuna päikesevalguse eest;
- kaitstuna äärmuslike temperatuuride eest;
- kaitstuna kõrvaliste isikute eest.

Kiiresti külmutada tuleb

- bioloogiline materjal, mida ei saa kuivatada;
- veri, mis on segunenud veega;
- fekaalid;
- okse;
- osaliselt söödud toit;
- bioloogiline materjal lumel (veri, uriin);
- pehmed koed (koos luudega).

Võrdlusproovide säilitamine

Karpe, milles võrdlusproovideks on vatitampoonile võetud süljeproovid, tuleb säilitada kuivas keskkonnas ja toatemperatuuril. Samades tingimustes tuleb säilitada kollektorkaartidele võetud süljeproove ja filterpaberile võetud

vereproove. Niimoodi võib bioloogiline materjal säilida aastakümneid. Katsumisse võetud vereproove tuleb võimaluse korral hoida +4 °C juures ja toimetada proovid esimesel võimalusel DNA-laborisse.

BIOLOOGILISE MATERJALI LEIDMINE JA PROOVIMATERJALI TÜÜBI KINDLAKSTEGEMINE

Bioloogilise materjali leidmiseks sündmuskohal/objektidel kasutatakse

- visuaalset uuringut;
- alternatiivseid valgusallikaid (edaspidi ALS – ingl *alternate light source* või *forensic light source*);
- keemilist töötlust (nt luminool, BlueStar, Lumiscene vmt meetodit).

Kõige kiirem viis bioloogilise materjali leidmiseks on visuaalne vaatlus, kuid alati sellest ei piisa. Sündmuskohal/objektidel võib olla bioloogilist materjali, mis visuaalsel vaatlusel on raskesti märgatav või pole üldse nähtav. Kasutades tugevat valgusallikat ja erineva lainepikkusega filtreid (ALS) on võimalik avastada näiteks kuivanud sperma, sülje, uriini ja vaginaalse vedeliku plekke. ALS on väga efektiivne tööriist sündmuskoha esmasel uurimisel, võimaldades leida bioloogilist materjali, mida ei ole palja silmaga näha. ALS-iga on võimalik detekteerida väga erinevat tüüpi bioloogilist materjali erinevatel pindadel (nahal, paberil, kummil, tekstiilidel jne). Kasutades ultravioletvalgusele lähedase lainepikkusega valgust, on võimalik tuvastada spermaplekket (Vadenberg ja van Oorschot 2006). Samuti on võimalik leida väljakaevamistel luude fragmente, karvu mitmesugustelt pindadelt, samuti kiude ning tuvastada inimkehal hammustusjälgi ja verevalumeid, mis ei ole palja silmaga nähtavad.

Vere, sperma, sülje, uriini jm kindlakstegemine DNA-analüüsiks võetud proovis võib anda olulist informatsiooni kuriteo edasisel uurimisel. Selleks on välja töötatud hulk teste. Osa neist on kasutatavad ka sündmuskohal. Bioloogilise materjali proovituübi kindlakstegemiseks kasutatavad testid võib jagada kaheks: indikatiivsed ja kinnitavad testid. Indikatiivsed testid (nt luminool vere kindlakstegemiseks) on enamasti jõukohase hinnaga ning väga lihtsasti kasutatavad. Nende tegemiseks on tarvis väga väikeses koguses uuritavat materjali ning on väga oluline, et nad ei rikuks ära proovimaterjalisis olevat DNA-d. (Tobe jt 2007, Virkler ja Lednev 2009) Enamasti baseeruvad indikatiivsed testid valgu või metaboliidi kindlakstegemisel, mille olemasolul tekib värvusreaktsioon või kemiluminestsents. Indikatiivsed testid aitavad lokaliseerida materjali DNA-analüüsiks, kuid nad ei ole spetsiifilised ainult ühele bioloogilise materjali tüübile. See tähendab, et indikatiivsed testid võivad suhteliselt suure tõenäosusega anda valepositiivseid või ka valenegatiivseid tulemusi.

Kinnitavad testid (nt Christmas tree värvid spermatoosoidide kindlaksteegemiseks) on spetsiifilised ühele või teisele bioloogilise materjali tüübile. Vanimaks kinnitavaks meetodikaks on kindlale koetüübile spetsiifiliste rakkude mikroskoopiline kindlaksteegemine. Enamik tänapäeval väljatöötatud kinnitavaid teste baseeruvad immunoloogilistel meetoditel, kus tehakse kindlaks, kas uuritav proov sisaldab kindlale kehavedelikule spetsiifilist valku.

Veri

Veri koosneb vereplasmast ja selles olevatest vere vormelementidest: punastest verelibledest (erütrotsüütidest), valgetest verelibledest (leukotsüütidest) ja vereliistakutest (trombotsüütidest). Enamik vere kindlaksteegemiseks kasutatavaid teste detekteerivad veres olevaid hemoglobiinimolekule, mida leidub punastes verelibledes. Hemoglobiinimolekulide põhifunktsioon on hapniku transport kudedes.

Visuaalne uuring

Vere leidmiseks viiakse esmalt läbi visuaalne uuring ilma abivahenditeta. Allpool on mõned soovitusel selle kohta, kust võiks verd otsida.

Riideesemed:

- kindlasti vaadata riided läbi mõlemalt poolt (st ka vooder);
- vaadata läbi taskud (ka põuetaskud) seestpoolt;
- nööpide ja nööpaukude piirkond;
- tõmblukkude piirkond.

Kirves:

- kirvevarre ja tera osalt;
- kirvevarrelt, metallosalt;
- kirvevarre otsalt (seal, kus on kiil).

Noad:

- tera ja käepideme kokkupuutekohast;
- kui õnnestub käepide metallosalt eemaldada, siis selle alt;
- lahtikäiva taskunoa korral pesast, kuhu läheb tera;
- kui õnnestub, lammutada taskunuga lahti;
- lõigata lahti noa tupp (nahk või puit) ja otsida noa tupe seest.

Visuaalne uuring, kasutades valgusallikaid

ALS-i kasutamine võimaldab kergema vaevaga leida ka tumedalt materjalilt vereplekke, mida palja silmaga pole võimalik eristada. Võimalik on isegi avastada vereplekke, mis on kaetud värviga (Vandenberg ja Oorschot 2006).

Indikatiivsed veretestid

Vere kindlakstegemiseks on välja töötatud lai valik indikatiivseid teste. Üks kõige levinumaid ja tundlikumaid teste baseerub luminooli kasutamisel. Luminooli on kasutatud juba ligikaudu 50 aastat. Luminoolitest põhineb hemoglobiini peroksüdaasilaadse aktiivsuse kindlakstegemisel, kus vabaneva hapniku toimel (aluselises keskkonnas) tekib lisatud substraadil kemiluminescents (sinine helendus). Tulemust tuleb hinnata pimedas, siis tuleb kemiluminescents paremini nähtavale. Luminoolil baseeruvad testid on näiteks BlueStar ja Lumiscene. Viimase kahe testi eelis klassikalise luminooli ees on see, et nende jaoks ei ole tarvis täiesti pimedat ruumi (www.lumiscente.com, Dilbeck 2006). Luminoolil baseeruvad testid on äärmiselt tundlikud ning kui reagenti uuritavale pinnale pihustatakse, võimaldavad need uurida väga suuri alasid (tervet sündmuskohta). Võimalik on avastada verejälgi ka pestud riidetelt ja puhastatud objektidelt, kus verejäljed palja silmaga enam nähtavad ei ole (vt foto 4). Mitu uuringut on näidanud, et luminooli pihustamine ekspertiisobjektidele ei sega edasist DNA-analüüsi (Gross jt 1999, Tobe jt 2007). Luminoolil baseeruvad testid on oluliselt tundlikumad kui on DNA-analüüsi meetodika, mistõttu ei ole võimalik alati saada kvaliteetset DNA-profiili proovidest, mis andsid kemiluminescents-testiga positiivse tulemuse (Blum jt 2006).

Peale kemiluminescents-testide on olemas hulk indikatiivseid teste, mis samuti baseeruvad hemoglobiini peroksüdaasilaadse aktiivsuse kindlakstegemisel, kuid vabaneva hapniku toimel tekib lisatud substraadil hoopis värvusreaktsioon. Need testid ei ole nii tundlikud kui kemiluminescentsitestid. Mõne näitena võib tuua tetrametüülbensidiini-, bensidiini-, leukomalahiitrohelise- ja fe-noolftaleiini-testid.

Nii kemiluminescentsitestid kui ka värvusreaktsioonil põhinevad testid annavad valepositiivseid ja valenegatiivseid tulemusi, kui proovis on veel peroksüdaadse aktiivsusega ühendeid (sülge, veri uriinis, väljaheidet, mõned



Foto 4. Enne ja pärast BlueStariga töötlemist.

loomsed koed – veri, taimsed peroksüdaasid – õun, brokoli, mädarõigas jne), oksüdeerijaid (nt pleegitajad puhastusvahendites) või redutseerijaid.

Oluline on meeles pidada järgmist:

Positiivne tulemus näitab, et tegemist võib olla verega.

Valepositiivse tulemuse võivad anda:

- oksüdeerijad;
- peroksüdaasidest aktiivsust omavad bioloogilised koed.

Negatiivne tulemus näitab, et tõenäoliselt ei ole tegemist verega.

- Valenegatiivset tulemust võivad anda redutseerijad.

Seetõttu peroksüdaasilaadse aktiivsuse kindlakstegemisele suunatud testid

- ei ole verespetsiifilised ega ammugi mitte inimverespetsiifilised;
- on indikatiivsed vere olemasolule, kuid ei tõesta vere olemasolu.

Kinnitavad veretestid

Kinnitavate testide tundlikkus võib olla oluliselt väiksem kui indikatiivsete testide kasutamisel. Kinnitavad veretestid on enamasti immunokromatograafilised, st baseeruvad antigeen-antikeha reaktsioonil. Kasutamise lihtsuse poolest sarnanevad need testid kodus tehtavate rasedustestidega, mistõttu on neid väga lihtne ka sündmuskohal kasutada. Mõne näitena võib tuua Hexagon Obti (vt foto 5), ABACard Hema Trace ja RSID Blood testid. Esimesed kaks baseeruvad hemoglobiini ning viimane glükoforiin A kindlakstegemisel.



Foto 5. Hexagon Obti kiirtest inimvere detekteerimiseks.

Sperma

Sperma ehk seemnevedelik on meessuguorganites produtseeritav kehavedelik, mis sisaldab spermatooside. Keskmiselt sisaldab 3–4 ml ejakulaati 70–150 miljonit spermatoosidi. Spermatoosid koosneb peast, sabast ja nende vahele jäävast komponendist (vt joonis 1). Tuumne DNA asub spermatoosidi pea osas. Kui võrrelda inimese spermatoosidi teiste liikide spermatoosididega, siis kuju poolest sarnanevad inimese spermatoosidiga veel ka ahvi

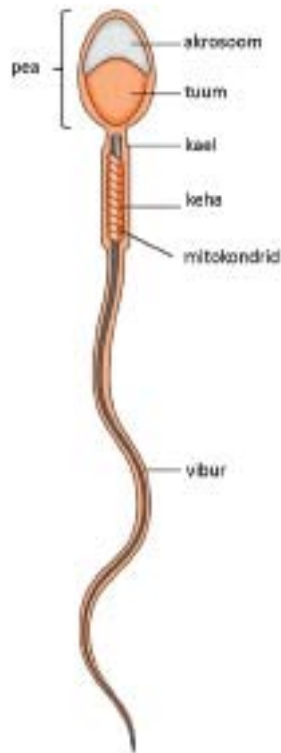
ja koera spermatoosidid. Koera spermatoosidid on ainult 2–3 korda väiksemad kui inimese omad.

Seemnevedelik koosneb orgaanikast (nt flaviinid, mis annavad fluoreseeruva valguse UV-valgusega valgustades), anorgaanikast (nt Na, K, Zn, Ca) ja rakulisest materjalist. Komponentid pärinevad nii seemnepõiekestest kui ka eesnäärrest. Eesnäärrest produtseeritakse ensüümi nimega happeline fosfotaas ning valke nimega prostata spetsiifiline antigeen ja semenogeliin, mille kindlakstegemist saab kasutada sperma identifitseerimiseks. Meestel, kes on teinud vasektoomia, ei ole seemnerakke, kuid nende ejakulaat sisaldab nii happelist fosfotaasi, prostata spetsiifilist antigeeni kui ka semenogeliini.

Peale seemnepurset hakkavad spermatoosididega toimuma muutused. Mikroskoopiliste vaatluste tulemusena on tu-

vastatud, et esimesena kaotavad spermatoosidid oma saba. Ligikaudu 6 tunni pärast on 25% spermatoosididest saba kaotanud. 12 tunni pärast on ainult üksikutel spermatoosididel saba ning 24 tunni pärast on peamiselt alles ainult pead. Spermatoosidide pead võivad tupes säilida kuni 3 päeva. Need proportsioonid ja ajad varieeruvad väga palju inimeste vahel. Spermatoosidide säilimine väljaspool keha sõltub oluliselt väliskeskkonna tingimustest. On tuvastatud, et väikestes spermplekkides, mis on kiiresti kuivanud ja sobivates tingimustes hoitud, võivad spermatoosidid säilida kuid ja isegi aastaid. (Houck, Siegel 2010: 243–244.)

Spermplekkide leidmiseks viiakse kõigepealt läbi visuaalne vaatlus palja silmaga. Seejärel vaadeldakse objekte, kasutades valgusallikaid (ALS). Ult-



Joonis 1. Spermatoosidi ehitus.

raviolettvalguse ja sellele lähedaste lainepikkuste kasutamine aitab lihtsasti tuvastada spermakahtlase määrdumisega plekke. Seemnevedelik sisaldab flaviine, mis on aluseks kindla lainepikkusega valguses nähtavale helendusele (Kobus jt 2002).

Seemnevedeliku kindlakstegemiseks on välja töötatud ka hulk indikatiivseid teste ning seemnevedeliku ja spermatoosidide kindlakstegemiseks kinnitavaid teste. Allpool tuleb lähemalt juttu happelise fosfotaasi, prostata spetsiifilise antigeeni, semenogeliini ning spermatoosidide kindlakstegemisest.

Happelise fosfotaasi kindlakstegemine

Eesnääre produtseerib seemnevedelikku ensüümi nimega happeline fosfataas (ingl *acid phosphatase*; edaspidi AP). AP hulk seemnevedelikus on ligikaudu 1 mg/mL. See hulk ei sõltu spermatoosidide arvust seemnevedelikus, mistõttu tervete meeste näitajatest ei erine AP hulk meestel, kellel on oligospermia (seemnerakke on väga vähe), aspermia (pole seemnerakke) või on tehtud vasektoomia. Happelise fosfotaasi hulk seemnevedelikus on kuni 400 korda suurem kui teistes kehavedelikes (Sensabaugh 1979). Väikeses koguses võib AP-d leiduda tupesekreedis, süljes, meeste veres ja uriinis. Eesnäärmevähi ja mõne teise haiguse korral suureneb AP hulk veres.

Kui seemnevedelikku sisaldavaid plekke säilitada kuivas ja jahedas, siis võib AP säilida aastaid. AP laguneb niiskes, hallitanud, mädanenud ja/või kuumas keskkonnas. Samuti mõjub hävitavalt kemikaalidega töötlemine. Enamasti on AP detekteeritav günekoloogilistes proovides, mis on võetud kuni 2 päeva peale vahekorda, harvadel juhtudel kuni 3 päeva peale vahekorda.

AP testid on indikatiivsed ning võivad anda valepositiivseid tulemusi mõne taime, bakteri ja seenega. Lisaks võivad AP-testid anda valepositiivse tulemuse tupesekreedi, sülje, uriini ja meespäritolu verega.

Kindlasti tuleb meeles pidada, et AP tuvastamiseks mõeldud testid

- sobivad skriinimiseks, et leida esemetelt/riietelt spermakahtlase määrdumisega plekke. Kui tulemus on negatiivne, siis pole seda plekki mõtet DNA-analüüsiks võtta. Kui tulemus on positiivne, siis tuleb seda plekki kinnitavate testidega edasi analüüsida;
- ei ole informatiivsed tupest võetud proovide korral (võivad anda valepositiivse tulemuse);
- ei näita mingil juhul seemnerakkude olemasolu.

Prostata spetsiifilise antigeeni kindlakstegemine

Eesnäärme (prostata) epiteelirakud produtseerivad seemnevedelikku ensüümi nimega prostata spetsiifiline antigeen (ingl *prostate specific antigen*; edaspidi PSA, nimetatakse veel ka p30-ks). Tervel mehel on PSA kontsentratsioon

veres väga väike, kuid suureneb enamasti eesnäärme epiteelkoe haigusseisundi korral. Kuigi tänapäeval kasutatakse PSA-d eelkõige eesnäärmevähi markerina, pole test siiski kasvajaspetsiifiline. PSA taset tõstavad ka eesnärme põletik ja prostata koe suurenemine, vähesel määral eesnäärmemassaaž ja invasiivsed protseduurid, aga ka näiteks seemnepurse ning pikem jalgrattasõit. PSA kontsentratsioon on väga suur seemnevedelikus, varieerudes 300 ng/ml kuni 4200 ng/ml vahel. PSA on väga vähesel määral olemas ka teistes kehavedelikes: süljes, lootevees, rinnapiimas, veres, tupesekreedis ja uriinis. Kuna PSA tase neis vedelikes on väga madal, siis pole see enamasti kriminalistika valdkonnas kasutatavate kiirtestidega detekteeritav, välja arvatud mehe uriini puhul. On näidatud, et mehe uriin võib sisaldada detekteeritaval määral PSA-d (Yu ja Diamandis 1995, Diamandis ja Yu 1995, Schmidt jt 2001, Breul jt 1994, Breul jt 1997, Sato jt 2002, Lövgren jt 1999).

PSA säilib stabiilsena, kui proove säilitada kuivas keskkonnas toatemperatuuril või külmutatuna (Hochmeister jt 1999). Viimasel juhul võib PSA säilida aastaid. Vägistamisjärgsete günekoloogiliste proovide puhul sõltub, kui palju aega on vahekorra möödunud. On näidatud, et PSA-d on võimalik tuvastada günekoloogilistes proovides, mis on võetud 14–47 tundi pärast vahekorda. Nii nagu happelise fosfataasi puhul ei sõltu ka PSA hulk spermatoosidide arvust seemnevedelikus ning seetõttu ei ole mõjutatud oligospermia, aspermia ega vasektoomia. (Hochmeister jt 1997, Graves jt 1985.)

PSA valguga kontrollimise eelised on järgmised:

- saab kindlaks teha väga väikesi seemnevedeliku koguseid;
- PSA on stabiilne ja seetõttu võib spermaplekis olla tuvastatav isegi kuni 30 aastat vanast materjalist asitõenditel.

PSA kindlakstegemiseks (kriminalistika valdkonnas) on välja töötatud mitmeid kommertsiaalseid immunokromatograafilisi kiirteste, näiteks Seratec PSA Semiquant ja ABACard p30.

Semenogeliini kindlakstegemine

Semenogeliin on valk, mis on seemnevedeliku üks põhikomponent, andes seemnevedelikule geelja koostise. Semenogeliini produtseeritakse seemnepõiekestes. Semenogeliini kontsentratsioon seemnevedelikus jääb vahemikku 4–68 mg/mL, mis on oluliselt suurem kui PSA kontsentratsioon. Seetõttu on semenogeliini kindlakstegemiseks välja töötatud testid märksa tundlikumad, st võimaldavad seemnevedeliku kindlakstegemist palju väiksemast kogusest proovimaterjalist kui PSA ja AP-i kindlakstegemiseks mõeldud testid.

Semenogeliini produtseeritakse peale seemnepõiekeste veel eesnäärmes, seemnejuhades, skeleti lihastes, neerudes, käärsooles, trahheas ja kopsukasvajates. Pole näidatud, et teised kehavedelikud peale seemnevedeliku sisal-

daksid semenogeliini (Berti jt 2005, Bjartell jt 1996, Rodrigues jt 2001, Old 2010, Pang 2007, Lundwall jt 2002). Semenogeliini kindlakstegemiseks on firma Independent Forensics välja töötanud immunokromatograafilise kiirtesti RSID Semen.

Mikroskoopia

Mikroskoopia on meetod, mis kinnitab spermatoosoidide olemasolu uuritavas proovimaterjalis. Mikroskoobis spermatoosoidide kindlakstegemiseks on välja töötatud mitu meetodikat. Allpool on mõned näited.

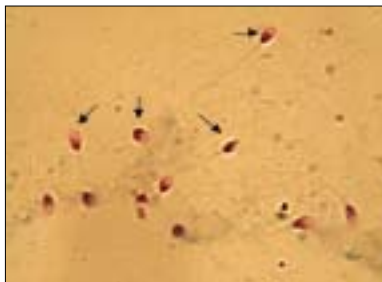


Foto 6. Spermatoosidid *Christmas tree* värvinguga. Nooltega on tähistatud mõned spermatoosidid.

Jõulupuu ehk *Christmas tree* värving

Meetod põhineb rakkude tuvastamisel morfoloogiliste tunnuste alusel. Värv “Nuclear Fast Red” seostub DNA-ga ja värvib DNA-rikkad piirkonnad (rakutuumad) kirkalt punaseks. Pikroindigokarmiin värvib rakkude tsütoplasma roheliseks. Selle tulemusena värvub seemneraku pea intensiivselt punaseks ja vibur roheliseks. Teiste rakkude tuumad värvuvad väiksema intensiivsusega, sõltuvalt DNA kokkupakkimise tihedusest. Preparaate vaadeldakse valgusmikroskoobis 200–400-kordse suurendusega (vt foto 6). (Houck ja Siegel 2010: 242–243).

Fluoresentsmärgistega spermatoosoidide märgistamine

Professor John Herr (Virginia Ülikoolis) töötas välja meetodi spermatoosoidi pea ja saba antikehadega seotud fluoretsentsmärgistega tähistamiseks. See meetodika võimaldab paremini leida spermatooside, juhul kui naiselt pärinevaid epiteelirakke on uuritavas preparaadis väga palju (Herr 2007). Peale professor John Herri uuringuid tõi firma Independent Forensics turule testsüsteemi nimega Sperm HY-LITER. Ühe fluoretsentsmärgisega seotud antikehaga märgistatakse ära kõikide rakkude tuumad ning teisega ainult spermatoosoidide pead. Tulemus visualiseeritakse, kasutades fluoretsentsmikroskoopi ja DAPI ning FITC filtreid (vt foto 7). See testsüsteem võimaldab detekteerida üksikuid spermatooside ka suurest hulgast naise rakumaterjalist. (<http://www.spermhy-liter.com/pdf/SPERMHY-LITERvalidation.pdf>)

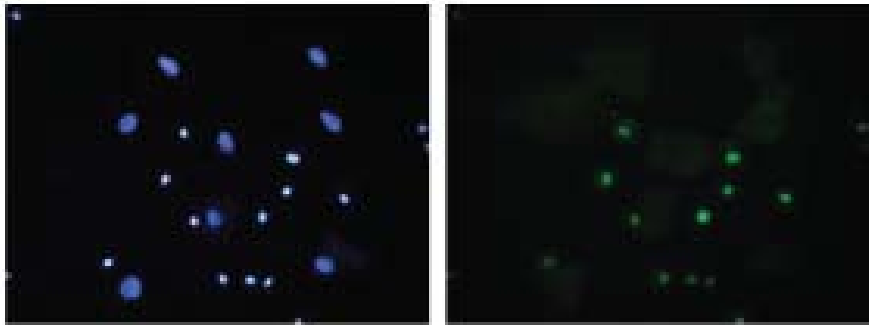


Foto 7. Vasakpoolsel fotol on kõik tuumaga rakud (kasutades DAPI filtrit) ning parempoolsel fotol on spermatoosidid (kasutades FITC filtrit).

Sülge

Süljeplekid on silmale nähtamatud, mistõttu nende asukoha kindlakstege mine on üsna keeruline. Esmameetod, on loogiline mõtlemine (joomisnõu de suud, hammustusjäljed, söömisjäljed, sigaretikoni jne). Teine võimalus on kasutada ALS-i ning kolmandaks võib proovida sülje kindlakstelemiseks väljatöötatud indikatiivseid teste.

Sülje kindlakstelemiseks väljatöötatud testid baseeruvad amülaasi detek teerimisel uuritavas proovis (Whitehead ja Kipps, 1975, Auvdel 1986). Amü laas on ensüüm, mis lagundab keerulisema struktuuriga suhkruid (tärglist) lihtsama ehitusega suhkruteks. Kaks levinumat meetodit amülaasi kind lakstelemiseks on Phadebas-test ja tärglise ioonide radiaalse difusiooni test (Myers ja Adkins 2008). Need testid ei ole süljespetsiifilised, sest ka teised kehavedelikud (uriin, veri, sperma) võivad sisaldada amülaasi. Independent Forensics on toonud turule immunokromatograafilise kiirtesti RSID Saliva, mis detekteerib alfa-amülaasi. See test ei anna ristreaktsioone inimese vere, sperma ega tupesekreediga, aga võib anda õrna positiivse signaali rinnapii-



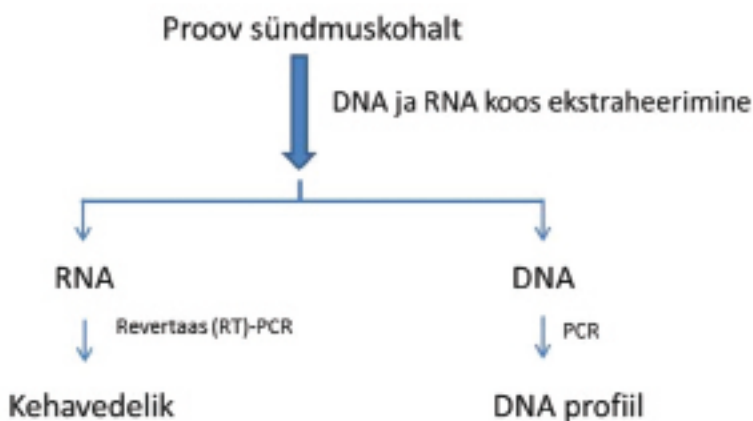
Foto 8. Vasakul pool on SALigAE testi negatiivne ja positiivne tulemus ning paremal pool RSID Saliva testi positiivne tulemus.

ma, fekaalide, higi ning uriiniga. Abacus Diagnostics on välja töötanud testi nimega SALIgAE, mis sarnaselt RSID Saliva testi kontrolliga võib samuti anda valepositiivseid tulemusi uriini, rinnapiima ja fekaalidega (kuid mitte sperma, tupesekreedi, vere ega higiga). SALIgAE testi puudus on tulemuste keeruline interpreteerimine, juhul kui proov sisaldab verd või mõnda muud lahust värvivat koostisosa. Peale eeltoodu on süljeplekkide olemasolu tehtud kindlaks ka suus leiduvate bakterite järgi (Nakanishi jt 2009, Donaldson jt 2010).

Uued meetodid

Eelmistes peatükkides kirjeldati mitmesuguseid viise kehavedelike (veri, sperma, sülg) kindlakstegemiseks. Paljud neist meetoditest võivad anda ristreaktsioone erinevate looma/taimeliikidega või pole piisavalt spetsiifilised ühe kehavedeliku suhtes. Lisaks tuleb enamikku teste teha üksikhaaval, mis tähendab, et igaks testiks on tarvis uut materjali. See kõik võtab palju aega ning testideks kulub palju materjali. Teadlased otsivad lahendust, kuidas leida meetoodika, mis on väga tundlik, spetsiifiline, ainult kindlale kehavedelikule ning võimaldab ühes proovis ühel ja samal ajal erinevaid kehavedelikke kindlaks määrata.

Erinevat tüüpi keharakkudes ekspresseeritakse mRNA-d (ingl *messenger* ribonukleinhape), mis võib olla omane ainult neile kindlatele rakkudele. Määrates mRNA profiili, on võimalik kindlaks teha, mis tüüpi rakke uuritud proov sisaldas. Uuringud mRNA-ga on näidanud, et kuigi RNA on vähem stabiilsem kui DNA (tänu sellele, et RNA on üheaaheline ning seda lagundavad kiiresti keskkonnas olevad ensüümid), on RNA kasutatav raku-tüübi kindlaksmääramiseks (Juusola, Ballantyne 2003). RNA ja DNA saab



Joonis 2. RNA ja DNA üheaegne ekstraheerimine võimaldab korraga nii kehavedeliku kindlakstegemist kui ka DNA-profiili määramist.

uuritavast proovist samaaegselt eraldada ning edasise analüüsi käigus DNA-d kasutada DNA-profiili määramiseks ning RNA-d mRNA-profiili määramiseks (kehavedeliku tüübi kindlakstegemiseks (vt joonis 2) (Juusola, Ballantyne 2007, Haas jt 2009). Vere, sperma, sülje, menstruaalvere ja vaginaalsekreedi üheaegseks määramiseks väljatöötatud testsüsteem (Haas jt 2009, Fleming, Harbison 2010) on uurimise käigus näidanud väga häid tulemusi. mRNA markerid vere ja sülje kindlakstegemiseks on näidanud häid tulemusi isegi 16 aastat vanadest plekkidest (Zubakov jt 2008, Zubakov jt 2009).

KOHTUEKSPERTIIISIALASTE DNA-ANALÜÜSIDE BIOLOOGILINE ALUS

DNA rakus

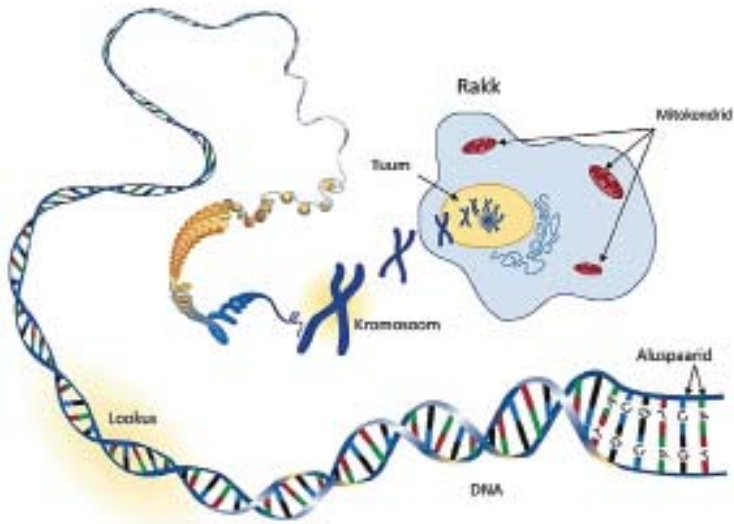
Kõik elusorganismid koosnevad rakkudest. Inimorganism koosneb ligikaudu kolmest triljonist rakust (ehk 3×10^{12} rakust). Enamikes rakkudes on raku tuum, mis sisaldab nukleiinhappeid (DNA ja RNA), valke ja mitmesuguseid madalmolekulaarseid ühendeid. Peale raku tuuma on DNA ka mitokondrites. Mitokondrid on raku energiat tootvad organellid. Mitokondriaalse DNA eripära on põhjalikumalt kirjeldatud peatükis “Mitokondriaalse DNA analüüs”.

DNA ehk desoksüribonukleiinhape (ingl *deoxyribonucleic acid*) on elusorganismides pärilikku informatsiooni säilitav ühend. Eukarüoodi rakus on DNA jaotunud mitmeks individuaalseks elemendiks ehk **kromosoomiks** (vt joonis 3), tõenäoliselt selleks, et see oleks rakus lihtsamini ja efektiivsemalt manipuleeritav. Kromosoomis on DNA püsivalt seotud valkudega, mis pakivad DNA kaksikahela ning loovad rakupõlvkondades säilivaid struktuurseid seisundeid, kus geenid on kas püsivalt inaktiveeritud, püsivalt aktiveeritud või saavad alluda jooksvale regulatsioonile. Samuti kaitsevad valgud DNA-d väliskeskonna mõjude eest.

Inimesel on keharakkudes 46 kromosoomi, pooled neist on pärit ema munarakust, pooled isa seemnerakust. Kokku moodustavad nad 23 kindla kuju ja suurusega paari (diploidne ehk kahekordne kromosoomikomplekt). 1.–22. kromosoomipaar (nimetatakse ka autosoomideks) on mehel ja naisel ühesugused. 23. kromosoomipaar määrab ära soo (sugukromosoomid) – meestel on selleks XY kromosoomid ning naistel XX kromosoomipaar. Sugurakkudes on kromosoomide arv poole väiksem – 23 kromosoomi. Seda nimetatakse ka haploidseks ehk kaks korda vähenenud kromosoomikomplektiks. Sugukromosoomidest sisaldavad munarakud ainult ühte X kromosoomi. Seemnerakud sisaldavad kas X või Y kromosoomi. Munaraku viljastumisel ühinevad kahe suguraku kromosoomid ja taastub liigile omane diploidne kromosoomistik.

DNA primaarstruktuur koosneb **nukleotiididest** (adeniin – A, guaniin –

G, tsütosiin – C ja tümiin – T). Enamasti esineb DNA elusorganismides kahe ahelalisena (biheeliksina), kus kaks antiparalleelset (vastassuunalist) ahelat on omavahel vastavalt komplementaarsuse printsiibile (st kohakuti paiknevad ahelate A- ja T- ning G- ja C-nukleotiidid) paardunud. Kahte omavahel vesiniksidemetega seotud nukleotiidi, mis esinevad komplementaarsetes DNA ahelates, nimetatakse **aluspaariks** (ingl *basepair*; edaspidi bp; vt joonis 3). Haploidses genoomis on 3×10^9 aluspaari. **Genoomiks** nimetatakse rakutuuma haploidset kromosoomistikku.



Joonis 3. DNA raku.

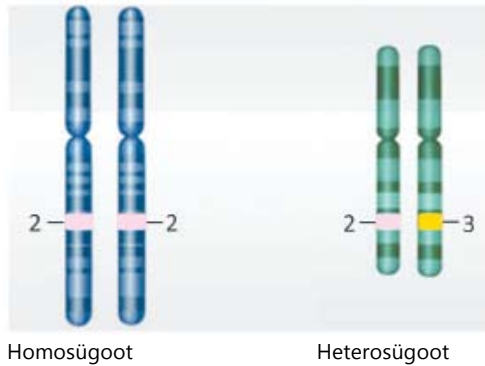
Polümorfismid ja kordusjärjestused

Polümorfismiks nimetatakse mingi lookuse mitme alleeli (ehk lookuse erineva vormi) samaaegset esinemist populatsioonis. **Lookus** on geeni, DNA-järjestuse või geneetilise markeri spetsiifiline asukoht kromosoomil. Kaks peamist polümorfismi liiki, mida kohtuekspertiisialastes DNA-analüüsid kasutakse, on **pikkuse polümorfism** ja **järjestuse polümorfism**. Enam levinud on pikkuse polümorfismi kindlakstegemine, kus uuritakse tandeemselt ehk üksteise järel korratud lühikesi kordusjärjestusi (ingl *short tandem repeat*; edaspidi **STR**; vt joonis 4). Nendes kordusjärjestustes esineb nii suur varieeruvus, et iga indiviid on teistest eristatav muuhulgas tänu kordusjärjestuste varieerumisele. STR-markerid on väga väärtuslikud ka põlvnemise tuvastamisel.



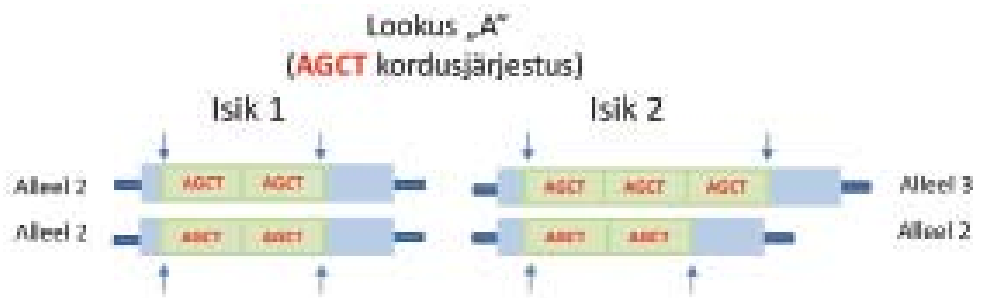
Joonis 4. Lookuse D12S391 alleel tähisega 6, milles on kuus AGAT kordust.

Joonisel 5 on toodud kahe isiku genotüüp ehk lookuste alleelne koosseis. **Alleeliks** nimetatakse ühe ja sama geeni või markeri alavarianti. Kui isikul on paarilistes kromosoomides samas lookuses ehk DNA-piirkonnas ühesugused alleelid, siis see isik on selle alleeli **homoosügoot**. Kui aga sama lookuse alleelid on erinevad, siis on see isik antud lookuse **heteroosügoot**.

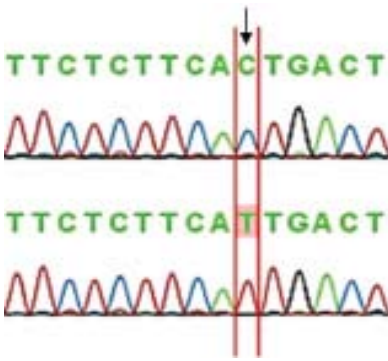


Joonis 5. Vasakul on isik alleelidega 2 ja 2 ehk see isik on uuritud lookuse homoosügoot ning paremal on toodud isik alleelidega 2 ja 3 ehk see isik on uuritud lookuse heteroosügoot.

Joonisel 6 on isikul 1 lookuses “A” kaks ühesugust alleeli – 2 ja 2 (homoosügoot). Isikul 2 on samas lookuses alleelid 2 ja 3 (heteroosügoot). Alleeli 2 puhul on meil 2 AGCT kordusjärjestust ja alleeli 3 puhul on 3 AGCT kordusjärjestust. Võib juhtuda, et alati ei ole meil täisarv kordusi. Näiteks lookuses TH01 esineb alleel 9.3, milles on 9 neljast nukleotiidist koosnevat täiskordust ning lisaks üks kolme nukleotiidiga kordus. Sellisel juhul lisatakse sellise alleeli tähistamisel täiskordusi näitavale numbrile lisanumber. Selli-seid alleele nimetatakse ka **mikrovariant alleelideks**.



Joonis 6. Isiku 1 genotüüp lookuses “A” on 2, 2 (homoosügoot) ja Isiku 2 genotüüp lookuses “A” on 2, 3 (heteroosügoot).

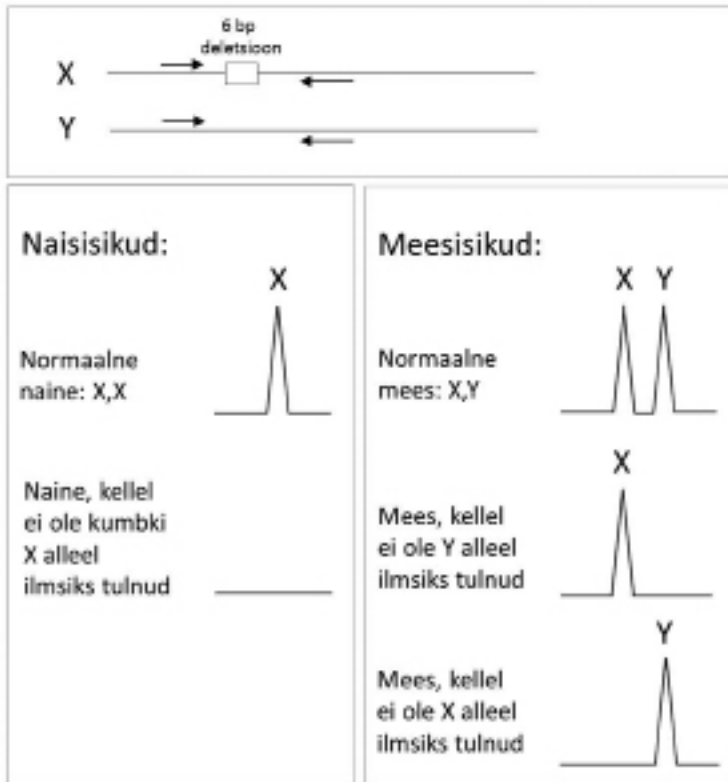


Joonis 7. Järjestuse polümorfism.

Järjestuse polümorfismi korral on eri alleelides erinev nukleotiidne järjestus. Ühenukleotiidse polümorfismi (ingl *single nucleotide polymorphism*; edaspidi **SNP**) korral on meil ühes ja samas lookuses kas üks või teine nukleotiid. Näiteks alleel A1 on nukleotiidse järjestusega TTCTCT-TCACTGACT, kuid alleel A2 järjestusega TTCTCTTCAATTGACT (vt joonis 7). Järjestuse polümorfismi määramist kasutatakse kohtuekspertiisialaste DNA-analüüside puhul peamiselt mitokondriaalse DNA analüüsimisel. (Houck M. M. ja Siegel J. A. 2010: 257–271.) SNP-de kasutamist on põhjalikumalt kirjeldatud peatükis “SNP-de analüüs”.

SOO KINDLAKSTEGEMINE

Soo määramiseks kasutakse X- ja Y-kromosoomis olevat amelogeniini lookust (lühendatult AMEL). X-kromosoomis on AMEL-lookuses toimunud muutus, mistõttu on X-kromosoomi AMEL lookuse DNA-fragment kuue aluspaari võrra lühem. See võimaldabki vahet teha, kas tegemist on mees- või naispärilolu DNA-ga. Väga harvadel juhtudel, näiteks kui meil on praimerid seondumiskohas aset leidnud mutatsioon, mille tulemusena praimer ei saa seonduda DNA-järjestusele, võime saada tulemuse, kus meespärilolu DNA korral puudub X- või Y-alleel või naispärilolu DNA korral mõlemad X-alleelid. Viimasel juhul peavad mutatsioonid olema aset leidnud mõlemas X-kromosoomis (vt joonis 8; Sullivan jt 1993).



Joonis 8. Üleval on toodud AMEL lookus nii X- kui ka Y-kromosoomis. Allpool on toodud kõikvõimalikud AMEL-lookuse genotüübid nais- ja meesisikutel.

KOHTUEKSPERTIIASIALASTE DNA-ANALÜÜSIDE METOODIKA

DNA-analüüsi peamised etapid on järgmised:

- DNA isoleerimine;
- DNA kontsentratsiooni mõõtmine;
- DNA amplifitseerimine;
- DNA amplikonide eraldamine ja analüüsimine;
- tulemuste interpretatsioon.

DNA isoleerimine

Sündmuskohalt või objektilt võetud DNA-proov võib sisaldada peale DNA hulgaliselt muid aineid. Selleks et DNA-d analüüsida, tuleb DNA neist ainetest eraldada ehk isoleerida. DNA isoleerimine koosneb sageli järgnevatest etappidest:

- rakkude lüüsimine ehk lagundamine, mille tulemusena DNA molekulid vabanevad lahusesse;
- DNA molekulid eraldatakse ülejäänud materjalist;

- DNA molekulid lahustatakse lahuses, mis võimaldab läbi viia DNA analüüsimist ning võimaldab DNA pikaajalist säilitamist.

DNA isoleerimise meetodika valik sõltub ennekõike analüüsitavast materjalist (luu, sperma, puutejalg, referentsproov jne).

Diferentsiaallüüs

Diferentsiaallüüsi kasutatakse vägistamisjuhtumite korral, kus kannatanult võetud proovid sisaldavad spermatooside. Diferentsiaallüüs tähendab erinevate rakutüüpide (spermatoosidide ja epiteelirakkude) lüüsimist erineval ajal. Esimesena viiakse läbi rakkude lüüs pehmemates tingimustes, mille tulemusena lüüsitakse ära epiteelirakud, mis on n-õ õrnemad ja lagunevad kergemalt. Lüüsitud lahus eraldatakse selliselt, et alles jäetakse lüüsimata spermatoosidid. Seejärel viiakse läbi lüüs karmimates tingimustes, mille tulemusena lüüsitakse spermatoosidid. Diferentsiaallüüs võimaldab meil saada eraldi DNA epiteelirakkudest ja spermatoosididest.

DNA kontsentratsiooni mõõtmine

DNA-analüüsi meetodikad vajavad tööks optimaalset DNA-kogust. Kuna optimaalse DNA-koguse vahemik on üsna kitsas, siis on väga oluline üsna täpselt doseerida. Seetõttu tuleb uuritavas proovis kindlaks määrata DNA-kogus ehk kontsentratsioon.

Isoleeritud DNA ei sisalda ainult inimpäritolu DNA-d, vaid ka mitteinimpäritolu DNA-d (bakterid, seened, taimed, loomad). Et teada saada, kui palju on proovis inimpäritolu DNA-d, viiakse läbi inimpetsiifiline DNA kontsentratsiooni mõõtmine. DNA kontsentratsiooni mõõtmiseks kasutatakse testsüsteeme, mis annavad kontsentratsiooni mõõtmise tulemusena ka lisainformatsiooni uuritavas proovis leiduvate ühendite olemasolu kohta, mis võivad inhibeerida ehk takistada DNA amplifitseerimist. Tulenevalt saadud infost on võimalik otsustada, kas uuritav proov vajab veel täiendavat DNA puhastamist, et lahti saada inhibiitoritest.

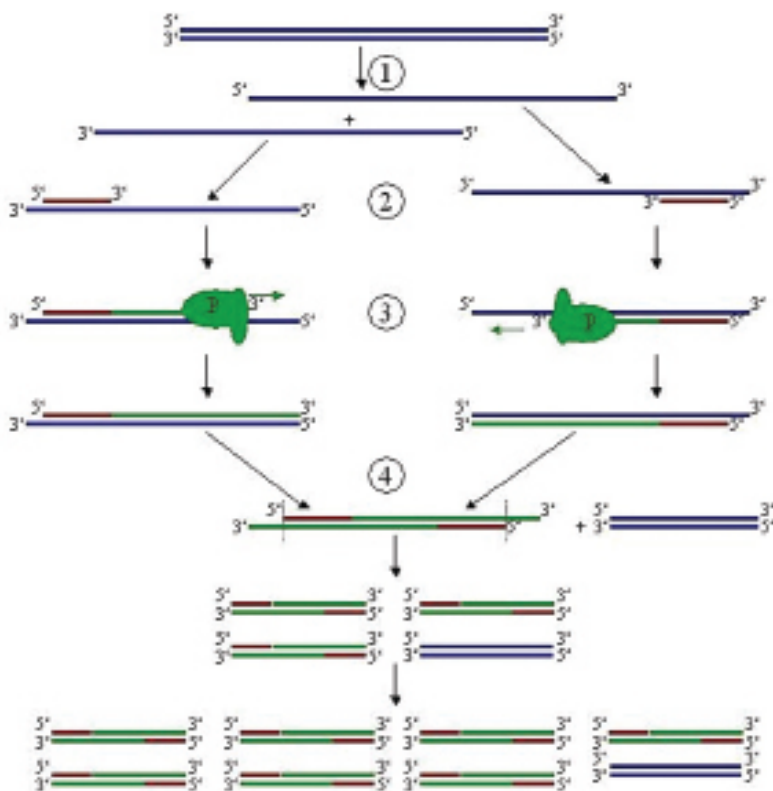
Lisaks inimpäritolu genoomse DNA kontsentratsioonile on võimalik mõõta uuritavas proovis ka meespäritolu DNA-kontsentratsiooni. See on väga oluline lisainformatsioon juhtumite korral, kus naispäritolu kannatanult on võetud proovid ning kurjategijaks on meesisik (nt vägistamised). Meespäritolu DNA-kontsentratsiooni mõõtmise tulemusena on võimalik langetada otsus, kas analüüsida autosoomseid markereid või hoopiski Y-kromosoomi spetsiifilisi markereid.

DNA amplifitseerimine

DNA amplifikatsioon ehk kordistamine baseerub polümeraasi ahelreaktsiooni meetodikal (ingl *polymerase chain reaction*; edaspidi PCR), mille käigus paljundatakse proovis kindlaid (meid huvitavaid) DNA-järjestusi. PCR-i tulemusena tehakse nendest järjestustest miljoneid koopiaid. Kuna ühe reaktsiooni käigus paljundatakse korraga samas tuubis mitme erineva lookuse DNA-järjestusi, siis nimetatakse seda **multipleks PCR-iks**.

PCR-i läbiviimiseks on vaja

- uuritavat DNA-d;
- praimereid, mis on lühikesed oligonukleotiidsed (20–30 nukleotiidi pikkused) järjestused ning mille abil märgistatakse ära meid huvitava DNA järjestuse algus ja lõpp;
- ensüümi nimega DNA polümeraas, mis sünteesib praimerite vahelisest alast miljoneid koopiaid;
- puhvrit, mis sisaldab reaktsiooni läbiviimiseks optimaalset keskkonda ning vajalike keemilisi ühendeid.



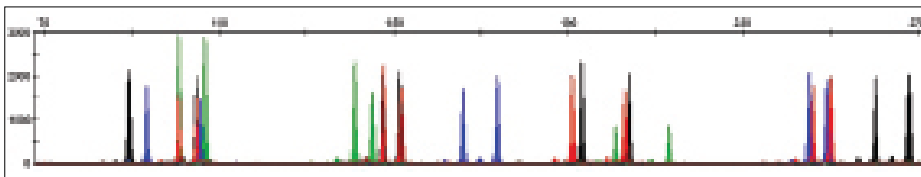
Joonis 9. Skeem kirjeldamaks PCR-i tsükli. 1) denaturatsioon; 2) aniling; 3) elongatsioon, P-tähedega on tähistatud DNA polümeraas; 4) esimene tsükkel on lõpetatud. Esimese tsükli tulemuseks on huvipakkuva DNA-lõigu kahekordistumine, mis omakorda kahekordistatakse iga järgneva tsükliga.

Joonisel 9 on skeem PCR-i ühe tsükli kohta. PCR algab denaturatsiooniga, mille tulemusena kaheahelaline DNA muutub üheaheeliseks. Sellele järgneb praimerite aniiling, mille käigus praimerid leiavad DNA-ahelal üles kohta, kuhu seonduda (vastavalt komplimentaarsusprintsibile), ning pärast seda hakkab DNA polümeraas pikendama praimerit ehk sünteesima DNA-ahelat. Ideaaltingimustes on esimese tsükli lõpuks sünteesitud kaks koopiat meid huvitavat DNA-järjestust. Iga järgneva tsükliga see arv kahekordistub. Tavaliselt kasutatakse testsüsteemide puhul tsüklite arvu 28–34 (sõltuvalt sellest, kas uuritavas proovis on DNA algkogus suur või väike). 28 tsükli lõpuks on sünteesitud miljoneid koopiad uuritavat järjestust.

PCR meetodika on väga tundlik, võimaldades väga väikesest DNA-alkogusest kätte saada kvaliteetse DNA-profiili. See on hea, kuna enamasti on sündmuskohale jäänud jälgede DNA- sisaldus väike. Samas tuleb aga olla väga ettevaatlik DNA-proovidega ümberkäimisel, et mitte kontamineerida proove võõra DNA-ga. Kontamineerimiseks piisab väga väikesest DNA kogusest. Põhjalikumalt on kontaminatsiooni teema käsitletud peatükis “Kontaminatsioon”.

DNA amplikonide eraldamine ja analüüsimine

Enamasti kasutatakse PCR-il sünteesitud DNA-fragmentide ehk amplikonide analüüsimiseks kapillaarelektroforeesi. Foreesi käigus liigub negatiivse laenguga DNA kapillaaris elektrivälja mõjul läbi keskkonna, mis avaldab liikumisele takistust. Mida väiksem on DNA-fragment, seda kiiremini see liigub ja vastupidi, mida pikem on fragment, seda aeglasemalt see liigub. Foreesi mõte ongi lahutada erineva pikkusega DNA-fragmentide segu ja määrata iga fragmendi pikkus. Amplifitseeritud DNA-fragmendid märgistatakse PCR-i käigus fluoressentsmärgistega, mis võimaldab saadud tulemust hiljem visualiseerida. Lisaks võimaldab erinevate fluoressentsmärgiste kasutamine ühel ja samal ajal analüüsida sama pikkusega erinevaid DNA-fragmente. Joonisel 10 on toodud kapillaarelektroforeesi toortulemus.



Joonis 10. Kapillaarelektroforeesi toortulemus. Sinise, punase, rohelise ja musta värviga on märgitud erinevate fluoressentsmärgistega DNA-fragmendid. DNA-fragmendid on pikkuse järgi järjekorras. Joonise X-teljel on DNA-fragmendi pikkus aluspaarides ning Y-teljel signaali tugevus.

INHIBITSIOON

DNA-analüüsiks võetud proov võib sisaldada aineid, millest ei õnnestu DNA eraldamisel vabaneda. Need ained võivad inhibeerida DNA-analüüsi mitut moodi. Inhibiitorid võivad: 1) sekkuda DNA eraldamise protsessi; 2) siduda nukleiinhappeid; 3) inhibeerida DNA polümeraasi aktiivset tööd PCR-il.

PCR-i inhibitsioon võib olla nii osaline kui ka täielik. Täieliku inhibitsiooni korral on PCR-i efektiivsus langenud nii madalale, et detekteeritavat tulemust ei saada ehk PCR-i tulemusena ei õnnestu amplifitseerida ühtegi alleeli. Osalise inhibitsiooni korral on PCR-i efektiivsus küll langenud, kuid siiski õnnestub PCR-il amplifitseerida alleele ning võime saada tulemuseks näiteks osalise DNA-profiili. Tabelis 1 on mõned näited materjalidest, mis sisaldavad PCR-i inhibiitoreid.

PCR-i inhibiitor	Võimalik allikas
Melaniin	Koed ja juuksed
Polüsahhariidid	Fekaalid, taimne materjal
Humiidhape	Muld
Uurea	Uriin
Indigo värvaine (denim)	Tekstiil (sinised teksad)
Kollageen	Koed
Müoglobiin	Lihaskude
Kaltsiumi ioonid	Luud

Tabel 1. Mõned PCR-i inhibiitorid ja nende võimalikud allikad (Butler 2011: 84).

Mõned võimalused PCR-i inhibiitoritest vabanemiseks on järgmised:

- **Lahjendada olemasolevat DNA-lahust.** Sellega lahjeneb inhibiitori kontsentratsioon, kuid kahjuks lahjeneb ka DNA kontsentratsioon, mistõttu ei sobi see meetodika vähese DNA-sisaldusega proovide puhul.
- **Puhastada DNA-lahust veelkord.** Soovitatav oleks kasutada teisel põhimõttel töötavat DNA eraldamise meetodikat. Kuna puhastamise iga etapiga kaotame üsna märkimisväärse osa DNA-st, siis see lähenemine ei anna häid tulemusi vähese DNA-sisaldusega proovide puhul.
- **Kasutada inhibiitorite suhtes vähemtundlikku testsüsteemi.** See lähenemine võib anda hea tulemuse ka vähese DNA-sisaldusega proovide korral.

Viimastel aastatel on välja töötatud hulk nn järgmise põlvkonna testsüsteeme, mis annavad häid tulemusi ka tabelis 1 toodud inhibiitorite korral.

Uued meetodid

Kui kõik eelkirjeldatud DNA-analüüsi etapid ajaliselt kokku liita, siis kulub esmase DNA-analüüsi tulemuse kättesaamiseni ligikaudu kaks tööpäeva. Sõltuvalt proovimaterjali tüübist võib aega kuluda vähem või palju enam. Kas poleks hea, kui saaksime mõned analüüsi etapid vahele jätta ja seeläbi tulemuse oluliselt kiiremini kätte? Wangi uurimisgrupp töötas 2004. aastal välja uue DNA polümeraasi nimega Phusion High Fidelity polümeraas, mis võimaldab viia läbi PCR-i reaktsiooni otse proovimaterjalist (nt vereplekist). See tähendab, et DNA-d pole vaja enne isoleerida. Mõned uued testsüsteemid, (nt Identifiler Direct ja Powerplex 16 HS) on võimelised töötama selliselt, et DNA-d pole vaja enne puhastada (Wang jt 2009). Ilma eelneva DNA isoleerimiseta töötavad uued testsüsteemid hästi materjaliga, kus on palju DNA-d (vereplekid, sülg). Kindlasti on eelmainitud meetodite puhul nõrgaks kohaks proovid, milles on vähe DNA-d, ning proovid, mis sisaldavad mitme erineva isiku DNA-d.

Teine võimalus DNA-analüüsi kiirendamiseks on mõne etapi edasiarendamine selliselt, et see võtaks 2–3 tunni asemel oluliselt vähem aega. Kõige ajamahukam etapp DNA analüüsil on PCR. Viimaste aastate jooksul on tehtud hulgaliselt katseid PCR-i meetodika kiirendamiseks. On näidatud, et kasutades vastavat DNA polümeraasi ja aparatuuri, on võimalik PCR läbi viia praeguse 3 tunni asemel ainult 15 minutiga (Giese jt 2009, Vallone jt 2009).

Kohtuekspertiisialase DNA-analüüsi valdkonna eksperdid ja teadlased töötavad pidevalt välja uusi meetodikaid. Samuti töötavad arengu nimel suured kommertsettevõtted, kes panustavad nii tehnoloogia kui ka kemikaalide innovatsiooni. Tulevik näitab, millised uued meetodid praktikas realiseeruvad.

DNA-PROFIILIDE INTERPRETEERIMINE

Kapillaarelektroforeesi tulemusena saadakse **elektroferogramm** (ingl *electropherogram*; edaspidi **EPG**), kus Y-teljel on signaali tugevus ja X-teljel DNA-fragmentide pikkused. Y-teljel olev signaali tugevus näitab, kui palju on analüüsitavas proovis uuritavat DNA-fragmenti, st mida tugevam on signaal, seda rohkem on DNA-fragmenti PCR-il sünteesitud. Signaali tugevuse ühikuks on rfu ehk suhteline fluorestsentsühik (ingl *relative fluorescence unit*). Väljalööke graafikul nimetatakse piikideks (vt joonis 11).

DNA-profiilide interpreteerimisel tuleb esmalt vastata järgmistele küsimustele.

- Kas piik, mida me näeme, on alleel?
- Kas tegemist on ühe isiku DNA-profiiliga või segaprofiiliga? Kui

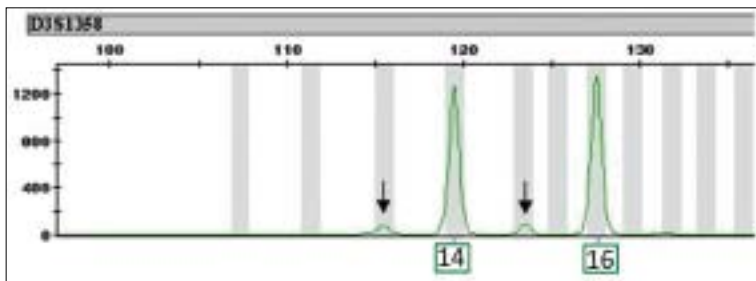
on segaprofiil, siis kas on võimalik kindlaks teha, kui mitme isiku DNA-st see koosneb?

- Kas meil on optimaalse või vähese DNA-sisaldusega proov? Kas esineb vähese DNA-sisaldusega proovile iseloomulikke tunnuseid?

Järgmised alapeatükid proovivad anda vastuse neile küsimustele ning kirjeldavad lühidalt, kuidas erinevaid DNA-profiile interpreteerida.

Saatepiigid

Kohtueksperitiisialastes DNA-analüüsidest kasutatavate testsüsteemide puhul on üsna tavaline, et tekivad PCR-i käigus DNA-fragmendid, mis on ühe või kahe kordusjärjestuse võrra lühemad kui tegelik alleel. Selline DNA-järjestus on elektroferogrammil nähtav **eelpiigina**. Samuti võivad tekkida DNA-fragmendid, mis on ühe kordusjärjestuse võrra pikemad kui tegelik alleel. Selliseid piike nimetatakse **järempiikideks**. Eel- ja järempiigid tekivad DNA-järjestuse amplifitseerimisel, kui kas üks (või kaks) kordusjärjestus(t) läheb kaduma või hoopiski lisandub. Joonisel 11 on toodud lookuse D3S1358 analüüsi tulemus, kus on näha, et alleelide 14 ja 16 ees on eelpiigid.



Joonis 11. Eelpiigid (tähistatud nooltega).

Saatepiigid ei sega tulemuste interpreteerimist juhul, kui meil on ühelt isikult pärinev DNA-profiil, sest saatepiigid on oluliselt madalamad, võrreldes tegelike piikidega. Seevastu segaprofiili korral võib saatepiikide interpreteerimine olla üsna keeruline, sest tuleb otsustada, kas tegemist on saatepiigiga või tegeliku alleeliga.

Millise DNA-profiiliga on tegemist?

Kõige esimene samm DNA-profiili interpreteerimisel on teha kindlaks, kas EPG-l nähtav piik on alleel või on tegemist hoopiski mõne artefaktiga. Artefaktideks võivad olla saatepiigid või piiki meenutavad analüüsi meetodikast tulenevad piigitaolised moodustised (nt uurea piigid, liiga tugevast signaalist põhjustatud lisapiigid teistes värvides jne). Järgmise etapina tuleks kindlaks teha, kas saadud DNA-profiil kuulub ühele isikule või on tegemist se-

gaprofiiliga. Segaprofiil on DNA-profiil, mis on pärit enam kui ühelt isikult. Kui kõigis uuritud DNA-piirkondades on ilmsiks tulnud 1–2 erinevat alleeli, siis võime oletada, et tegemist on ühelt isikult pärineva DNA-profiiliga. Optimaalse DNA-koguse korral on üks oluline indikaator ka ilmsiks tulnud alleelide balansseeritus. Ühe isiku genotüübi korral ei tohiks heterosügootses lookuses alleelide kõrgused olla üksteisest väga erinevad. Paljudes laborites on erinevuse piiriks seatud 60%, st heterosügootse lookuse üks alleel peab olema vähemalt 60% teise alleeli kõrgusest. Viimasena tuleks vaadata, kas esineb vähese DNA-sisaldusega proovile iseloomulikke tunnuseid (vt peatükki “Vähese DNA-sisaldusega proovid”), et aru saada, kas on tegemist optimaalse DNA-sisaldusega või vähese DNA-sisaldusega prooviga.

DNA-profiilide interpreteerimisel tuleks kindlasti meeles pidada, et harvadel juhtudel võivad esineda geeni duplikatsioonid, trisoomia ja somaatilised mutatsioonid.

Optimaalse DNA sisaldusega proovide interpreteerimine

Ühelt isikult pärinevad DNA-profiilid

Joonisel 12 on toodud EPG, kus on sündmuskohalt ja kahelt võrdlusisikult (isik A ja isik B) võetud proovidest saadud tulemused. Sündmuskohalt võetud proovi puhul näeme, et üheski uuritud lookuses ei ole rohkem kui kaks alleeli. Järelikult võime oletada, et saadud DNA-profiil kuulub ühele isikule. Selle EPG kõige esimene uuritud lookus on AMEL. Tegemist on soospetsiifilise markeriga, mille uurimisel saame teada, kas DNA-profiil on pärit nais-



Joonis 12. Sündmuskohalt ja kahelt võrdlusisikult võetud proovide elektroferogrammid (joonisel on toodud kolm uuritud lookust 16-st).

või meessoost isikult. Pildil näeme, et sündmuskohalt võetud proovist saadud DNA-profiilis on ilmsiks tulnud X- ja Y-alleelid. Järelikult on tegemist meesisikult pärineva DNA-profiiliga. Esimene võrdlusisik (isik A) on naissoost (alleelidega X ja X) ning teine võrdlusisik (isik B) on meessoost (alleelidega X ja Y).

Teine uuritud lookus kannab tähistust D8S1179 ning asub kaheksandas kromosoomis. Selles lookuses on sündmuskohalt võetud proovis tulnud ilmsiks vaid üks alleel, tähisega 15. Igal isikul on ühes lookuses kaks alleeli. Järelikult on sellel isikul mõlemas kaheksandas kromosoomis alleel 15 ehk see isik on alleeli 15 homosügoot. Seega selle isiku genotüüp antud lookuses on: 15,15. Võrdlusisikul A on samas lookuses samuti vaid üks alleel, tähistusega 13 – tema on alleeli 13 homosügoot (genotüübiga 13,13). Võrdlusisik B on sarnaselt sündmuskohalt võetud prooviga genotüübiga 15,15.

Kolmandas analüüsitud lookuses tähistusega D21S11, mis asub kahekümne esimeses kromosoomis, on sündmuskoha proovist saadud DNA-profiilis ilmsiks tulnud alleelid 29 ja 32.2. Võrdlusisik A on lookuses D21S11 heterosügoot alleelidega 28 ja 29 ning võrdlusisik B on samuti heterosügoot alleelidega 29,32.2.

Sellisel vaadatakse läbi kõik analüüsitud lookused. Kõikides analüüsitud lookustes ilmsiks tulnud alleelid moodustavadki **DNA-profiili**. Tulemuste põhjal võime järeldada järgmist:

- sündmuskohalt võetud proovist saadud DNA-profiil on pärit ühelt meessoost isikult;
- sündmuskohalt võetud proovis olnud DNA saab olla pärit isikult B, kuna sündmuskohalt võetud proovis ilmsiks tulnud alleelid on kõikides uuritavates lookustes kokkulangevad isiku B võrdlusproovis esinevate alleelidega;
- sündmuskohalt võetud proovist saadud DNA-profiil ei ole kokkulangev isiku A võrdlusproovist määratletud DNA-profiiliga, st ei saa olla pärit isikult A.

Kui tulemuseks on ühelt isikult pärinevad DNA-profiilid, mis on omavahel kokkulangevad, siis lisame DNA-profiili esinemissageduse või LR väärtuse. Arvutuse tegemist on põhjalikumalt käsitletud peatükis “DNA-tõendi tugevus”.

Saadud tulemused võib esitada ka tabelina (vt tabel 2). Tabelisse alleelide märkimisel on kaks võimalust:

- pannakse kirja genotüübid;
- pannakse kirja alleelide loetelu.

Esimesel juhul kirjutatakse ühelt isikult pärineva DNA-profiili korral homosügootsed lookused kahealleelsena (15,15) teisel juhul ühealleelsena (15).

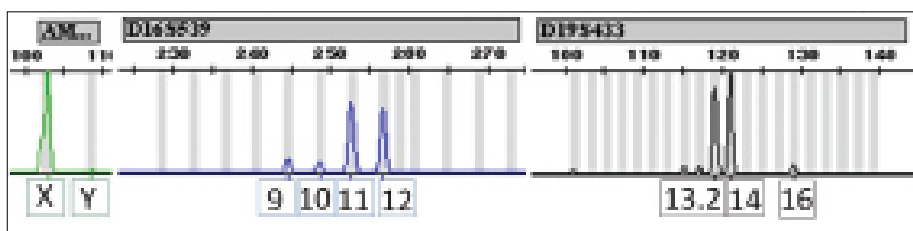
PROOVID	AMEL	D8S1179	D21S11
Proov sündmuskohalt	X,Y	15	29,32.2
Isik A	X,X	13	28,29
Isik B	X,Y	15	29,32.2

Tabel 2. Analüüsitud proovides tuvastatud alleelid.

Segaprofiilid

Segaprofiil on DNA-profiil, mis on pärit rohkem kui ühelt isikult. Segaprofiili korral tuleb esmalt hinnata, mitme isiku DNA-st see segaprofiil võib koosneda. Igal isikul võib olla ühes lookuses maksimaalselt kaks alleeli. Kui uuritavas lookuses on ilmsiks tulnud 3–4 alleeli, siis on tegemist minimaalselt kahe isiku segaprofiiliga, kui 5–6 alleeli, siis minimaalselt kolme isiku segaprofiiliga. Seejärel tuleb vaadata analüüsitud lookuses piikide omavahelelisi kõrgusi, et saada aru, kas on võimalik sellest segaprofiilist eristada mõne isiku DNA-profiili. Kui segaprofiilis on ühe isiku alleelid oluliselt tugevamalt väljendunud, siis nimetatakse seda eristuva DNA-profiiliga segaprofiiliks (ingl *distinguishable mixture*). Kui saadud segaprofiilis ei eristu ühegi isiku DNA-profiili, siis nimetatakse seda profiili eristamatuks segaprofiiliks (ingl *indistinguishable mixture*).

Eristuva DNA-profiiliga segaproovis on ühe isiku DNA-d oluliselt rohkem kui teise isiku (või teiste isikute) DNA-d. Tugevamalt väljendunud ühe isiku alleelid moodustavad **peamise DNA-profiili** (vt joonis 13). Sellise segaprofiili korral on võimalik eristada selle isiku DNA-profiili, kelle DNA-d on selles proovis oluliselt rohkem, ning samuti võib olla võimalik eristada minoorse komponendi (isiku kelle DNA-d on väheses koguses) DNA-profiili.



Joonis 13. Segaprofiil peamise DNA-profiiliga. Lookuses D19S433 asuvad eelpiigid positsioonides 12.2 ja 13.

DNA-profiilid	AMEL	D16S539	D19S433
Segaprofiil	X,Y	9,10,11,12	13.2,14,16
Isik, kelle DNA-d on proovis oluliselt rohkem	X	11,12	13.2,14
Minoorse komponendi võimalikud variandid (kui eeldame, et tegemist on kahe isiku segaprooviga)	X,Y	9,10	16,16 13.2,16 14,16 12.2,16 13,16 16,*

Tabel 3. Joonisel 13 kujutatud DNA-segaprofiili interpreteerimisel saadud võimalikud genotüübid. Rõhutatud kirjas on toodud alleelid, mis ületasid oluliselt teisi sama DNA-piirkonna alleele. Tärniga on tähistatud alleel, mille väärtus ei ole teada.

Joonisel 13 on toodud segaprofiil, mis on pärit vähemalt kahelt isikult (maksimaalne alleelide arv ühes lookuses on 4). Selles segaprofiilis on eristatav peamine profiil. Me näeme, et ühe isiku alleelid on oluliselt kõrgemad kui teise isiku alleelid. DNA-profiili kõige esimeses uuritud lookuses (AMEL) on ilmsiks tulnud nii X- kui ka Y-alleel. Vaadates pilti näeme, et X-alleel on oluliselt kõrgem kui Y-alleel. See näitab, et uuritud proovis on naispäritolu DNA-d oluliselt rohkem kui meespäritolu DNA-d ehk see isik, kellele kuulub peamine profiil, on suure tõenäosusega naissoost.

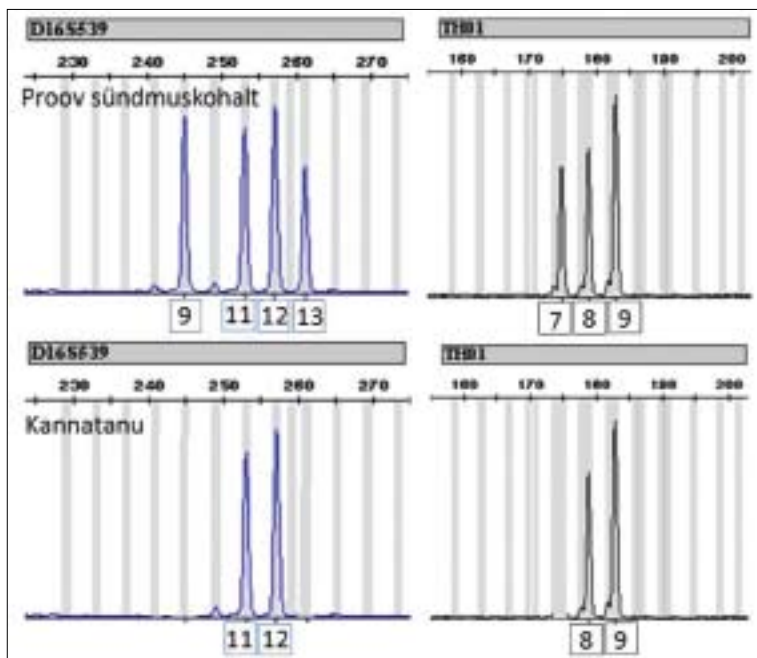
Lookuses tähistusega D16S539 on oluliselt tugevama signaali andnud alleelid 11 ja 12 ning lookuses tähistusega D19S433 alleelid 13.2 ja 14. Need alleelid võivad kuuluda sellele naisisikule, kelle DNA-d on selles proovis tunduvalt rohkem. Minoorse komponendi interpreteerimine võib aga osutada oluliselt keerulisemaks. Minoorse komponendi interpreteerimisel tuleb arvestada, et 1) saatepiik võib maskeerida tegeliku alleeli ehk asetseda kohakuti tegeliku alleeliga; 2) minoorse komponendi alleel võib kattuda peamises profiilis esineva alleeliga; 3) minoorse komponendi kõik alleelid ei ole ilmsiks tulnud.

Joonisel 13 toodud segaprofiili minoorne komponent kuulub meessoost isikule, sest AMEL lookuses on nõrgalt ilmsiks tulnud Y-alleel. Vaadates lookust tähistusega D16S539 näeme, et alleelid 9 ja 10 on oluliselt madalamad. Kui me eeldame, et tegemist on kahe isiku segaprooviga, siis need alleelid võivad kuuluda sellele meesisikule, kelle DNA-d on uuritud proovis väheses koguses. Vaadates lookust tähistusega D19S433 näeme ainult ühte madalamat alleeli (alleel 16). Siinkohal on võimalik mitu genotüüpi (vt tabel 3): 1) minoorne komponent võib olla alleeli 16 homosügoot (genotüübiga 16,16); 2) minoorse komponendi teine alleel võib kattuda peamise profiili alleeliga (võimalikud genotüübid 13.2,16 ja 14,16); 3) minoorse komponendi teine alleel võib kattuda saatepiigiga (võimalikud genotüübid 12.2,16 ja 13,16); 4) minoorse komponendi teine alleel ei ole ilmsiks tulnud (genotüüp 16,*).

Kui minoorse komponendi DNA-d on uuritavas proovis väga vähe, siis

võivad minoorses komponendis tekkida vähese DNA-sisaldusega proovidega seotud probleemid – stohhastilised efektid (vt peatükki “Vähese DNA-sisaldusega proovid”). Näiteks ei ole minoorse komponendi kõik alleelid ilmsiks tulnud.

Eristamatute segaprofiilide korral on võimalik lahendada segaprofiil juhul, kui on teada mõni komponent segaprofiilist. Näiteks kui meil on kannatanult võetud proovid (nt küüned, riided, günekoloogilised proovid), siis sellisel juhul on võimalik n-ö noppida välja kannatanu alleelid. Keeruliseks võib selline lähenemine osutuda juhul, kui kannatanu alleelid kattuvad kurjategija alleelidega. Joonisel 22 on toodud üks näide, kus üleval on toodud sündmuskoha proovi tulemus ning allpool kannatanu genotüüp. Sel juhul ei ole meil ühtegi kahtlusosalust isikut, kelle DNA-profiiliga tulemusi võrrelda. Sündmuskoha tulemust vaadates näeme, et maksimaalselt on ühes lookuses ilmsiks tulnud neli erinevat alleeli. Järelikult on tegemist segaprooviga, kus on bioloogilist materjali vähemalt kahelt isikult. Vaadates kannatanu genotüüpi näeme, et lookuses D16S539 alleelid 11 ja 12 ning lookuses TH01 alleelid 8 ja 9 pärinevad kannatanult. Kuid milline on teise isiku (nimetame ta kurjategijaks) genotüüp? Lookuses D16S539 on peale kannatanu alleelide veel ilmsiks tulnud alleelid 9 ja 13. Me võime oletada, et just need alleelid kuuluvad kurjategijale. Lookuses TH01 on peale kannatanu alleelide ilmsiks tulnud ainult alleel 7. Selle lookuse puhul on võimalikud erinevad variandid. Kurjategija genotüüp lookuses TH01 võib olla: 7, 7 või 7, 8 või hoopiski 7, 9. Selliselt vaatame läbi kõikide lookuste tulemused ning püüame genereerida



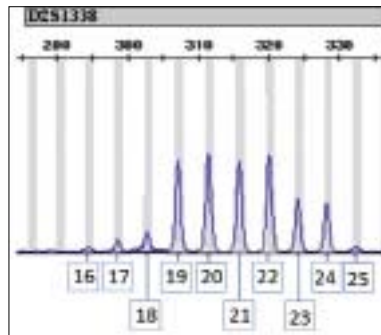
Joonis 14. Sündmuskohalt ja kannatanult võetud proovidest saadud DNA-profiilid. Joonisel on toodud 2 uuritud lookust 16-st.

võimaliku DNA-profiili (või DNA-profiilid), mis võib kuuluda kurjategijale. Seda DNA-profiili (või DNA-profiile) on võimalik võrrelda DNA-andmebaasis talletatud profiilidega. Selleks et DNA-ekspert saaks lahendada eristamatu segaprofiili, on väga oluline saata ekspertiisi kõigi isikute DNA-proovid, kes võisid kokku puutuda ekspertiisimaterjaliga (kannatanud, tunnistajad jne).

Mida enam on ühes lookuses ilmsiks tulnud alleele, seda suuremat arvu isikuid on võimalik selle DNA-profiiliga seostada ja seda väiksem on tõenäosus, et seda profiili saab kasutada usaldusväärsete järelduste tegemiseks.

Näiteks on joonisel 15 toodud segaprofiil vähemalt viie isiku DNA segust. Kuna ilmsiks tulnud alleelide arv on äärmiselt suur, siis ei ole selline tulemus kasutatav isiku usaldusväärseks kindlakstegemiseks.

Eristamatuid segaprofiile saab enamikul juhtudel siiski kasutada kas isikuga seostamiseks või mitteseostamiseks. Segaprofiilide puhul saab ühe segaprofiiliga seostada rohkem kui ühte isikut, mistõttu sõnastatakse segaprofiilide korral tehtavad järeldused suhteliselt tagasihoidlikult.



Joonis 15. Segaprofiil, milles ilmsiks tulnud alleelide arv on liiga suur DNA jälje usaldusväärseks individualiseerimiseks.

Vähese DNA-sisaldusega proovid

Vähese DNA sisaldusega proovide (ingl *low-template* DNA; edaspidi **LT-DNA**) eristamisel on kasutatud erinevaid lähenemisi. Alljärgnevalt on toodud mõned näited (Gill ja Buckleton 2010):

- proovid, kus PCR-i reaktsiooni lisatakse vähem kui 100 pg DNA-d;
- proovid, mille puhul kasutatakse tundlikumaid meetodikaid, näiteks suurendatakse tsüklite arvu PCR-il (32–34 tsüklit) või võimendatakse kapillaarelektroforeesil signaali tugevust;
- proovid, millest saadud DNA-profiilis on näha stohhastilisi efekte (heterosügootne tasakaalustamatus, alleelide *drop-in/drop-out*, kõrged saatepiigid).

Enamasti on vähese DNA-sisaldusega proovid puutejälgedelt võetud DNA-proovid. Kuid samuti võivad vähe DNA-d sisaldada proovid, kus on väga väheses koguses verd, spermat või muud bioloogilist materjali.

Oluline on meeles pidada, et vähese DNA-sisaldusega proovide puhul

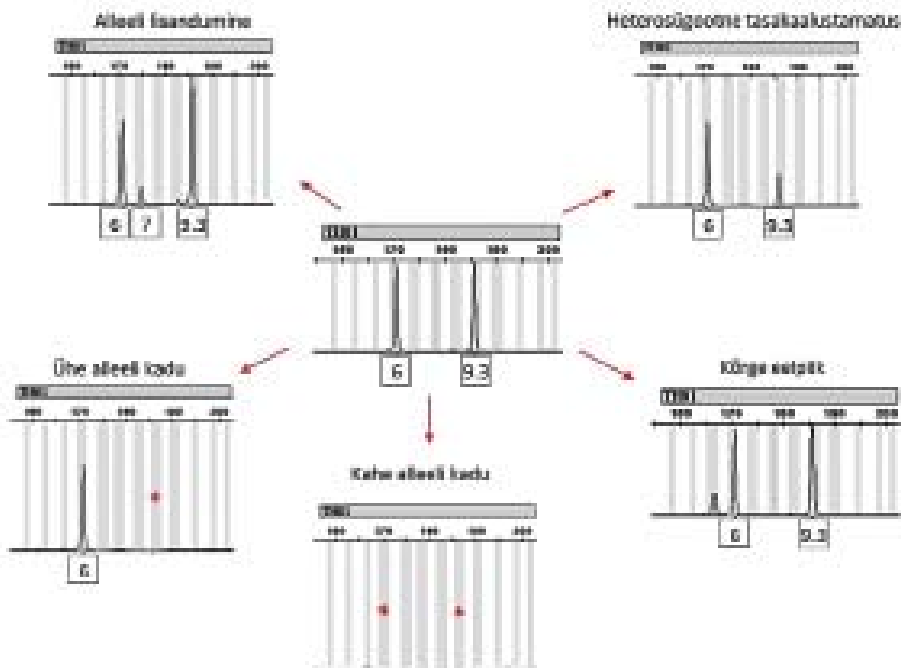
- on sekundaarse ülekande võimalus oluliselt suurem;
- on kontaminatsiooni oht väga suur.

Probleemid LT-DNA proovide interpreetrimisel

Kui DNA-analüüsi tulemusena on alleelid ilmsiks tulnud kõigis uuritavates DNA-piirkondades, siis nimetatakse sellist DNA-profili **täisprofiiliks**. Kui mõnes DNA-piirkonnas ei ole ilmsiks tulnud ühtegi alleeli, siis nimetatakse seda DNA-profili **osaliseks profiiliks**. LT-DNA proovide puhul võibki DNA-analüüsi tulemuseks olla osaline DNA-profiil. Lisaks võivad esineda **stohhastilised efektid**, mis teevad LT-DNA proovide analüüsi tulemuste interpreetrimise üsna keeruliseks.

Stohhastilised efektid võib jaotada neljaks (vt joonis 16).

- **Alleeli lisandumine** (ingl *drop-in*) – DNA-profili tekivad üksikud lisaalleelid, mis ei ole reprodutseeritavad.
- **Alleelne kadu** (ingl *drop-out*) – kõik alleelid ei ole ilmsiks tulnud, st kõikide alleelide amplifitseerimine ei ole õnnestunud. Selle tulemusena võib esineda ka lookuse drop-out.
- **Suurenenud saatepiigid** – amplifitseerimisel võivad tekkida tavalisest kõrgemad eelipiigid ja järelpiigid.
- **Heterosügootne tasakaalustamatus** – heterosügootse lookuse alleelide kõrgused on väga erinevad (lookusesisene tasakaalustamatus enam kui 60%). Heterosügootne tasakaalustamatus tekib, kui PCR-i esimeste tsüklite käigus amplifitseeritakse eelistatult ühte alleeli. Alleeli valik eelistatud amplifitseerimiseks toimub juhuslikkuse alusel.



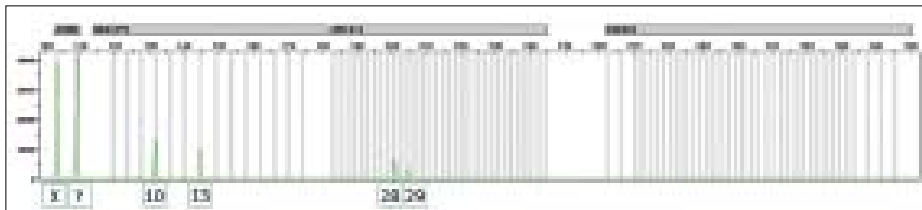
Joonis 16. Keskel on toodud optimaalse DNA-kogusega tulemus ning nooltega näidatud suunas on toodud stohhastilised efektid, mis võivad tekkida vähese DNA-koguse korral.

Stohhastiliste efektide tõttu võib olla keeruline

- eristada saatepiike tegelikest alleelidest;
- otsustada, kas uuritud proovis olev bioloogiline materjal pärineb ühelt või mitmelt isikult;
- otsustada segaproovi puhul, mitme isiku seguga on tegemist;
- seostada isikut prooviga, kui kõik isikul esinevad alleelid ei ole selles proovis ilmsiks tulnud (alleelse kao tõttu).

LAGUNENUD DNA-ga PROOVID

Ebasoodsates keskkonnatingimustes hakkab DNA lagunema ehk **degradeeruma**. DNA molekulid lagunevad nii ensümaatiliste, keemiliste kui ka füüsiliste protsesside tulemusena. Kui organism sureb, siis hakkavad rakus olevad ensüümid (nukleasid) DNA-ahelaid tükeldama. Väliskeskkonnas võivad DNA-d lagundada ka bakterid ja seened, mille elutegevuse tagajärjel vabanevad nukleasid. Samuti laguneb DNA hapniku ja ultraviolettkiirguse toimetel. DNA-molekulide lagunemist kiirendavad kuumus ja niiskus. Enamik kohtu-ekspertiisialases DNA-analüüsi valdkonnas kasutatavaid testsüsteeme amplifitseerivad DNA-fragmente pikkusega 90–500 bp. Kui uuritav DNA on lagunenu väiksemateks fragmentideks, siis pole võimalik nende testsüsteemidega DNA-profiili saada. Joonisel 17 on toodud näide osalisest DNA-profiilist, kus ei ole õnnestunud pikemate DNA-fragmentide süntees.



Joonis 17. Lagunenud DNA puhul ei ole õnnestunud pikemate DNA-fragmentide amplifitseerimine.

DNA degradatsiooni korral võib proovida

- selliste testsüsteemide kasutamist, mis amplifitseerivad lühemaid DNA-fragmente, näiteks mini-STR testsüsteemid;
- mitokondriaalse DNA analüüsimist. mtDNA on väliskeskkonnas oluliselt vastupidavam kui tuumne DNA. Lisaks on mtDNA

koopiaarv raku kohta sadu kuni tuhandeid kordi suurem kui tuumse DNA puhul;

- SNP-de analüüsimist.

DNA-TÕENDI TUGEVUS

DNA-analüüsi eesmärk on teha kindlaks, kas sündmuskohalt võetud proovis sisalduv bioloogiline materjal saab pärineda võrdlusisikult. DNA-profiilide võrdlemisel saadud tulemused võib üldistatult jagada kolmeks:

- **kinnitav tulemus** (ingl *inclusion*): võrreldavad DNA-profiilid on omavahel seostatavad;
- **väljavõetav tulemus** (ingl *exclusion*): võrreldavad DNA-profiilid ei ole omavahel seostatavad;
- **usaldusväärset järeldust mittevõimaldav tulemus** (ingl *inconclusive*): pole võimalik teha ei kinnitavat ega välistavat järeldust.

Kui sündmuskohalt ja kahtlusaluselt võetud proovidest saadud DNA-profiilid on omavahel kokkulangevad, siis tekib kohe küsimus: kui tugev see tulemus/järeldus on? Proovid võivad anda kokkulangeva tulemuse mitmel juhul:

- **proovid pärinevad samast allikast:** st, et sündmuskohalt võetud proovis olev bioloogiline materjal (veri, sperma, puutejalg jne) pärineb võrdlusproovi andnud isikult;
- **kokkulangemine on juhuslik:** st, et sündmuskohalt võetud proovis olev bioloogiline materjal pärineb tegelikult kelleltki teiselt. Kokkulangevuse andnud isikul ja tegelikul doonoril on identne geneetiline profiil uuritud lookuste puhul;

Nii DNA-ekspert kui ka kohus (ja teised asjast huvitatud osapooled) soovivad teada, milline neist variantidest on kõige tõepärasem. Kui kokkulangevat DNA-profiili on leitud ainult ühel isikul (või väga vähestel isikutel), siis on üsna suur võimalus, et sündmuskoha proov pärineb võrdlusproovi andnud isikult. Sellisel juhul on tegemist üsna tugeva tõendiga. Ja vastupidi, kui suurel osal populatsioonist on samuti kokkulangevuse andnud DNA-profiili, võib tegemist olla juhusliku kokkulangevusega ning sellisel juhul on tõendi väärtus langenud. See võib juhtuda ka juhul, kui analüüsitava proovis on halva kvaliteediga DNA või väheses koguses DNA-d, mistõttu tulemuseks on osaline DNA-profiil. Samuti väheneb tõendi väärtus, kui me kasutame DNA analüüsimisel väikese diskrimineerimisvõimega meetodikat. (Rudin ja Inman 2002: 142.) Järgmised alapeatükid kirjeldavad kõige enam levinud meetodeid DNA-tõendi tugevuse hindamiseks.

Genotüübisageduse ja RMP arvutamine

Peale kokkulangevuse saamist tekib küsimus: kui suur on tõenäosus, et liiks võrdlusisikule on ka kellelgi teisel sündmuskohalt saadud DNA-profiiliga identne DNA-profiil? Ehk teisisõnu: milline on tõenäosus, et tegemist on juhusliku kokkulangevusega (ingl *random match probability*; edaspidi **RMP**). Vastuse saamiseks tuleb esmalt arvutada kokkulangeva genotüübi sagedus. Saadud arv näitab kokkulangeva genotüübi esinemissagedust uuritud populatsioonis. Genotüübisageduse arvutamisel lähtutakse Hardy-Weinbergi seadusest (nimetatakse ka populatsiooni geneetilise tasakaalu seaduseks). Selle seaduse kohaselt on suures vabalt ristuvast populatsioonis alleelisagedused põlvkonnast põlvkonda muutumatud eeldusel, et populatsioonis ei esine mutatsioone, migratsiooni, loodusliku valikut ega geenitriivi. Lisaks on isendite arvukus populatsioonis püsivalt suur (statistilises mõttes lõpmatu). Sellist populatsiooni nimetatakse geneetilises mõttes ideaalseks populatsiooniks.

Hardy-Weinbergi seadus matemaatilisel kujul

(2-alleelse lookuse jaoks):

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p ja q tähistavad alleelisagedusi

Allpool on näide, mis illustreerib Hardy-Weinbergi seadust. Inimese vererakud võivad toota nii M kui ka N antigeeni. Neid antigeene toodavad sama geeni kaks alleelset varianti. Alleeli M suhtes homosügooidid toodavad ainult M antigeeni, alleeli N suhtes homosügooidid aga ainult N antigeeni. Heterosügootide vererakud toodavad nii M kui ka N antigeene. Vastavad genotüübi sagedused arvutatakse järgmiselt:

$$\text{genotüübi MM sagedus} = p^2$$

$$\text{genotüübi MN sagedus} = 2pq$$

$$\text{genotüübi NN sagedus} = q^2$$

Oletame, et alleelid M ja N esinevad valgete inimeste populatsioonis sagedusega vastavalt 0,547 ja 0,453. Sellisel juhul oleksid genotüübi sagedused leitavad järgmiselt:

$$\text{genotüübi MM sagedus} = 0,547 \times 0,547 = 0,299209$$

$$\text{genotüübi MN sagedus} = 2 \times 0,547 \times 0,453 = 0,495582$$

$$\text{genotüübi NN sagedus} = 0,453 \times 0,453 = 0,205209$$

Kuna tegelikus populatsioonis valitsevad tingimused ei vasta tavaliselt ideaalsele, on soovitatav lisada neile valemitele korrektsiooniks koefitsient teeta (θ). NRCII raport soovib suure populatsiooni korral teeta väärtuseks võtta 0,01 ja väikse isoleeritud populatsiooni korral 0,03.

Järgmiselt on toodud kaks viisi genotüübi sageduse arvutamiseks (Balding ja Nichols 1994, National Research Council 1996, SWGDAM 2010):

1)	
Homosügootse genotüübi sagedus =	$p^2 + p(1 - p)\theta$
Heterosügootse genotüübi sagedus =	$2pq$
2)	
Homosügootse genotüübi sagedus =	$\frac{(2\theta + (1 - \theta)p)(3\theta + (1 - \theta)p)}{(1 + \theta)(1 + 2\theta)}$
Heterosügootse genotüübi sagedus =	$\frac{2(\theta + (1 - \theta)p)(\theta + (1 - \theta)q)}{(1 + \theta)(1 + 2\theta)}$

Kohtuekspertiisialastes DNA-analüüsidest kasutatavad markerid ei ole reeglina omavahel aheldunud. See tähendab, et nad asuvad kromosoomides üksteisest füüsiliselt piisavalt kaugel ning päranduvad järglastele edasi vabalt kombineerudes. Sellest tulenevalt võib DNA-profili esinemissageduse leidmiseks korrutada omavahel kõikide uuritud lookuste genotüübisagedused. DNA-profili esinemissagedus võib olla antud nii kümnendmurruna (nt 1×10^{-12}) kui ka kujul: ühel isikul nii mitme isiku kohta (DNA-profili esineb sagedusega ühel isikul 1×10^{12} isiku kohta).

DNA-profili esinemissagedus on ühtlasi ka juhusliku kokkulangemise tõenäosus ehk RMP. Oluline on meeles pidada, et RMP ei näita: 1) tõenäosust, et keegi teine on süüdi; 2) tõenäosust, et hoopis keegi teine jättis oma DNA sündmuskohale; 3) tõenäosust, et süüdistatav ei ole süüdi. RMP näitab, kui suur on tõenäosus, et (populatsioonist) juhuslikult valitud isik omab sündmuskohalt saadud DNA-profiiliga identset DNA-profili. RMP väärtus antakse enamasti kujul $1/XXX$ (nt üks miljonist).

Tõepärasuhte ehk LR-i arvutamine

Teine võimalus tõendi tugevuse hindamiseks on arvutada **tõepära suhe** (ingl *likelihood ratio*; edaspidi **LR**). LR-i väärtuse leidmiseks tuleb esmalt püstitada hüpotees ja vastandhüpotees (neid võib nimetada ka süüdistaja ja kaitsja hüpoteesideks). Hüpoteesiks võib olla näiteks väide, et sündmuskohalt võetud proovis olnud DNA pärineb kahtlusaluselt isikult ja vastandhüpoteesiks väide, et sündmuskohalt võetud proovis olnud DNA pärineb kelleltki teiselt juhuslikult valitud isikult (kes ei ole kahtlusalusega suguluses). Hüpoteesi ja vastandhüpoteesi tõenäosuste jagatis annabki tõepära suhte.

P = tõenäosus

E = DNA-tõend

H₁ = süüdistaja hüpotees

H₂ = kaitsja hüpotees

I = informatsioon, mis ei põhine DNA-l

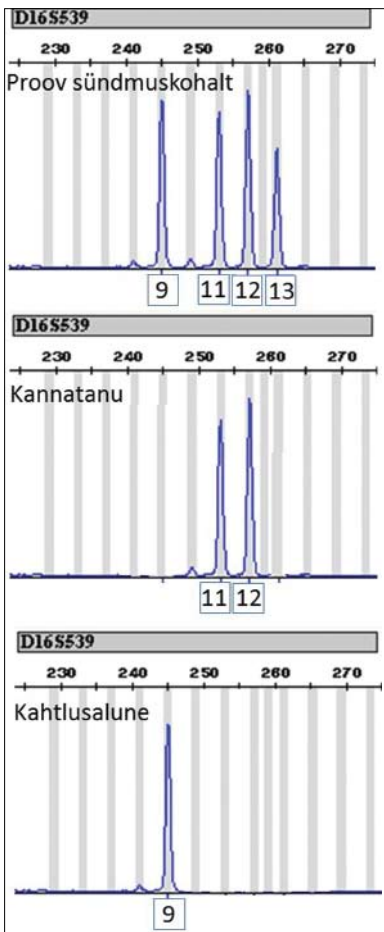
$$LR = \frac{P(E | H_1, I)}{P(E | H_2, I)}$$

Kui süüdistaja hüpotees on tõene, on kahtlustatava DNA esinemise tõenäosus sündmuskohalt võetud proovis võrdne ühega. Sellisel juhul on murru lugejas arv üks. Kui kaitsja hüpotees on tõene, siis sellisel juhul on tundmatu isiku esinemise tõenäosus sündmuskoha proovis võrdne saadud DNA-profiili esinemissagedusega. Toome ühe näite, kus DNA-profiili esinemissageduseks on 1/1 000 000.

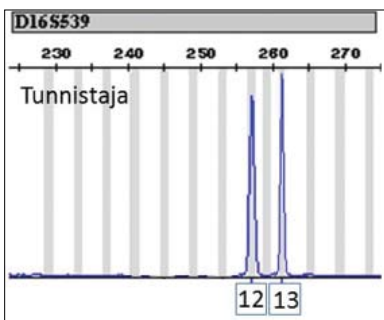
$$LR = \frac{P(E | H_1)}{P(E | H_2)} = \frac{1}{1/1\,000\,000} = \frac{1\,000\,000}{1} = 1\,000\,000$$

Tõenäosus saada antud DNA-profiil on 1 000 000 korda tõenäolisem juhul kui on tõene süüdistaja hüpotees (H₁), kui et on tõene kaitsja hüpotees (H₂). Ehk teisisõnu, tõenäosus saada antud DNA-profiil on 1 000 000 korda tõenäolisem juhul, kui sündmuskohalt võetud proovis olnud DNA pärineb kahtlusaluselt, kui et see pärineb kelleltki teiselt juhuslikult valitud isikult.

Segaproovide puhul on võimalik püstitada ka mitu erinevat hüpoteesi. Mitme erineva hüpoteesi korral saadakse ka erinevad LR-väärtused. Joonisel 18 on toodud näide ühest segaprofiilist ning on antud kannatanu ja kahtlusaluse DNA-profiilid. Toodud näite alusel võib süüdistaja pidada tõepäraseks näiteks hüpoteesi, et sündmuskohalt saadud segaproovis olnud DNA pärineb kannatanult (11, 12), kahtlusaluselt (9, 9) ja veel ühelt tundmatult isikult (13, 13). Seevastu näiteks kaitsja võib pidada tõepäraseks hüpoteesi, et sündmuskohalt saadud segaproovis olnud DNA pärineb kannatanult (11, 12) ja ühelt tundmatult isikult (9, 13).



Joonis 18. Sündmuskohalt, kannatanult ja kahtlusaluselt võetud proovidest saadud DNA-analüüsi tulemus lookuses D16S539.



Joonis 19. Tunnistaja DNA-profiil.

Oletame, et mõni aeg hiljem saadetakse analüüsimiseks veel üks isik, kellel võib juhtumiga seos olla. Nimetame selle isiku tunnistajaks (vt joonis 19). DNA-labor viib läbi võrdluse tunnistaja võrdlusproovist saadud DNA-profiiliga ning annab välja ekspertiisiakti, kus on kirjas, et sündmuskohalt võetud proovis ei saa välistada tunnistajalt pärineva bioloogilise materjali sisaldumist.

Kuna juhtumi asjaolud on vahepeal muutunud, siis võivad süüdistaja ja kaitsja püstitada uued hüpoteesid, mida nad nüüd peavad kõige tõepärasemaks. Näiteks võib süüdistaja püstitada hüpoteesi, et sündmuskohalt saadud segaproovis olnud DNA pärineb kannatanult (11, 12), kahtlusaluselt (9, 9) ja tunnistajalt (12, 13).

Muutunud olukorras võib kaitsja endiselt esitada sama hüpoteesi – sündmuskohalt saadud segaproovis olnud DNA pärineb kannatanult (11, 12) ja ühelt tundmatult isikult (9, 13). Kuid võib ka püstitada uue hüpoteesi – sündmuskohalt saadud segaproovis olnud DNA pärineb kannatanult (11, 12), tunnistajalt (12, 13) ja ühelt tundmatult isikult.

CPE/CPI arvutamine

CPE (ingl *combined probability of exclusion*) arvutus hindab seda, kui suur osa (defineeritud) populatsioonist ei sobi antud segaproovi doonoriks (st isikud, kellel vähemalt üks alleel, ei ole segaproovis leitav). Kõigepealt leitakse iga lookuse PE (ingl *probability of exclusion*) väärtus ning hiljem kombineeritakse kõikide lookuste PE väärtused CPE väärtuseks.

Valem PE arvutamiseks:

$$PE = 1 - (P_1 + P_2 + \dots + P_n)^2; P \text{ tähistab alleelisagedust.}$$

Arvutuskäik joonisel 20 esitatud segaproofiili PE väärtuste leidmiseks on järgmine.

Arvutuse tegemiseks kasutame populatsiooni X alleelisagedusi:

alleel 9 – 0,09

alleel 11 – 0,27

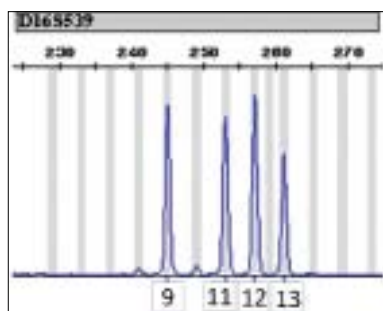
alleel 12 – 0,36

alleel 13 – 0,19

$$PE = 1 - (0,09 + 0,27 + 0,36 + 0,19)^2 = 0,172$$

See tähendab, et populatsioonis X ligikaudu 17% isikutest ei saa olla selle segaproovi doonorid.

CPE väärtuse saamiseks kombineeritakse omavahel kõikide lookuste PE väärtused alljärgneva valemi abil:



Joonis 20. Segaproofiil.

$$CPE = 1 - [(1 - PE_1) \times (1 - PE_2) \times \dots \times (1 - PE_n)]$$

Samamoodi on võimalik arvutada ka CPI väärtus (ingl *combined probability of inclusion*). CPI arvutus hindab, kui suur osa (defineeritud) populatsioonist sobib segaproovi doonoriks (st kui suur osa populatsioonist on isikud, kelle kõik alleelid on selles segaproovis leitavad).

$$\text{Valem CPI arvutamiseks: } CPI = 1 - CPE$$

Kui alustada CPI arvutamisest, siis on valemid järgmised:

$$PI = (P_1 + P_2 + \dots + P_n)^2$$

$$CPI = PI_1 \times PI_2 \times \dots \times PI_n$$

$$CPE = 1 - CPI$$

CPE ja CPI arvutamisel ei võeta arvesse piikide omavahelisi kõrgusi ning isikute arvu, kelle DNA-st võiks see segaproov koosneda.

KOHTUEKSPERTIIISIALSTES DNA-ANALÜÜSIDES KASUTATAVAD STR-MARKERID

Kohtuekspertiisialaste DNA-analüüside puhul on analüüsitav materjal väga mitmekesine, tihti lagunened ning võib sisaldada mitmesuguseid aineid, mis takistavad DNA analüüsimist. Seetõttu on oluline, et uuritavad DNA järjestused oleksid võimalikult lühikesed. Enamikus testsüsteemides jäävad uuritavate lookuste pikkused vahemikku 90–500 bp. Lühemate DNA-fragmentide analüüsimisel on võimalik saada paremaid tulemusi lagunened ja/või PCR-i inhibiitoreid sisaldavast DNA-st. Lagunened DNA uurimiseks on välja töötatud ka spetsiaalseid testsüsteeme, kus uuritavate lookuste pikkused jäävad vahemikku 70–290 bp (mini-STR-id).

Väga suur osa analüüsitavatest proovidest on segaproovid, st need sisaldavad bioloogilist materjali rohkem kui ühelt isikult. Seetõttu on oluline, et valitud markerite saatepiigid oleksid võimalikult madalad (vt peatükki “Saatepiigid”). Kohtuekspertiisialaste DNA-analüüside puhul kasutatakse enamasti tetranukleotiidseid ehk neljanukleotiidseid kordusi, mille puhul saatepiigid jäävad enamasti alla 15%. Näiteks dinukleotiidsete korduste puhul võivad saatepiigid olla enam kui 30% tegelikust alleelist, mis teeks segaproovide interpreteerimise väga keeruliseks.

Peale eelmainitu on STR-markerite valimisel olulised ka järgmised kriteeriumid: 1) erinevad markerid peavad asuma erinevates kromosoomides või samas kromosoomis üksteisest väga kaugel – mitte valida aheldunud markereid; 2) markerite mutatsiooni tase peab olema madal; 3) markerid peavad olema töökindlad ja reprodutseeritavad ka koos teiste markeritega; 4) markeritel peab olema suur diskrimineerimisvõime. (Gill jt 1996, Carracedo ja Lareu 1998.)

Selleks, et DNA-analüüsil saadud andmed oleks võrreldavad ka teistes laborites saadud DNA-profiilidega, tuleks kasutada samu markereid ehk uurida samu DNA-piirkondi. Ameerika Ühendriikides valiti 1997. aastal välja 13 STR-lookust (ingl *core STR loci*), mida kõik laborid terves riigis hakkasid kasutama (Budowle jt 1998). 1999. aastal valiti ka Euroopas välja n-ö kohustuslikud STR-lookused, mida kõik Euroopa riigid pidid hakkama analüüsi-

ma (Schneider 2009). Väljavalitud lookuste komplekt nimetati ESS lookusteks (ingl *European Standard Set*).

Esialgu kuulus ESS-i ainult seitse lookust, kuid mida suuremaks kasvasid riikide DNA-andmebaasid, seda suuremaks muutus vajadus suurendada ESS lookuste arvu (Gill jt 2006a, Gill jt 2006b). Seda tehti ennekõike selleks, et vältida valepositiivsete kokkulangevuste saamist DNA-andmebaasis otsingu tegemisel nii riigisiselt kui ka DNA-andmete vahetamisel riikide vahel. 2009. aastal otsustatigi laiendada ESS lookuste arvu viie uue lookuse võrra. Uus ESS sisaldab nüüd 12 lookust (vt tabel 4). 2010. aastal alustati Ameerika Ühendriikides diskussiooni, et laiendada lookuste arvu 13-lt 18-ni (lisades viis uut ESS lookust) (<http://www.fbi.gov/about-us/lab/codis/>). 2012. aasta lõpuks ei olnud veel otsust vastu võetud. Paljud Euroopa riigid, nagu näiteks Läti, Leedu, Holland, Soome, Rootsi, Taani ja Suurbritannia, on kasutanud samu lookuseid, mis Eestis. Seevastu näiteks Saksamaa on kasutanud pisut erinevat lookuste komplekti. Ka Ameerika Ühendriigid on kasutanud osaliselt teistsugust lookuste komplekti (vt tabel 4). (<http://www.cstl.nist.gov/srbase/coreSTRs.htm>.)

Vana ESS	Uus ESS	Interpol	Eesti enne 2013	Eesti 2013	Saksamaa enne 2013	Saksamaa 2013	USA
FGA	FGA	FGA	FGA	FGA	FGA	FGA	FGA
TH01	TH01	TH01	TH01	TH01	TH01	TH01	TH01
VWA	VWA	VWA	VWA	VWA	VWA	VWA	VWA
D3S1358	D3S1358	D3S1358	D3S1358	D3S1358	D3S1358	D3S1358	D3S1358
D8S1179	D8S1179	D8S1179	D8S1179	D8S1179	D8S1179	D8S1179	D8S1179
D18S51	D18S51	D18S51	D18S51	D18S51	D18S51	D18S51	D18S51
D21S11	D21S11	D21S11	D21S11	D21S11	D21S11	D21S11	D21S11
			D16S539 D2S1338 D19S433 Amelogenin	D16S539 D2S1338 D19S433 Amelogenin	Amelogenin	D16S539 D2S1338 D19S433 Amelogenin	Amelogenin
	D1S1656 D2S441 D10S1248 D12S391 D22S1045			D1S1656 D2S441 D10S1248 D12S391 D22S1045		D1S1656 D2S441 D10S1248 D12S391 D22S1045	
					SE33	SE33	CSF1PO TPOX D5S818 D7S820 D13S317

Tabel 4. ESS-i ja Interpoli kohustuslikud lookused ning Eestis, Saksamaal ja USA-s analüüsivad lookused. Rohelisel taustal on toodud vanad ESS lookused ning kollasel taustal lisanduvad uued ESS lookused.

DNA-ANDMEBAAS

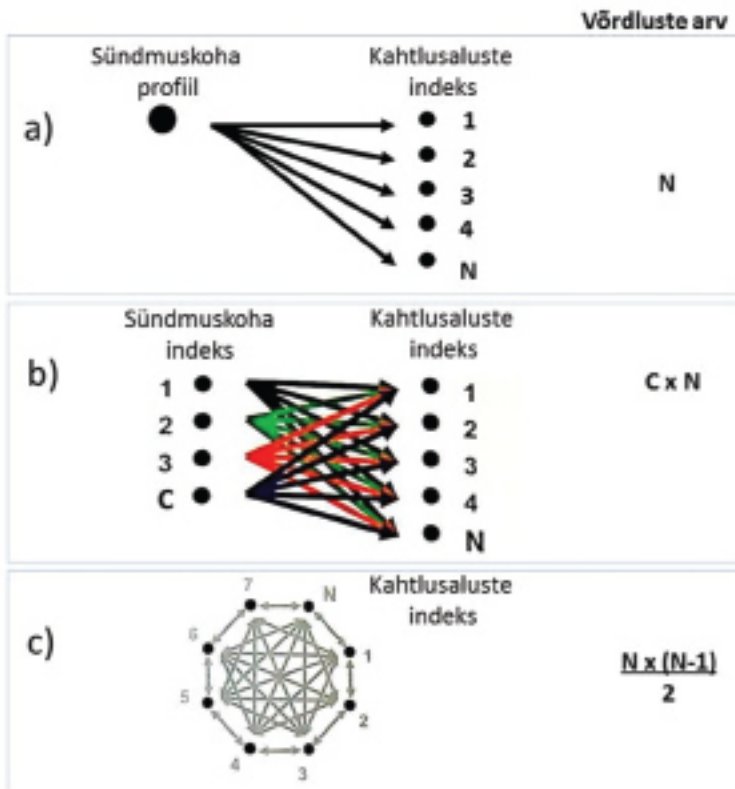
Kõige esimene DNA-andmebaas loodi Inglismaal 1995. aastal. Esimese viie aastaga sisestati andmebaasi üle 500 000 DNA-profiili. DNA-andmebaasi kasutamine aitas kaasa rohkem kui 50 000 kriminaaluurimisele. 2010. aastaks oli Inglismaa andmebaasis üle nelja miljoni DNA-profiili.

13. oktoobril 1998. aastal tõi FBI (*Federal Bureau of Investigation*) turule üle riigi kasutatava DNA-andmebaasi tarkvara nimega CODIS (*Combined DNA Index System*). 2010. aastaks oli USA CODIS-es rohkem kui üheksa miljonit DNA-profiili. Nende ridade kirjutamise ajal kasutavad paljud riigid üle terve maailma (seal hulgas ka Eesti) CODIS-e tarkvara, kuid endiselt on ka neid DNA-laboreid, kes kasutavad DNA-andmete hoiustamiseks ja töötlemiseks enda loodud tarkvara. (Butler 2011: 213, 219.)

CODIS-esse andmete sisestamisel valitakse igale sisestatud profiilile vastav proovikategooria, mis seda profiili iseloomustab (nt kahtlusalune, ühelt isikult pärinev sündmuskoha profiil, bioloogiline ema jne). Proovikategooriad on omakorda grupeeritud indeksite alla. Näiteks võib indeks nimega “kahtlusalused” sisaldada kolme proovikategooriat: kahtlusalused, arreteeritud ja süüdimõistetud. Kui võrrelda DNA-profiili andmebaasis varem talletatud profiilidega, tehakse võrdlus ainult kindlate indeksitega (st mitte terve andmebaasiga). Kui me võrdleme sündmuskohalt saadud profiili indeksiga “kahtlusalused”, siis võrreldakse seda proovi kõikide selle indeksi all olevate proovikategooriatega. Taoline indeksite ja proovikategooriate süsteem võimaldab DNA-andmebaasi struktureerida ning teha otsinguid vaid valitud indeksite vahel.

Andmete otsimise/võrdlemise võimalused CODIS-es on järgmised.

- DNA-profiili ühekordne otsing andmebaasis olevate profiilide vastu. Sellisel juhul ei talletata saadud DNA-profiili andmebaasi. Harilikult tehakse otsing kindlate indeksite vastu, st ei võrrelda kõigi andmebaasis olevate DNA profiilidega (vt joonis 21, a).
- DNA profiil talletatakse andmebaasi ja võrreldakse andmebaasis olevate profiilidega. Tavaliselt võrreldakse ainult kindlate indeksitega, st mitte kõigi andmebaasis olevate DNA profiilidega (nt otsitakse sündmuskoha proovist saadud profiili kahtlusaluste ja sündmuskoha proovide indeksite vastu; vt joonis 21, a).
- Erinevaid indekseid otsitakse erinevate indeksite vastu (vt joonis 21, b).
- Indeksisisene otsing ehk Arizona-otsing: näiteks kahtlusaluste indeksit otsitakse kahtlusaluste indeksi vastu. Enamasti tehakse seda kvaliteedi tagamise eesmärgil. Taolise otsingu tulemusena on võimalik tuvastada DNA-profiile, mida on korduvalt sisestatud (isiku profiilid) ja/või mille puhul on sisestamisel tehtud vigu (vt joonis 21, c).



Joonis 21. CODIS-e otsingute tüübid ja võrdluste arvud.

Eesti kasutab CODIS-e tarkvara alates aastast 2004. 2013. aasta alguseks oli Eesti DNA-andmebaasis rohkem kui 45 000 DNA-profiili. DNA-profiilide talletamine, kustutamine ning otsimine DNA-andmebaasis on reguleeritud Eesti Vabariigis kehtivate seaduste, määruste ning käskkirjadega.

DNA-andmebaasis tehtud otsingul saadud kokkulangevuste puhul tuleb arvesse võtta, et saadud kokkulangevus võib olla valepositiivne ehk juhuslik tulemus (ingl *adventitious match*). See tähendab, et kaks DNA-profiili ei pärine tegelikult ühest ja samast bioloogilisest allikast, vaid tegemist on juhusliku kokkulangevusega. Seetõttu tuleb taoliste leidude tõepära alati kontrollida ka muude tõendite suhtes. Valepositiivse leiu saamise tõenäosus sõltub mitmesugustest faktoritest, sealhulgas andmebaasi suuruselt, sellest, kas andmebaasis on sugulaste DNA-profiile, andmebaasi talletatud profiilide kvaliteedist ning otsitavate profiilide kvaliteedist.

Prümi leping

2005. aasta mais kirjutasid seitse Euroopa riiki alla Prümi lepingule, mille eesmärk on lihtsustada DNA-profiilide, sõrmejälgede ning sõiduki registriandmete vahetust nende seitsme riigi vahel. Kaks aastat hiljem võttis Euroopa Liidu komisjon Prümi lepingu vastu, mille tulemusena pandi kohustus kõigile Euroopa Liidu liikmesriikidele hakata vahetama DNA-profiile, sõrmejälgi ning sõiduki registriandmeid. Lepingu kohaselt peab liikmesriikide vahel toimuma automatiseeritud andmetevahetus. Igal riigil on oma DNA-andmebaas, milles olevaid DNA-profiile otsitakse teise riigi andmebaasi vastu. Vahetatavate DNA-profiilide kategooriad sõltuvad iga riigi seadustest. Enamiku riikide puhul on lubatud vahetada kahtlusaluste ja/või süüdimõistete ning ühelt isikult pärinevaid sündmuskoha profiile. On riike, kus on lubatud vahetada ka tuvastamata isikute DNA-profiile. 2012. aasta keskel sai Eesti Euroopa Komisjonilt loa alustada DNA-andmete vahetusega.

Y-KROMOSOOMI ANALÜÜS

Y-kromosoomi ehk meessugukromosoomi analüüsi saab kasutada väga mitmel juhul, näiteks kohtuekspertiisialastes DNA-analüüsid, põlvemise analüüsid ja inimese migratsiooni ajaloo uurimisel. Y-kromosoom on olemas ainult meesisikutel ning pärandub edasi isalt pojale. Selle tulemusena on kõigil sama meesliini pidi põlvnevatel meesisikutel sama Y-kromosoomi haplotüüp. Tabelis 5 on toodud Y-kromosoomi analüüsi eelised ja puudused autosoomsete markerite analüüsiga võrreldes.

Eelised	Puudused
<ul style="list-style-type: none"> • Võimaldab uurida segaproove, kus on palju naisisikult pärinevat bioloogilist materjali ning väga väheses koguses meesisikult pärinevat bioloogilist materjali. • Pärandub edasi isalt pojale, mis võimaldab läbi viia põlvnemise analüüsi juhtudel, kus autosoomsete markerite analüüs ei ole enam piisavalt informatiivne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei võimalda vahet teha sama meesliini pidi põlvnevate meesisikute vahel. • Kuna Y-kromosoomi analüüsil kasutatavad lookused päranduvad edasi koos, st ei toimu rekombinatsiooni lookuste vahel, siis Y-kromosoomi diskrimineerimisvõime on piiratud populatsiooni andmebaasi suurusega. • Duplikatsioonid ja deletsioonid võivad teha keeruliseks tulemuste interpreteerimise.

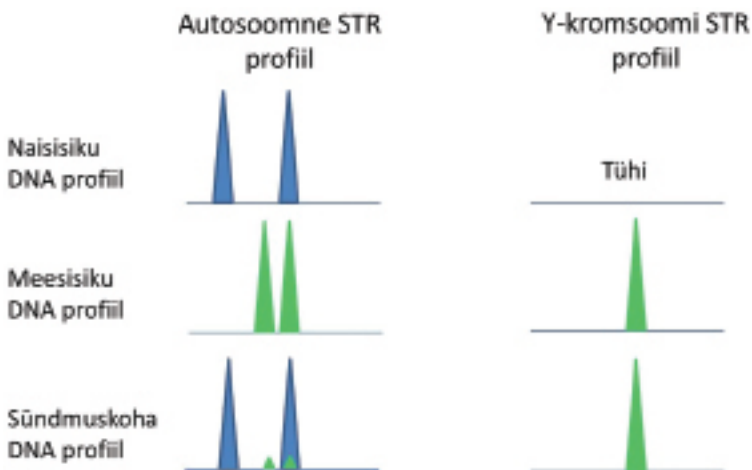
Tabel 5. Y-kromosoomi analüüsi eelised ja puudused.

Y-kromosoomi analüüs annab väga väärtusliku informatsiooni segaproovide puhul, kus meil on palju naisisikult pärinevat bioloogilist materjali ja väga vähe meesisikult pärinevat bioloogilist materjali. Mõned näited:

- naispäritolu kannatanult pärast vägistamist võetud günekoloogilised proovid, kus on väga vähe meespäritolu bioloogilist materjali;
- naispäritolu kannatanult küünte alt või keha pinnalt võetud proovid (kui kuriteo toimepanija on meesisik);
- naispäritolu kannatanu riideesemetelt või muudelt objektidelt võetud proovid (kui kuriteo toimepanija on meesisik);

Segaproovist, kus naispäritolu DNA-d on mitu korda rohkem kui meespäritolu DNA-d, võib autosoomsete markerite analüüsimisel saada:

- segaprofiili naispäritolu peamise DNA-profiiliga ja meespäritolu minoorse komponendiga, kus on ilmsiks tulnud kõik meesisikul esinevad alleelid.
- segaprofiili naispäritolu peamise DNA-profiiliga, kus esineb üksikuid lisaallelele, mis kattuvad meesisikule esinevate alleelidega. Meesisikul esinevad ülejäänud alleelid võivad kattuda naisisiku alleelidega, eelpiigi positsioonis olevate piikidega ja/või pole materjali vähesusest tingituna ilmsiks tulnud. Taolisel juhul annab Y-kromosoomi analüüs juurde väga olulist informatsiooni (vt joonis 22);
- ühelt isikult pärinev naispäritolu DNA-profiil. Sellisel juhul me ei tea, kas uuritav proov ei sisalda meespäritolu DNA-d või on seda liiga vähe, võrreldes naispäritolu DNA-ga. Et teada saada,



Joonis 22. DNA-profiil, mis on saadud proovist, kus naispäritolu DNA-d on oluliselt rohkem kui meespäritolu DNA-d. Isiku alleelid, kelle DNA on ülekaalus, võivad maskeerida selle isiku alleele, kelle DNAd on vähe.

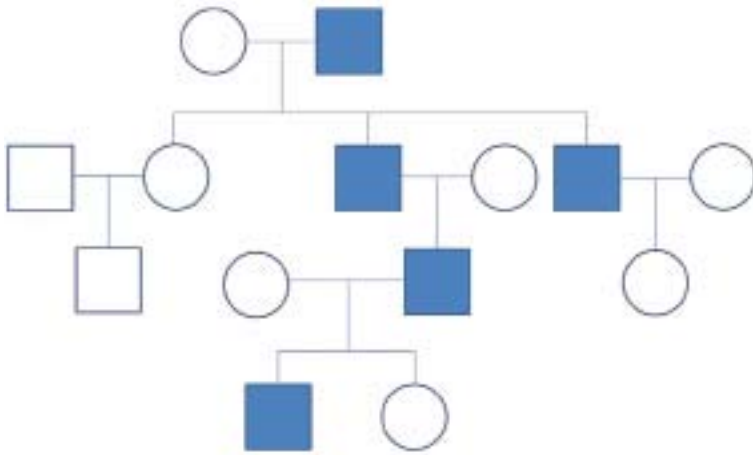
kas ja kui palju sisaldab uuritav proov meespäritolu DNA-d, tuleb teha meespäritolu DNA-kontsentratsiooni mõõtmise. Piisava meespäritolu materjali sisaldumisel annab Y-kromosoomi analüüs juurde väga olulist informatsiooni.

Kuna Y-kromosoomi haplotüüp on kõigil sama meesliini sugulastel identne, siis saab ainult väita, et tegemist võib olla kahtlusalusega, kuid samamoodi võib see bioloogiline materjal pärineda kahtlusaluse isalt, pojalt, vanaisalt jne. Seetõttu on Y-kromosoomi analüüsi diskrimineerimisvõime üsna väike, võrreldes autosoomsete markerite analüüsiga.

Y-kromosoomi analüüsi diskrimineerimisvõimet vähendab veelgi asjaolu, et Y-kromosoomi analüüsil kasutatavad lookused päranduvad edasi koos, st ei toimu rekombinatsiooni lookuste vahel ning seetõttu on Y-kromosoomi diskrimineerimisvõime piiratud populatsiooni andmebaasi suurusega. Y-kromosoomi haplotüübi sageduse määramiseks kasutatakse populatsiooni andmebaasi ja n-ö loendamise meetodit. Selleks tehakse otsing Y-kromosoomi andmebaasis ja saadakse tulemusteks vaste, mitu korda samasugust haplotüüpi andmebaasis esineb.

Üks suuremaid Y-kromosoomi andmebaase, mida kasutatakse, on YHRD (Y Chromosome Haplotype Reference Database, <http://www.yhrd.org/>). Kui sündmuskohaga seotud proovist saadud Y-kromosoomi haplotüüp langeb kokku võrdluisiku Y-kromosoomi haplotüübiga, siis saab väita, et antud Y-kromosoomi haplotüübid on omavahel kokkulangevad ning et saadud kokkulangevat Y-kromosoomi haplotüüpi on seni esinenud ühel isikul teatud arvu isikute kohta (nt kuue tuhande isiku kohta; see sõltub andmebaasi suurusest). Kui sündmuskohaga seotud proovist saadud Y-kromosoomi haplotüüp ei lange kokku võrdluisiku Y-kromosoomi haplotüübiga, siis saame väita, et proovis olnud meespäritolu DNA ei pärine võrdluisikult.

Erinevalt kriminalistika analüüsides on põlvnemise analüüsides puhul see suur pluss, et kõigil sama meesliini pidi põlvnevatel isikutel on identne Y-kromosoomi haplotüüp. Sellest tulenevalt annab Y-kromosoomi uuring väga olulist informatsiooni juhtudel, kus isikud asuvad sugupuus üksteisest nii kaugel, et autosoomsete markerite analüüs ei ole enam piisavalt informatiivne. Joonisel 23 on toodud sugupuu, kus siniste ruutudega on tähistatud meessoost isikud. Ringidega on tähistatud naissoost isikud. Y-kromosoomi analüüs võimaldab tuvastada siniste ruutudega tähistatud isikute sugulust.

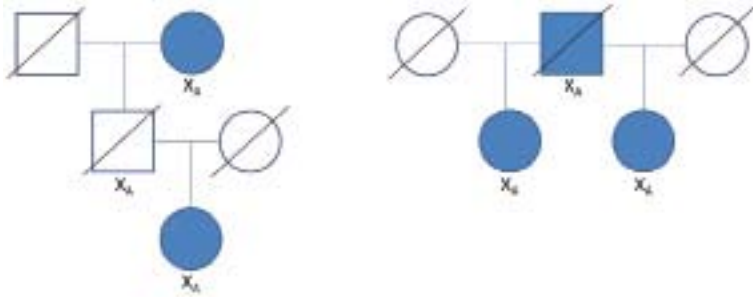


Joonis 23. Y-STR-de pärandumine mööda meesliini. Ruutudega on tähistatud meessoost isikud ja ringidega naissoost isikud. Siniste ruutudega on tähistatud sama Y-kromosoomiga meesisikud.

X-KROMOSOOMI ANALÜÜS

Üks alternatiivne ja lisavõimalusi pakkuv analüüs sugulussuhete kindlakstegemisel on X-kromosoomi analüüs. Meessoost isikud pärivad Y-kromosoomi isalt ja X-kromosoomi emalt. Naissoost isikud pärivad ühe X-kromosoomi emalt ja teise isalt, kusjuures üks X-kromosoomidest vaigistatakse varajases embrüonaalses arengus. Vaigistatud X-kromosoomi nimetatakse ka Barri kehakeseks. Vaatamata sellele, et Barri kehakese geenid on inaktiivsed, on DNA-analüüsi abil võimalik saada geneetilist informatsiooni mõlema X-kromosoomi kohta.

X-kromosoomi analüüsist võib olla suur abi, kui otseseid lähisugulasi pole võimalik analüüsida. Näiteks on joonisel 24 vasakul sugupuu, kus analüüsitavate isikutena on kättesaadavad ainult vanaema (isa ema) ja lapselaps (tüdruk). Taolisel juhul on autosoomsete markerite analüüsimisest vähe abi, kuid X-kromosoomi analüüs annab väga olulist informatsiooni. Kuna vanaema on 100%-liselt andnud ühe oma X-kromosoomidest pojale ja tema poeg selle omakorda oma tütrele, siis on võimalik X-kromosoomi analüüsi abil kindlaks teha, kas tegemist võib olla sugulastega. Teine näide on toodud joonisel 24 paremal pool. Analüüsitavad isikud on kaks tüdrukut, kes arvavad, et neil võib olla ühine isa. Kahjuks ei ole enam võimalik analüüsida nende tüdrukute emasid ega potentsiaalset isa. Ka sellisel juhul on hea lahendus X-kromosoomi analüüs, kuna mõlemad tüdrukud on ühe oma X-kromosoomi pärinud isalt.



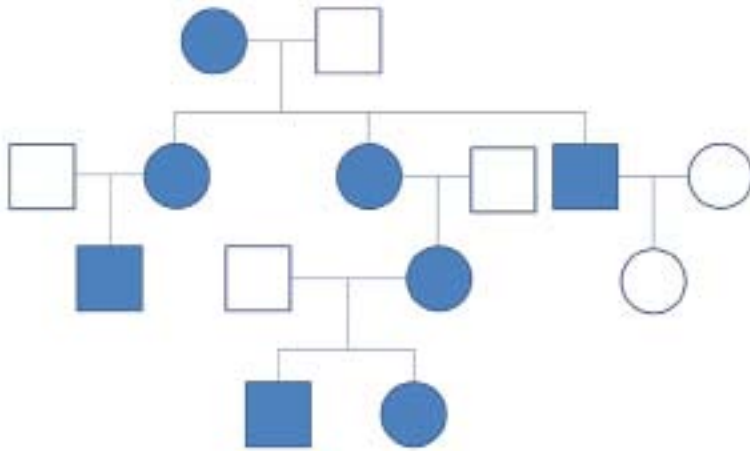
Joonis 24. Sugupuu joonised. Ruutudega on tähistatud meessoost isikud ja ringidega naissoost isikud. X_A tähistab päritud X-kromosoomi.

MITOKONDRIAALSE DNA ANALÜÜS

Mitokondrid on inimese rakus energiat tootvad organellid, millel on olemas oma genoom. Sõltuvalt raku tüübist on mitokondrite arv rakus väga erinev, varieerudes sajast kuni mitme tuhandeni. Sellest tulenevalt on mitokondrite genoomi koopiaarv raku kohta väga suur. Kui keharakkudes on tuumne genoom kahe koopiana ja sugurakkudes ühe koopiana, siis mitokondriaalse DNA koopiade arv on igas rakus sada kuni mitu tuhat koopiat (Satoh ja Kuroiwa 1991). Teine oluline eelis tuumse DNA ees on mitokondriaalse DNA (edaspidi mtDNA) paiknemine rõngasmolekulina. Sellisena on mtDNA genoom oluliselt paremini kaitstud väliskeskkonna mõjude eest kui tuumse DNA genoom. Rõngasmolekulil ei ole n-õ avatud otsi, mistõttu ei pääse DNA-d lagundavad ensüümid (eksonukleasid) sellele nii hästi ligi kui tuumsele DNA-le. Seetõttu võib olla mtDNA veel väga hästi analüüsitav tugevalt lagunenu koes, kus tuumne DNA on analüüsimiseks liiga lagunenu.

Võrreldes tuumse DNA-ga, mille genoomi suurus haploidses rakus on 3 miljardit aluspaari, on mtDNA suhteliselt lühike, olles vaid 16 569 aluspaari pikk. mtDNA-s on kolm hüpervariaabelset piirkonda – HV1, HV2 ja HV3 – milles esinevaid polümorfisme uuritakse kohtuekspertiisialaste DNA-analüüside puhul.

mtDNA pärandub edasi ainult emaliini mööda, mistõttu on mtDNA analüüs väga oluline ka sugulusanalüüside puhul. Juhtudel, kus uuritavate isikute vahele jääb mitu põlvkonda, pole autosoomsete markerite analüüs enam nii informatiivne. Miks mtDNA pärandub edasi ainult emaliini mööda? Sellega seoses, et spermatoosid asuvad mitokondrid ainult sabaosas ja kui spermatoosid viljastab munaraku, siis viljastamise hetkel pääseb munarakku ainult spermatoosidi pea (kus mitokondreid pole). Spermatoosid kaotab oma saba koos sabas olevate mitokondritega. Sellest tulenevalt on viljastatud munarakus ainult munaraku mitokondrid ehk emapäritolu mitokondrid. Ema annab oma mtDNA edasi mõlemast soost lastele – nii tütardele kui ka poe-



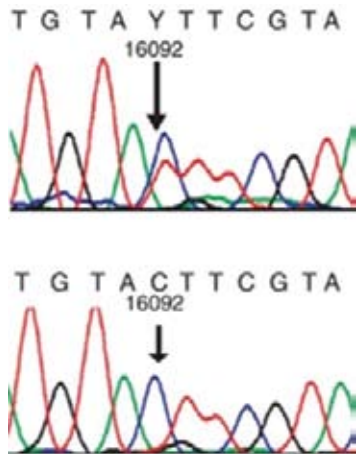
Joonis 25. Mitokondriaalse DNA pärandumine mööda emaliini. Ema annab oma mtDNA edasi mõlemast soost lastele (tähistatud sinise värviga). Ruutudega on tähistatud meessoost isikud ja ringidega naissoost isikud.

gadele. Joonisel 25 on toodud näide mtDNA pärandumisest. (Butler 2011: 411–412; 416–417.)

mtDNA hüpervariaabelseid piirkondi uuritakse enamasti sekveneerimise ehk nukleotiidses järjestuses määramise abil. Saadud mtDNA nukleotiidses järjestust võrreldakse referentsjärjestusega. Referentsjärjestusena kasutatakse Andersoni järjestust ehk CRS (*Cambridge Reference Sequence*) järjestust. CRS järjestus sekveneeriti aastal 1981 ja on seega kõige esimene sekveneeritud mtDNA järjestus (Anderson jt 1981). Kui uuritud proov erineb CRS järjestusest, siis pannakse haplotüübina kirja, millises positsioonis need erinevused esinevad ning millise erinevusega on tegemist (st kas deletsioon, insertioon või asendus).

Analüüsi tulemusena väljendatud arvamuse võib jagada kolme kategooriasse (SWGDM 2003):

- **välistus** (*exclusion*) – kui võrreldavate proovide uuritavad järjestused erinevad kahe või enama nukleotiidi poolest. Sellisel juhul ei saa uuritavad proovid kuuluda ühele ja samale isikule või isikutele, kes on sama emaliini pidi põlvnenud;
- **tulemus, mis ei võimalda usaldusväärset järeldust** (*inconclusive*) – kui võrreldavate proovide uuritavad järjestused erinevad ühe nukleotiidi poolest. Sellisel juhul pole võimalik ütelda, kas tegemist võib olla mutatsiooniga või ei saa uuritavad proovid kuuluda ühele ja samale isikule või isikutele, kes on põlvnenud sama emaliini pidi;
- **ei saa välistada** (*cannot exclude*) – kui võrreldavate proovide uuritavad järjestused on identsed. Sellisel juhul ei saa välistada, et uuritavad proovid võivad pärineda ühelt ja samalt isikult või kuuluda isikutele, kes on emaliini pidi sugulased.



Joonis 26. Mitokondriaalse DNA järjestuse heteroplasмия. Y-ga on tähistatud positsioon, kus esineb nii C kui ka T nukleotiid (Meierhofer jt 2006).

mtDNA haplotüübi esinemissagedus leitakse sarnaselt Y-kromosoomi haplotüübi esinemissagedusega, kasutades loendamismeetodit. Selleks tehakse otsing mtDNA andmebaasis ja saadakse tulemusteks vaste, mitu korda samasugust haplotüüpi andmebaasis esineb. Kui uuritavatest proovidest saadud mtDNA haplotüübid langevad kokku, siis saab väita, et antud mtDNA haplotüübid on omavahel kokkulangevad ning et saadud kokkulangevat mtDNA haplotüüpi on seni esinenenud ühel isikul teatud arvu isikute kohta (nt kuue tuhande isiku kohta). (Rudin ja Inman 2002: 147.)

mtDNA analüüsi puhul võib ette tulla ka heteroplasмия esinemist. Heteroplasмия korral on samal isikul erineva mtDNA järjestusega mitokondreid (vt joonis 26). Kui sama isiku kõigis mitokondrites on sama mtDNA järjestus, siis nimetatakse seda homoplasmiaks. Heteroplasmiat võib esineda nii pikkuse kui järjestuse he-

teroplasмияna (Bendall ja Sukes 1995, Bendall 1996, Melton 2004). Heteroplasмия peamine tekkepõhjus on mtDNA suhteliselt suur muteerumiskiirus ning asjaolu, et ühes rakus on sadu kuni tuhandeid mitokondreid, mis autonoomselt pooldumise teel paljunevad. Heteroplasmiat võib esineda erinevatel viisidel: 1) uuritaval isikul võib olla samas koes kaks erinevat mtDNA järjestust; 2) uuritaval isikul võib olla üht tüüpi koerakkudes üks mtDNA järjestus ja teist tüüpi koerakkudes teine mtDNA järjestus; 3) uuritaval isikul võib olla üht tüüpi koerakkudes kaks erinevat mtDNA järjestust, kuid teist tüüpi koerakkudes ainult ühesugune mtDNA järjestus (Carracedo jt 2000). Arvatakse, et kõigil isikutel võib mingil määral heteroplasmiat esineda, kuid paljudel juhtudel jääb see allapoole detekteerimispiiri (Comas jt 1995, Bendall jt 1996, Tully 2000). Lisaks on mõned uuringud näidanud, et osades kudedes võib heteroplasmiat esineda sagedamini kui teistes kudedes ning et heteroplasмия võib sagedamini esineda vanusega (Calloway jt 2000). Teised uuringud jällegi väidavad, et heteroplasмия on pigem ajas stabiilne ja pärandub emaliini mööda kui et on vanusest sõltuv (Lagerström-Fermér jt 2001).

Kui autosoomsete markerite uuringu tulemusena saadud DNA-profiil võib olla unikaalne, siis mtDNA uuringul saadud haplotüüp seda kindlasti ei ole, esinedes lisaks veel vähemalt uuritud isiku sugulastel emaliini pidi. Lisaks ei ulatu mtDNA haplotüübisagedused autosoomsete markerite uurimisel saa-

dud sagedusteni. Seetõttu eelistatakse võimaluse korral autosoomsete markerite analüüsi mtDNA analüüsile. mtDNA analüüs osutub vajalikuks materjali puhul, kus tuumne DNA on liialt lagunenud või puudub üldse, näiteks kui meil on analüüsimaterjaliks: 1) söestunud inimjäänused; 2) lagunenud materjaliga proovid; 3) vanad skeletid ja sõrmeküüned; 4) ilma sibulata juuksekarvad. Samuti annab mtDNA analüüs väga olulist informatsiooni emaliini pidi põlvnemise uurimisel. Kuid tuleb meeles pidada, et mtDNA analüüsi tulemusena võib: 1) ühelt isikult pärinev proov anda tulemuseks segahaplotüübi; 2) sama isiku eri kudetest võetud proovidest saadud tulemus olla mõnevõrra erinev; 3) sama isiku eri vanuses võetud proovid anda mõnevõrra erineva tulemuse; 4) ema ja tema lapse mtDNA anda mõnevõrra erineva tulemuse.

SNP-de ANALÜÜS

SNP-de ehk ühe nukleotiidiliste polümorfismide (ingl *single nucleotide polymorphism*) analüüs on kohtuekspertiisialases DNA-analüüsi valdkonnas kõige laialdasemalt olnud kasutusel mitokondriaalse DNA analüüsimisel. SNP-de eeliseks autosoomsete markerite analüüsi ees on PCR amplokoni suurus. Kui autosoomsete markerite amplokonide suurus jäävad enamasti vahemikku 90–500 bp, siis SNP-de amplokonide pikkus jääb alla 100 bp. Lühikesed amplokonid annavad suure eelise lagunenud DNA analüüsimisel. Viimastel aastatel on tehtud hulgaliselt uuringuid, mille tulemusena on leitud SNP-sid, mida on võimalik seostada etnilise päritolu (Cordaux jt 2007, Halder 2008, Lao jt 2008) ja inimese välimusega (juukse-, silma- ja nahavärv).

SNP-markerid on võimalik kasutada

- isiku kindlakstegemiseks (*identity testing*);
- sugupuul uurimisel (*lineage-informative SNPs*);
- esivanemate ja etnilise päritolu uurimisel (*ancestry-informative SNPs*);
- fenotüübi määramisel (*phenotype-informative SNPs*).

(Budowle ja van Daal 2008, Butler jt 2008.)

2001. aastal arendas Forensic Science Service välja meetodika, mille tulemus võimaldas järeldada, kas uuritava isikul on punased juuksed või mitte (Grimes jt 2001). 2010. aastal töötasid hollandlased välja testsüsteemi nimega IrisPlex, mis võimaldab 90% täpsusega kindlaks teha, kas inimesel on sinised või pruunid silmad (Walsh jt 2010a, Walsh jt 2010b). SNP-del baseeruv testsüsteem, mis ennustaks täpsemalt ette isiku näojooni, on veel tulevikunistus. Tegemist on väga kompleksete tunnustega, mida kodeerivad erinevad geenid ning mida samal ajal mõjutavad ka keskkonnatingimused ja vananemisprotsess (Kayser ja Schneider 2009).

Kui STR-markerid on paljuvariantid ehk ühes lookuses võib olla palju

allelele (~2–35 alleeli), siis suur osa SNP-dest on bialleelsed. See tähendab, et ühel SNP-l on kaks võimalikku alleeli ja kokku seega kolm võimalikku genotüüpi. Näiteks kui meil on alleelid A ja B, siis on võimalikud genotüübid AA, BB ja AB. Sellest tulenevalt on SNP-de diskrimineerimisvõime võrreldes multialleelsete STR-dega palju väiksem. Selleks et SNP-de diskrimineerimisvõime oleks sama suur kui 10–16 lookuselisel STR-profiilil, tuleks analüüsida 50–100 SNP-d.

Kuigi ka SNP-d võimaldavad isiku identifitseerimist, on üsna ebatõenäoline, et STR-de analüüs asenduks SNP-de analüüsimisega. Seda ennekõike põhjusel, et praeguseks on DNA-andmebaasid, mis sisaldavad miljoneid erinevaid DNA-profiile, üles ehitatud just STR-de profiilidele. Lisaks on tänu SNP-de bialleelsusele äärmiselt keeruline analüüsida proove, kus on DNA-d paljudelt isikutelt. Pigem kasutatakse SNP-de analüüsi vaid juhtudel, kus STR-de analüüs pole piisavalt informatiivne või pole üldse võimalik.

Kasutatud kirjandus

- Abacus Diagnostics SALIgAE sülje kindlakstegemise test. <http://www.abacusdiagnostics.com/saliva.htm>.
- Anderson S., Bankier A. T., Barrell B. G., de Bruijn M. H., Coulson A. R., Drouin J., Eperon I. C., Nierlich D. P., Roe B. A., Sanger F., Schreier P. H., Smith A. J., Staden R., Young I. G. 1981. Sequence and organization of the human mitochondrial genome. *Nature*, 290, 457–465.
- Auvdel M. J. 1986. Amylase levels in semen and saliva stains. *Journal of Forensic Sciences*, 31, 426–431.
- Balding D. J., Nichols R.A. 1994. DNA profile match probability calculation: how to allow for population stratification, relatedness, database selection and single bands. *Forensic Science International*, 64, 125–140.
- Balogh M. K., Burger J., Bender K., Schneider P.M., Alt K.W. 2003. STR genotyping and mtDNA sequencing of latent fingerprint on paper. *Forensic Science International*, 137, 188–195.
- Baust J. G. 2008. Strategies for the storage of DNA. *Biopreservation and Biobanking*, 6, 251–252.
- Bendall K. E., Macaulay V. A., Baker J. R., Sykes B. C. 1996. Heteroplasmic point mutations in the human mtDNA control region. *American Journal of Human Genetics*, 59, 1276–1287.
- Bendall K. E., Sykes B. C. 1995. Length heteroplasmy in the first hypervariable segment of the human mtDNA control region. *American Journal of Human Genetics*, 57, 248–256.
- Berti A., Virgili A., D'Errico G., Vespi G., Lago G., Cavazzana A. 2005. Expression of seminal vesicle-specific antigen in serum of lung tumor patients, *Forensic Science International*, 50, 1114–1115.
- Bjartell A., Malm J., Moller C., Gunnarsson M., Lundwell A., Lilja H. 1996. Distribution and tissue expression of semenogelin I and II in man as demonstrated by in situ hybridization and immunocytochemistry, *Journal of Andrology*, 17, 17–26.
- Blum J., Esperança P., Rocquefelte S. 2006. A new high-performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence. *Canadian Society of Forensic Science*, 39, 81–100.

- Breul J., Pickl U., J. Schaff. 1997. Extraprostatic production of prostate specific antigen is under hormonal control. *Urology*, 157, 212–213.
- Breul J., Pickl U., R. Hartung. 1994. Prostate-specific antigen inu. *European Urology*, 26, 18–21.
- Budowle B., Moretti T. R., Niezgodna S. J., Brown B. L. 1998. CODIS and PCR-Based Short Tandem Repeat Loci: Law Enforcement Tools. 2nd International Symposium on Human Identification Oral Presentation.
- <http://www.promega.com/~media/files/resources/conference%20proceedings/ishi%2002/oral%20presentations/17.pdf?la=en>.
- Budowle B., van Daal A. 2008. Forensically relevant SNP classes. *Biotechniques*, 44, 603–610.
- Butler J. M. 2011. Advanced topics in forensic DNA typing: methodology. Academic Press.
- Butler J.M., Budowle B., Gill P., Kidd K.K., Phillips C., Schneider P.M., Vallone P.M., Morling N. 2008. Report on ISFG SNP Panel Discussion. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 1, 471–472.
- Calloway C. D., Reynolds R. L., Herrin G. L., Anderson W. W. 2000. The frequency of heteroplasmy in the HVII region of mtDNA differs across tissue types and increases with age. *American Journal of Human Genetics*, 66, 1384–1397.
- Carracedo A., Bär W., Lincoln P., Mayr W., Morling N., Olaisen B., Schneider P., Budowle B., Brinkmann B., Gill P., Holland M., Tully G., Wilson M. 2000. DNA commission of the international society for forensic genetics: guidelines for mitochondrial DNA typing. *Forensic Science International*, 15, 79–85.
- Carracedo A., Lareu M.V. 1998. Development of new STRs for forensic casework: criteria for selection, sequencing & population data and forensic validation. 9th International Symposium on Human Identification Oral Presentation. <http://www.promega.com/~media/files/resources/conference%20proceedings/ishi%2009/oral%20presentations/21.pdf?la=en>.
- Castle P. E., Garcia-Closas M., Franklin T., Chanock S., Puri V., Welch R., Rothman N., Vaught J. 2003. Effects of electron-beam irradiation on buccal-cell DNA. *American Journal of Human Genetics*, 73, 646–651.
- Comas D., Pääbo S., Bertranpetit J. 1995. Heteroplasmy in the control region of human mitochondrial DNA. *Genome Research*, 5, 89–90.
- Cordaux R., Srikanta D., Lee J., Stoneking M., Batzer M. A. 2007. In search of polymorphic Alu insertions with restricted geographic distributions. *Genomics*, 90, 154–158.
- Diamandis E. P., Yu H. 1995. Prostate-specific antigen and lack of specificity for prostate cells. *Lancet*, 345, 1186.
- Dilbeck L. 2006. Use of Bluestar Forensic in Lieu of Luminol at Crime Scenes. Technical Note.
- Donaldson A. E., Taylor M. C., Cordiner S. J., Lamont I. L. 2010. Using oral microbial DNA analysis to identify expired bloodspatter. *International Journal of Legal Medicine*, 124, 569–576.
- Esslinger K. J., Siegel J. A., Spillane H., Stallworth S. 2004. Using STR analysis to detect human DNA from exploded pipe bomb devices. *Journal of Forensic Sciences*, 49, 484–484.
- Fleming R. I., Harbison S. 2010. The development of a mRNA multiplex RT-PCR assay for the definitive identification of body fluids. *Forensic Science International: Genetics*, 4, 244–256.
- Giese H., Lam R., Selden R., Tan E. 2009. Fast multiplexed polymerase chain reaction for conventional and microfluidic short tandem repeat analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 54, 1287–1296.

- Gill P., Buckleton J. 2010. A universal strategy to interpret DNA profiles that does not require a definition of low-copy-number. *Forensic Science International*, 4, 221–227.
- Gill P., Fereday L., Morling N., Schneider P. M. 2006. New multiplexes for Europe-amendments and clarification of strategic development. *Forensic Science International*, 163, 155–157.
- Gill P., Fereday L., Morling N., Schneider P. M. 2006. The evolution of DNA databases--recommendations for new European STR loci. *Forensic Science International*, 156, 242–244.
- Gill P., Urquhart A., Millican E., Oldroyd N., Watson S., Sparkes R., Kimpton C. P. 1996. A new method of STR interpretation using inferential logic--development of a criminal intelligence database. *International Journal of Legal Medicine*, 109, 14–22.
- Graves H.C.B., Sensabaugh G.f., Crim D., E.T. Blake. 1985. Postcoital detection of a male-specific semen protein. *New England Journal of Medicine*, 312, 338–343.
- Grimes E. A., Noake P. J., Dixon L., Urquhart A. 2001. Sequence polymorphism in the human melanocortin 1 receptor gene as an indicator of the red hair phenotype. *Forensic Science International*, 122, 124–129.
- Gross A. M., Harris K. A., Kaldun G.,L. 1999. The effect of luminol on presumptive tests and DNA analysis using the polymerase chain reaction. *Forensic Science International*, 44, 837–840.
- Haas C., Klessner B., Maake C., Bär W., Kratzer A. 2009. mRNA profiling for body fluid identification by reverse transcription endpoint PCR and realtime PCR. *Forensic Science International*, 3, 80–88.
- Halder I., Shriver M., Thomas M., Fernandez J.R., Frudakis T. 2008. A panel of ancestry informative markers for estimating individual biogeographical ancestry and admixture from four continents: utility and applications. *Human Mutation*, 29, 648–658.
- Herr J. 2007. SpermPaint Optimization and Validation. NIJ grant 2000-IJ-CX-K013 report. <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/220289.pdf>.
- Hochmeister M. N, Budowle B., Rudin O., Gehrig C., Borer U., Thali M., Dirnhofer R. 1999. Evaluation of prostate-specific antigen (PSA) membrane test assays for the forensic identification of seminal fluid. *Forensic Science International*, 44, 1057–1060.
- Hochmeister M., Rudin O., Borer U.V., Kratzer A., Gehrig Ch., R. Dirnhofer. 1997. Evaluation of prostate-specific antigen (PSA) membrane tests for the forensic identification of semen. 8th International Symposium on Human Identification. www.promega.com/geneticidproc/ussymp8proc/33.html.
- Houck M. M., Siegel J. A. 2010. *Fundamentals of forensic science*. 2nd edition. Academic Press.
- Independent Forensics. Introduction to Sperm HY-LITER for forensic DNA laboratories. <http://www.spermhy-liter.com/pdf/SPERMHY-LITERAnnotatedVersion.pdf>.
- Independent Forensics. Developmental validation of SPERM HY-LITER. <http://www.spermhy-liter.com/pdf/SPERMHY-LITERvalidation.pdf>.
- Independent forensics. RSID Saliva test. http://www.ifi-test.com/rsid_saliva.php.
- Jeffreys A.J., Wilson V., Thein S.W. 1985. Hypervariable minisatellite regions in human DNA. *Nature*, 314, 67–73.
- Juusola J., Ballantyne J. 2003. Messenger RNA profiling: a prototype method to supplant conventional methods for body fluid identification. *Forensic Science International*, 12, 85–96.
- Juusola J., Ballantyne J. 2007. mRNA profiling for body fluid identification by multiplex quantitative RT-PCR. *Forensic Science International*, 52, 1252–1262.
- Kayser M., Schneider P. M. 2009. DNA-based prediction of human externally visible characteristics in forensics: motivations, scientific challenges, and ethical considerations. *Forensic Science International: Genetics*, 3, 154–161.

- Kobus H. J., Phil D., Sileniaks E., Scharnberg J. 2002. Improving the effectiveness of fluorescence for the detection of semen stains on fabrics, *Journal of Forensic Sciences* 47, 819–823.
- Lagerström-Fermér M., Olsson C., Forsgren L., Syvänen A. C. 2001. Heteroplasmy of the human mtDNA control region remains constant during life. *American Journal of Human Genetics*, 68, 1299–1301.
- Lao O., Lu T. T., Nothnagel M., Junge O., Freitag-Wolf S., Caliebe A., Balascakova M., Bertranpetit J., Bindoff L.A., Comas D., Holmlund G., Kouvatzi A., Macek M., Mollet I., Parson W., Palo J., Ploski R., Sajantila A., Tagliabracci A., Gether U., Werge T., Rivadeneira F., Hofman A., Uitterlinden A. G., Gieger C., Wichmann H.E., Rütger A., Schreiber S., Becker C., Nürnberg P., Nelson M. R., Krawczak M., Kayser M. 2008. Correlation between genetic and geographic structure in Europe. *Current Biology*, 18, 1241–1248.
- Lundwall A., Bjartell A., Olsson A.Y., Malm J. 2002. Semenogelin I and II, the predominant human seminal plasma proteins, are also expressed in nongenital tissues. *Molecular Human Reproduction*, 8, 805–810.
- Lövgren J., Valtonen-André C., Marsal K., Lilja H., A. Lundwall. 1999. Measurement of prostate-specific antigen and human glandular kallikrein 2 in different body fluids. *Journal of Andrology*, 20, 348–355.
- Meierhofer D., J A Mayr J. A., Fink K., Schmeller N., Kofler B., Sperl W. 2006. Mitochondrial DNA mutations in renal cell carcinomas revealed no general impact on energy metabolism. *British Journal of Cancer*, 94, 268–274.
- Melton T. 2004. Mitochondrial DNA heteroplasmy. *Forensic Science Review*, 16, 1–20.
- Myers J. R., Adkins W. K. 2008. Comparison of modern techniques for saliva screening. *Journal of Forensic Sciences*, 53, 862–867.
- Nakanishi H., Kido A., Ohmori T., Takada A., Hara M., Adachi N., Saito K. 2009. A novel method for the identification of saliva by detecting oral streptococci using PCR. *Forensic Science International*, 183, 20–23.
- Neuhuber F., Dunkelmann B., Höckner G., Kiesslich J., Klausriegler E., Radacher M. 2009. Female criminals – It's not always the offender! *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2, 145–146.
- NRC II – National Research Council Committee on DNA Forensic Science. The evaluation of Forensic DNA Evidence. 1996. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=5141.
- Old J., Schweers B., Boonlayangoor P. W., Reich K. 2010. Developmental validation study of RSID-Semen. Independent Forensics. http://www.ifi-test.com/pdf/RSID_Semen_Validation.pdf.
- Pang B. C. M., Cheung B. K. K. 2007. Identification of human semenogelin in membrane strip test as an alternative method for the detection of semen. *Forensic Science International*, 169, 27–31.
- Pang B. C., Cheung B. K. 2007. Double swab technique for collecting touched evidence. *Legal Medicine (Tokyo)*, 9, 181–184.
- Phadebasi amūlaasi kindlakstegemise testid. http://www.phadebas.com/products/forensic_saliva_test_products.
- Rodrigues R.G., Panizo-Santos A., Cashel J.A., Krutzsch H.C., Merino M.J., Roberts D.D. 2001. Semenogelins are ectopically expressed in small cell lung carcinoma. *Clinical Cancer Research*, 7, 854–860.
- Rudin N., Inman K. 2002. *An Introduction to Forensic DNA Analysis*. 2nd edition. CRC Press.
- Sato I., Morihisa S., Ishiwari A., Nishijima H., Ito E., T. Mukai. 2002. Use of the “SMI-TEST” PSA card to identify the presence of prostate-specific antigen in semen and male urine. *Forensic Science International*, 127, 71–74.

- Satoh M., Kuroiwa T. 1991. Organization of multiple nucleoids and DNA molecules in mitochondria of a human cell. *Experimental Cell Research*, 196, 137–140.
- Schmidt S., Franke M., Lehmann J., Loch T., Stockle M., K. Weichert-Jacobsen. 2001. Prostate-specific antigen in female urine: a prospective study involving 217 women. *Urology*, 57, 717–720.
- Schneider P. M. 2009. Expansion of the European Standard Set of DNA Database Loci—the Current Situation.
- <http://www.promeqa.com/~media/Files/Resources/Profiles%20In%20DNA/1201/Expansion%20of%20the%20European%20Standard%20Set.ashx>.
- Schulz M. M., Reichert W. 2002. Archived or directly swabbed latent fingerprints as a DNA source for STR typing. *Forensic Science International*, 127, 128–130.
- Sensabaugh G. F. 1979. The quantitative acid phosphatase test. A statistical analysis of endogenous and postcoital acid phosphatase levels in the vagina. *Forensic Science International*, 24, 346–365.
- Seratec PSA Semiquant kit. www.seratec.com.
- Sullivan K. M., Mannucci A., Kimpton C. P., Gill P. 1993. A rapid and quantitative DNA sex test: fluorescence-based PCR analysis of X-Y homologous gene amelogenin. *Biotechniques*, 15, 636–641.
- Sweet D., Lorente M., Lorente J. A., Valenzuela A., Villanueva E. 1997. An improved method to recover saliva from human skin: the double swab technique. *Journal of Forensic Sciences*, 42, 320–322.
- SWGDAM. 2003. Guidelines for Mitochondrial DNA (mtDNA) Nucleotide Sequence Interpretation. *Forensic Science Communications* 5(2). <http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2003/swgdammitodna.htm>.
- SWGDAM. 2010. Interpretation Guidelines for Autosomal STR Typing by Forensic DNA Testing Laboratories. <http://www.fbi.gov/about-us/lab/codis/swgdam-interpretation-guidelines>.
- Zubakov D., Hanekamp E., Kokshoorn M., van Ijcken W., Kayser M. 2008. Stable RNA markers for identification of blood and saliva stains revealed from whole genome expression analysis of time-wise degraded samples. *International Journal of Legal Medicine*, 122, 135–142.
- Zubakov D., Kokshoorn M., Kloosterman A., Kayser M. 2009. New markers for old stains: stable mRNA markers for blood and saliva identification from up to 16-year-old stains. *International Journal of Legal Medicine*, 123, 71–74.
- Tobe S. S., Watson N., Daéid N. N. 2007. Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA. *Journal of Forensic Sciences*, 52, 102–109.
- Tully L. A., Parsons T. J., Steighner R. J., Holland M. M., Marino M. A., Prenger V. L. 2000. A sensitive denaturing gradient-Gel electrophoresis assay reveals a high frequency of heteroplasmy in hypervariable region 1 of the human mtDNA control region. *American Journal of Human Genetics*, 67, 432–43.
- Vallone P. M., Hill C. R., Podini D., Butler J. M. 2009. Rapid amplification of commercial STR typing kits. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2, 111–112.
- Vandenberg N., van Oorschot R. A. 2006. The use of Polilight in the detection of seminal fluid, saliva, and bloodstains and comparison with conventional chemical-based screening tests. *Journal of Forensic Sciences*, 51, 361–370.
- Virkler K., Lednev I. K. 2009. Analysis of body fluids for forensic purposes: from laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. *Forensic Science International*, 188, 1–17.
- Walsh S., Lindenbergh A., Zuniga S.B., Sijen T., de Knijff P., Kayser M., Ballantyne K. N.

2011. Developmental validation of the IrisPlex system: determination of blue and brown iris colour for forensic intelligence. *Forensic Science International: Genetics*, 5, 464–471.
- Walsh S., Liu F., Ballantyne K. N., van Oven M., Lao O., Kayser M. 2011. IrisPlex: a sensitive DNA tool for accurate prediction of blue and brown eye colour in the absence of ancestry information. *Forensic Science International: Genetics*, 5, 170–180.
 - Wambaugh J. 1989. *The Blooding*. New York Bantam Books.
 - Wang Y., Prosen D. E., Mei L., Sullivan J. C., Finney M., Vander Horn P. B. 2004. A novel strategy to engineer DNA polymerases for enhanced processivity and improved performance in vitro. *Nucleic Acids Research*, 32, 1197–1207.
 - Wang D. Y., Chang C-W., Oldroyd N. J., Hennessy L. K. 2009. Direct amplification of STRs from blood or buccal cell samples. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 2, 113–114.
 - Whitehead P. H., Kipps A. E. 1975. The significance of amylase in forensic investigations of body fluids. *Journal of Forensic Sciences*, 6, 137–144.
 - Withrow A. G., Sikorsky J., Downs J. C., Fenger T. 2003. Extraction and analysis of human nuclear and mitochondrial DNA from electron beam irradiated envelopes. *Journal of Forensic Sciences*, 48, 1302–1308.
 - Yu H., Diamandis E. P. 1995. Prostate-specific antigen in milk of lactating women. *Clinical Chemistry*, 41, 54–58.

Kasutatud internetiaadressid:

- <http://www.nfstc.org>.
- http://www.nfstc.org/pdi/Subject02/pdi_s02_m02_04.htm.
- www.lumiscene.com.
- <http://www.fbi.gov/about-us/lab/codis/>.
- <http://www.cstl.nist.gov/strbase/coreSTRs.htm>.
- http://serc.carleton.edu/images/microbelife/research_methods/polymerase_chain_reaction.v2.jpg.
- <http://www.abacusdiagnostics.com/compare.htm#1>.

HÄÄLEEKSPERTIIS

Galina Rosin, Liina Eskor

Kõnelejatuvastus on vähemalt sama kaua (või kauemgi) olemas olnud, kui tähelepanekuid inimese käitumise ja võimete kohta on kirja pandud (Quintilian, Heraclitus).

AJALUGU

Maailma kohtupraktikas on aastakümneid rakendatud kõnesalvestusi asitõendina kuriteo sooritanud isikute tuvastamiseks (Meister 2002: 268). Kõneleja hääle järgi tuvastamise esimene registreeritud juhtum arvatakse pärinevat 1660. aastast Inglismaal (Hollien 2002: 19).

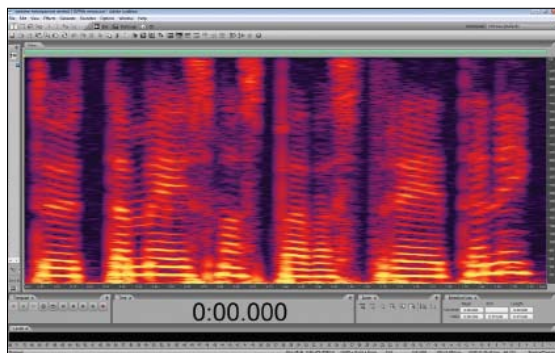
Hiljem püüti kõneleja tuvastamist rakendada hulga kuritööde lahendamisel (näiteks 1933. a Lindbergi beebi röövimine; Hitleri hääle tuvastamine jne). Kõnelejatuvastuse alal töötati New Jersey's Bell Telephone laboris välja häälespektrograaf (*sonagraph*) ehk "nähtava hääle" masin, mis omal ajal oli väga moodne leiutis ja on ka tänapäeval kasutatav. Spektrograafiga oli võimalik teha reaalselt kuuldava kõne analüüsi ja näha samal ajal nii kõneleja artikuloorseid kui ka häälelisi erinevusi. Seoses spektrograafiga tekkis väljend *voiceprints* ehk häälejäljed, ajendiks soov leida kõneanalüüsile sõrmejäljega samalaadset nimetust (Hollien 2002: 17-26). Häälejälgede puhul tuvastati kõnelejat spektrogrammide visuaalse võrdluse teel, lootes et nn häälejälje näol saadakse sõrmejäljega võrdväärne isikut kirjeldav informatsioon. Vaatamata intensiivsetele uuringutele 1960–1970ndatel aastatel paraku rahuldavaid tulemusi ei saadud. Spektrogrammide "lugemine" ja võrdlemine nõuab suurt kogemust ja palju aega ning seetõttu kasutatakse seda praktikas harva (Meister 2002: 270).

1950ndad aastad olid kõnelejatuvastuse alal maailmas suhteliselt vaiksed. Peamiselt tegeleti sellega edasi USA-s, kuna Euroopa ja Idamaad olid saanud sõjas tugevalt kannatada.

Kõnelejatuvastusega tegelevate teadlaste grupi (foneetikud, lingvistid, insenerid) tööst on kirjutatud ka Aleksandr Solženitsõni 1968. aastal avaldatud

romaanis “Esimeses ringis”, milles autor kasutab samuti väljendit *voiceprints*. (Hollien 2002: 17–26).

Nn häälejälgede kasutamine sagenes 1960. aastatel sotsiaalsete rahutuste ja kasvava kuritegevusega võitlevas USA-s. Üks keerukam probleem oli telefoni teel pommiähvardusi, anonüümkõnesid jms tegevate isikute tuvastamine (Hollien 2002: 17–26).



Voiceprint.

Kõnelejatuvastuse areng hoogustus aastatel 1965–1985, jätkub ka tänapäeval ja seda just kõnesignaali keerukuse tõttu. Kõnesignaali avalduvad mitte ainult isiku füsioloogilised tunnused, vaid ka teave psüühika, psühholoogia, intellekti, emotsionaalse seisundi, haridustaseme, sotsiaalse staatuse, elamispiirkonna jne kohta.

Tähtsaks sündmuseks sai 1930ndate aastate lõpul – 1940ndate aastate algul elektromagnetilise seadme – magnetofoni leiutamine, mida esialgu kasutati salastatuna sõjalisel eesmärgil, seejärel, pärast II maailmasõda, aga ka kõigis infoedastusvaldkondades ning kriminalistikas.

Magnetofon võimaldas spetsialistidel salvestatud kõnesignaale korduvalt kuulata ja laialdasemalt analüüsida (Kaganov 2009: 7).

Järgmine tähtis etapp oli digitaalhelikandjate ja seejärel arvutite laialdasem levik ning kasutuselevõtt, mis tõi endaga kaasa analoogsalvestiste digiteerimise. Analoogsalvestiste lintidelt kadusid ettemängimisel tekkivad puudused. Samuti on võimalik digiteeritud salvestisi kopeerida, ilma et seejuures salvestise helikvaliteet halveneks. Viimane asjaolu on eriti tähtis, kuna võrdlusanalüüside läbiviimisel tuleb teinekord salvestisi või salvestise fragmente ette mängida palju kordi ning neid kopeerida (Kaganov 2009: 9).

Seoses salvestiste digiteerimisega ja vajadusega helisid taasesitada hakati välja arendama arvutitarkvarasid audio salvestamiseks, ettemängimiseks ning töötlemiseks. Tänapäeval võib hääleekspertiisi tegemiseks kasutada spetsiaalselt kriminalistikaekspertiisi otstarbeks väljatöötatud tarkvara, näiteks SIS, SoundCleaner, EdiTracker (Venemaa), SIVE (Leedu), DC Live Fo-

rensics (USA) jne kui ka laiemale ringkonnale (muusikud, harrastajad jne) mõeldud helitöötlustarkvara, näiteks SoundForge, Adobe Audition (USA), Wavelab (Steinberg Corporation). Samuti kasutatakse hääleekspertiisi tegemisel laialdaselt ka vabavarana saada olevat tarkvara Praat (Holland) ja Wavesurfer (Rootsi). Kaasaegsed digitaalse signaalialüüsi võimalused koos saavutustega foneetika, lingvistika ja kõneakustika vallas teevad kõneleja tuvastamise lihtsamaks.

Võimalus töötada digiteeritud helisalvestitega andis teadlastele tõuke automaatsete kõnelejatuvastussüsteemide väljatöötamiseks ning arendamiseks (Kaganov 2009: 10). Kõnesignaali uurimise protsess areneb hoogsalt ka tänapäeval. Automaatsetest kõnelejatuvastussüsteemidest on kaasajal tuntuim Batvox (Hispaania), mida kasutatakse nii Euroopa kui ka Aasia kriminalistikalaborites.

Eestis on hääleekspertiis saanud samuti harilikuks kohtueelse uurimise meetodiks. Kuna mitmesugused helisalvestusseadmed on üha enam kättesaadavad, siis pole haruldased juhtumid, kus kannatanu on talle telefoni teel või (äri)kohtumise käigus tehtud ähvardused, väljapressimised või tehingud salvestanud kättesaadavale andmekandjale (telefoni diktofon, diktofon, mp3-mängija vms).

Ka politsei tehnilised võimalused jälitustegevuseks on paranenud ja olulise informatsiooni salvestamine on võimalik ka väga keerulistes tingimustes, samuti salvestatakse häirekeskuse numbrile ja politsei juhtimiskeskusesse tulnud kõned. Pankades salvestatakse telefonipanga teenuseid kasutavate klientide ja pangatöötajate vahelised kõned, samuti on paljudes ettevõtetes kasutusel moodsad turvasüsteemid, millega registreeritakse nii pilt kui ka heli (Meister 2002: 268).

Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskuses, mis alates 2008. aastast pärast KEKK-i ja Eesti Kohtuarstliku Ekspertiisibüroo ühinemist kannab nime Eesti Kohtuekspertiisi Instituut, hakati hääleekspertiise läbi viima 2001. aastal.

Hääleekspertiiside arv on aastate lõikes erinev, varieerudes kuni 30 ekspertiisini. Erinevad on ekspertiisid ka mahult, mistõttu mahuka ekspertiisi tegemine võib isegi kuid kesta. Üldjuhul on ekspertiisi valmimisaeg üks nädal kuni üks kuu ning see sõltub järjekorra pikkusest.

TERMINID

Aktsent – keelenormist erinev hääldusviis, süstemaatiline hääldusvigade kompleks. Aktsent on tavaline võõrkeele kõnelemisel, harvem tekib aktsent emakeelele pikaajalise muus keelekeskkonnas viibimise tagajärjel. Mõne keele puhul nimetatakse aktsentideks ka piirkondlikke või mõnele sotsiaalsele grupile iseloomulikke häälduseripärasid.

Autentne salvestis – salvestis, mis on tehtud samal ajal akustiliste sündmustega (signaaliga), mida ta esitab, ja viisil, mis on kooskõlas sellega, mida salvestise teinud isik väidab, et ta salvestise tegemiseks kasutas, ning millel puuduvad tahtlikud artefaktid, moonutused, lisandused, kustutused ja mida pole monteeritud.

Dialekt – (territoriaalne) murre, piirkondlik eripärane keelekuju.

Diskreetimissagedus (ingl *sampling rate, sample rate*) – signaali mõõtmise sagedus. Määrab, mitu korda sekundis heli võnkeamplituudi salvestatakse. Mõõtühik herts (Hz). Vastavalt Nyquisti teoreemile peab kvaliteetse tulemuse saamiseks diskreetimissagedus olema vähemalt kaks korda suurem salvestatava heli sagedusest. Inimkõne (sagedus kuni 5 kHz) salvestamiseks piisab diskreetimissagedusest 8000–11 025 Hz, standardne sagedus on 11 025 Hz.

Diskreetimissuurus (ingl *sampling size, sampling resolution*) – määrab, kui palju andmeid kasutatakse võnkeamplituudi salvestamiseks igal ajahetkel. Diskreetimissuurusel on otsene mõju salvestuse loomulikkusele. Mõõtühik bitt. Kasutusel on standardid 8 bitti, 16 bitti, 24 bitti, 32 bitti.

Formaat – helisalvestuse vorming (.wav; .wma; .mp3 jne).

Formandid – häälikute sagedusspektri maksimumid. Praktikas on selgunud, et kõne on piisavalt kvaliteetne, kui sünteesitakse kolm esimest formanti F1, F2 ja F3. Need on formantide põhisagedused, mis aga sõltuvad naaberhäälikuist ja muutuvad sünteesi käigus.

Heli maskeerimine – teatud sagedusega tooni kuuldamatuks muutmine mingi tugevama ja teise sagedusega tooni mõjul. Nähtusele on iseloomulik, et maskeerivast helist kõrgemaid sagedusi maskeeritakse tugevalt.

Helisalvestis – helisalvestuse tulemus ehk fonogramm.

Helisalvestus – heli jäädvustamine helikandjale hilisema taasesituse tarbeks.

Häälikud – väikseimad kuuldeliselt eristatavad artikulaatorsete ja/või akustiliste omadustega määratletavad kõnesegmendid. Lausungi väikseimad elemendid.

Idiolekt – isikukeel, ühe isiku keeletarvituse individuaalne eripära.

Idioom – sõna sõnalt teise keelde tõlkimatu püsiühend või keeleline omapära; mingile kõnelejaskonnale omane keel, murre, argoo vms.

- Inter-speaker variation** – mitme isiku kõne vahel esinevad variatsioonid.
- Intonatsioon** – kõnemeloodia, kõne põhitooni kõrguse muutumine lauses.
- Intra-speaker variation** – ühe isiku kõnes esinevate loomulike variatsioonide skaala.
- Kompressioon** – andmete hulga vähendamine (kokkupakkimine) kõnesignaali edastuseks või talletuseks kitsamas sagedusribas või väiksema arvu bittidega kui tavaliselt vajatav.
- Konsonant ehk kaashäälik** – häälik, mille moodustamisel tekitatakse suuõõnes või huultel mingi osaline või täielik takistus.
- Korrelatsioon** – vastastikune seos.
- Kõne** – keele kui märgisüsteemi kasutamine rääkimisel (suuline kõne), kirjutamisel (kirjalik kõne), mõtlemisel (sisekõne).
- Kitsasriba müra (ingl *narrow-band*)** – regulaarne, harmoonilistest sagedustest koosnev müra. Näiteks elektrisüsteemi, salvestusaparaadi enda jms müra.
- Lairiba müra (ingl *broadband*)** – paljudel sagedustel ebakorrapäraselt muutuvate spektri komponentidega müra. Kõlab sahina ehk nn “valge müra”.
- Moonutus** – mistahes erinevus originaalist (võivad olla ka kõrvale märkamatud või mitte häirivad).
- Palatalisatsioon ehk konsonantide peenendus** (nt kott – kotad ja kot’t – kot’id).
- Parasiitsõna** – mehaaniliselt tarvitatav täitesõna (näiteks “kuule”, “no tead”, “eks ole”, “tähendab” vms).
- Paus** – peatus või katkestus kõneprotsessis, millele vastab akustiliselt heli puudumine, aga füsioloogiliselt kõneorganite töö peatumine.
- Põhitoon** – tekib häälekurdude võnkumisel, põhitooni kõrgust tajub inimene tegeliku helikõrgusena. Põhitoon (F0) on nähtav ainult helilise kõne piirkonnas, kus häälekurrud vibreerivad, pausi või helitu hääliku puhul põhitooni ei ole.
- Transkribeerimine** – kõne ehk suulise teksti üleskirjutus.
- Tämber** – kõlavärving; tunnus, mille järgi kuulaja suudab otsustada, et kaks ühesuguse valjuse ja kõrgusega heli on erinevad.
- Uuritav (vaidlustatud) materjal** – kõne(de) näide/näited, mille kohta tavaliselt pole teada, kes räägib.
- Verbatim text** – võrdlusmaterjali tekst on täpselt sama, mis uuritava teksti puhul.
- Verifitseerimine (ingl *verification*)** – tõendamine, paikapidavuse ehk sobivuse kontroll.
- Võrdlusmaterjal** – kahtlusalus(t)e isiku(te) kõne näide/näited.
- Võrgumüra** – iseloomulik madalatooniline nn urin, mis tekib võimalike välishäirete tõttu ülitundlikes heliseadmetes (mikrofonide, võimendite ja magnetofonide sisendid suurima signaalipingega 1 millivolt või vähemgi), lülituse osades ning ühendusjuhtmetes.

Vokaal ehk täishäälik – häälik, mis moodustatakse häälekurdude osalusel ja nii, et õhuvool pääseb suust pidevalt ning takistuseta välja.

WAV – Windowsi vorming, pakkimata digitaalne helilaine, millel võib olla erinev arv helikanaleid, diskreetimissuurus ja diskreetimissagedus.

HÄÄLEEKSPERTIIS

Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis tehtav hääleekspertiis hõlmab järgmiseid alaliike:

- kõneleja tuvastamine;
- helisalvestise transkribeerimine;
- helisalvestise arusaadavuse parandamine;
- helisalvestise autentsuse määramine.

Ühe ekspertiisi raames on võimalik esitada küsimus mitme alaliigi kohta (näiteks arusaadavuse parandamine ja teksti transkribeerimine või autentsuse määramine ja kõneleja tuvastamine jne).

KÕNELEJA TUVASTAMINE ehk KÕNELEJA ISIKU KINDLAKSTEGEMINE TEMA KÕNEHÄÄLE ALUSEL

Isiku tuvastamiseks peab eksperdi käsutuses olema vähemalt kaks kõnenäidet: näiteks kuritöösituatsiooni salvestus ja kontrollitava(te) isiku(te) kõnesalvestus(ed) (Meister 2002: 269) või kaks kuritöösituatsiooni salvestust, mida tuleb omavahel võrrelda.

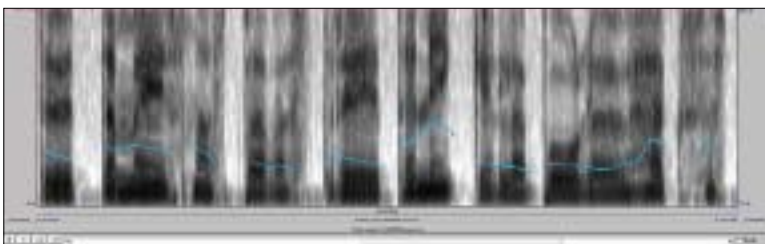
Kõneleja tuvastamine tehakse auditiivse (lingvistilise) ja/või akustilise analüüsi teel. Otsuse ekspertiisi käigus läbiviidavate analüüside, meetodite ja kasutatava tarkvara kohta teeb ekspert pärast ekspertiisimaterjalidega tutvumist, nende läbikuulamist ja hinnangu andmist.

Ekspertiisi läbiviimisel kasutatakse EKEIs valikuliselt, vastavalt vajadusele, tarkvara Adobe Audition, SIVE, SIS, SoundForge, Wavelab, Praat, Wavesurfer.

Auditiivne analüüs tähendab ekspertiisitarkvaraga korduvat kõne(lõigu) kuulamist ning kõnesignaalis esinevate prosoodiliste, segmentaalsete ja spektraalsete (tämbriiliste) erinevuste, sõnavarakasutuse, lauseehituse ja dialoogi struktuuri jälgimist ning analüüsimist. Prosoodilistest tunnustest on olulisemad kõnetempo ja -rütm, kõnemeloodia, rõhkude ja (täidetud) pauside asetus kõnes. Kõnelejate eristamisel on kindel tunnus kõnedefektide või aktsendi olemasolu. Paljudel inimestel on selgelt tajutavad erinevused kõnetämbri (nasaalsus, hääle kähedus, kriiskav hääel jne). Samuti väljendub kõneleja isikupära hästi sõnavaras, täitesõnade või häälitluste (“eee”, “eks ju”,

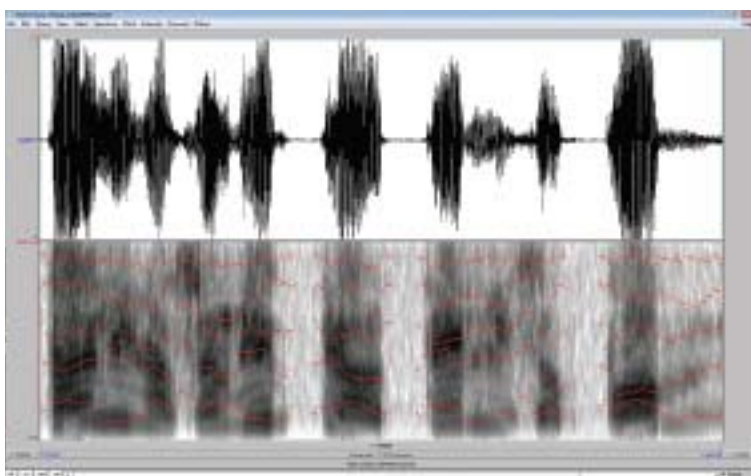
“noh”, “mmm” jne) kasutuses (Meister 2002: 269). Analüüsi tulemused fikseerib ekspert töölehel. Peale eelnimetatud tunnuste lisatakse töölehele ka andmed võrreldavate helifailide kohta: faili nimi, kanalite arv, diskreetimisagedus, kodeering, samuti teave kõneleja kohta: sugu, vanus, hääle moonutamine, võimalik joove jms.

Auditiivne analüüs on kasutatav ka küllalt kõrge mürataseme puhul, sest inimese kuulmine on erinevalt signaalitötlussüsteemidest võimeline käsitlema kõnet ja müra erinevate signaalidena (Meister 2002: 269). Samuti saab erandjuhtudel, olenevalt materjalist, auditiivset analüüsi läbi viia ka lühema materjali (vähem kui 30 sekundit) puhul.



Spektrogramm (halltoonides) ja põhitooni (F0) kontuur (helesinine).

Akustilise analüüsi käigus võrreldakse ekspertiisitarkvaraga (valikuliselt SIVE, SIS, Praat, Wavesurfer) erinevaid hääleparameetreid (põhitoon (F0), foneemid, pikaajaline keskmistatud spekter (LTAS)). Tulemused fikseerib ekspert töölehel.



Lainekuju (ülemine aken); spektrogramm (halli toonides alumises aknas); formandid (punaste täpikestena alumises aknas).

Ekspertiisiks esitatud materjal peab olema piisavalt pikk, vaidlustatud nn puhast kõnet peab olema minimaalselt 30 sekundit. Võrreldavatest helifailidest eemaldatakse (kustutatakse) enne analüüside tegemist analüüsiks mittevajalikud osad (teiste kõnelejate hääled, pikad pausid, müra, muusika ning üksteisele pealerääkimised, st kohad, kus hääled kattuvad ja korraga räägib mitu kõnelejat).

Hea tulemuse saamiseks peaksid vaidlustatud materjali ja võrdlusmaterjali salvestusparameetrid ja -tingimused ning kõnelejate emotsionaalne seisund olema võimalikult sarnased.

Lisaks võetakse vaidlustatud ja võrdlusmaterjali hindamisel arvesse kasutatud seadmestikku ja võimalikke sagedusriba piiranguid (telefonid, diktofonid vm), salvestustingimusi (ümbruskonna müratase, ruumi akustika), kõneleja emotsionaalset, füüsilist (nt nohu), vaimset (nt stress) seisundit; hääle moonutamist ja matkimist; joovet, medikamentide mõju, suitsetamist ja kasutatud analüüsitehnikat (tarkvara).

Auditiivse ja akustilise analüüsi tulemusena kujuneb välja eksperdiarvamus, mille esitamiseks kasutatakse EKEIs seitsmeastmelist skaalat alates väga tõenäolisest (A) kuni väga vähe tõenäoliseni (G). Kategoorilist arvamust ei anta.

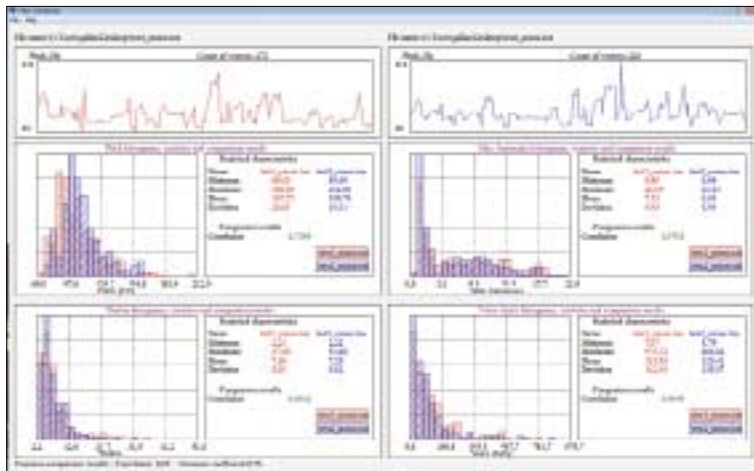
Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis kasutusel olev häälenäidete võrdlustulemuste hindamise astmestik on järgmine.

- A** – väga tõenäoliselt sama kõneleja
- B** – tõenäoliselt sama kõneleja
- C** – võimalik, et on sama kõneleja
- D** – otsust ei saa langetada
- E** – võimalik, et on eri kõnelejad
- F** – tõenäoliselt eri kõnelejad
- G** – väga tõenäoliselt eri kõnelejad

Näidisküsimused eksperdile

- Kas salvestisel ... (nimetada) ja salvestisel ... (nimetada) on kõnelejaks üks ja sama isik?
- Kas salvestisel ... (nimetada) kõneleja on sama isik, kes räägib häälenäidisel ... (nimetada) või sama isik, kes räägib häälenäidisel ... (nimetada)?
- Mitu isikut võtab osa ekspertiisiks esitatud helisalvestisel ... (täpne nimi ja kui vaja, siis ka asukoht, min: s) olevast vestlusest?

Küsimusi võib varieerida, peaasi et oleks üheselt arusaadav, milliseid hääleproove tuleb omavahel võrrelda.



Kahe isiku põhitooni võrdlus tarkavaraga SIVE (versioon 8.1): sama kõneleja.

Automaatne kõnelejatuvastus

Paljud kriminalistikalaborid kasutavad akustilise analüüsi ühe osana ka automaatset kõnelejatuvastust. Meetodit on kasutatud kohtuekspertiisi vallas umbes 15 aastat, kuid väljaspool kohtuekspertiisi on automaatset kõnelejatuvastust rakendatud tunduvalt varem, alates 1960ndate aastatest. See on kõnetehnoloogiline distsipliin, mida kasutati ja kasutatakse siiani näiteks kõrge turvaastmega hoonetesse/turvatsoonidesse pääsemiseks. (Jessen 2008.)

Automaatse tuvastuse abil saab identifitseerida või verifitseerida kõnelejat ja piirata võimalike kõnelevate inimeste hulka. Automaatne tuvastus eeldab ka nn kõnelejate andmebaasi loomist ja väljaarendamist (Niemi-Laitinen 2001: 6).

Automaatsete süsteemide puhul tuvastatakse kõneleja inimeksperdi abita süsteemi treenimisel loodud kõnelejamudelite ja tundmatu isiku kõnest leitavate tunnuste võrdlemise teel. Kasutatakse näiteks pika- ja lühiajalist spektrit, spektri töötlemisel saadavaid parameetreid ja mitmeid kõnetaju mudelitest lähtuvaid tunnuseid (Meister 2002: 270).

Kriminalistikas kasutatav automaatne kõnelejatuvastus (kõneleja identifitseerimine) põhineb Bayesi teoreemil ja koosneb kolmest etapist.

- **Parameetrite eraldamine** – kõnesignaalist eraldatakse automaatselt akustilised parameetrid. Enim kasutatavad on MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) ehk kõnetaju mudelitest lähtuvad tunnused. Need tunnused sisaldavad kõne kõiki aspekte, sh teavet kõnelejale omaste tunnuste ja stilistiliste tunnuste kohta (nt lugemine vs. spontaanne kõne, emotsionaalsus jms).
- **Parameetrite modelleerimine** – MFCC tulemuste statistiline

modelleerimine. Kõige enam kasutatav on GMM (Gaussian Mixtures Models) ehk Gaussi segamudelid, mis on eri normaaljaotuste kaalutud keskmine. Modelleerimise tulemusena saadakse kõneleja mudel, st konkreetse kõneleja häälemustri mudel.

- **Distantsi**, st sarnasuste arvutamine.

Bayesi lähenemise kasutamine hääleekspertiisis on viinud järelduseni, et häälte võrdlemine ei ole ainult salvestistel olevate häälemustrite erinevuste ja sarnasuste leidmine, vaid lisandub ka teadmine häälte sarnasuse kohta teatud populatsiooni hulgas (Jessen 2008).

Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis on ekspertiiside tegemiseks ettevalmistus- ning testimisjärgus tarkvara SIVE paketti kuuluv automatiseeritud hääle otsingumoodul VOICE, mis kasutab tuvastamisel lähenemist, mis põhineb tõenäosusteoorial ja statistikal, kui kõnelejate andmebaasist otsingut tehakse (Bayesi teoreem).

HELISALVESTISE TRANSKRIBEERIMINE ehk ÜLESKIRJUTUS

See on kõige aeganõudvam, nii tehniliselt kui ka psühholoogiliselt raskeim hääleekspertiisi liik eriti halva kvaliteediga salvestis(t)e korral. Transkribeerimine eeldab helisalvestis(t)e mitmekordset ekspertiisitarkvaraga (valikuliselt kas AdobeAudition, SoundForge, Praat, SIS vm) erineva valjusega ja kiirusega kuulamist. Kuulamiseks kasutatakse kvaliteetseid kõrvaklappe ja/või kõlareid.

Väga halva kõnematerjali puhul läheb töörežiimile häälestumiseks keskeltläbi aega 20–50 sekundit.

Peale töö alustamist kulub maksimaalse efektiivsuse saavutamiseks umbes 10–30 minutit ning see püsib päevas maksimaalselt 4–5 tundi. Optimaalsus saabub 48 tundi pärast helisalvestise esmakordset kuulamist. Eriti halvakvaliteedilise materjali puhul on võimalik ühe tunniga “dekodeerida” umbes 8–15 sekundit kõnet.

Mürarikka helisalvestise transkriptsiooniks võib kuluda aega järgmiselt:

Mürarikka helisalvestise raskusaste	Eksperti poolt töödeldava osa keskmine kestus	
	1 tunniga	1 tööpäevaga
MADAL	4–10 min	25–60 min
KESKMINE	30–50 s	3–6 min
KÕRGE	5–10 sek	20–50 s

Transkribeerida saab kogu helisalvestist või siis mõnda kindlat helisalvestise lõiku, mille täpne asukoht helisalvestisel on ära märgitud ka ekspertiisimääruses.

Transkriptsioon koostatakse ekspertiisiakti lisana. Juhul kui transkriptsiooni vajavaid helisalvestisi on palju, vormistatakse transkriptsiooniga iga helisalvestise kohta eraldi lisana.

Transkriptsiooni vormistamisel:

- kasutatakse trükitähti ning kirja pannakse ka hääliitsused (“mhmh”, “ahah” jne);
- kirjakeeles olemasolevad sõnad, mille hääldus ei vasta kirjakeele hääldusviisile, kirjutatakse üles vastavalt hääldusele (nt “kakskend”, “hobune”, “midää”, “sis”, “nimodi”, “kule”, “ota”, “müia” jne);
- numbrikombinatsioonid kirjutatakse välja sõnadena (nt “kuussada viiskümmend viis”, mitte “655”);
- lahku hääldatud liitsõnad kirjutatakse lahku (nt “sünni päev”);
- üneemid ehk funktsionaalsed hääliitsused märgitakse tavaliselt kahekordse tähega (“aa”, “ee”, “õõ”);
- lühike üneem märgitakse ühekordse tähega (“a”, “e”, “õ”);
- ei kasutata kirjavahemärke (koma, hüüumärk, küsimärk, punkt jne).

Vältimaks kuulmishallutsinatsioone ja -kahjustusi, on soovituslik mitte koorjata kõrvu salvestis(t)e kuulamisel kauem kui kolm tundi järjest, halvakkvaliteedilise signaali korral veelgi vähem.

Näidisküsimused eksperdile

- Palun transkribeerida salvestisel ... (nimetada) olev tekst alates (minut: sekund) kuni (minut: sekund).
- Kas stenogrammis ... (nimetada) kirjapandud tekst vastab salvestusel ... (nimetada) sisalduvale kõnetekstile? (Esitatakse juhul, kui seatakse kahtluse alla stenogrammi õigsus.)

HELISALVESTIS(T)E ARUSAADAVUSE PARANDAMINE

Arusaadavuse parandamise eesmärk on vähendada müra vastuvõetava tasemeni ilma soovitud materjali liigselt mõjutamata. Ekspertiisi või uuringu läbiviimisel kasutatav tarkvara (valikuliselt, vastavalt vajadusele): Adobe Audition, SoundCleaner, SoundForge, Algorithmix, SIS, Wavelab, Praat, Wavesurfer.

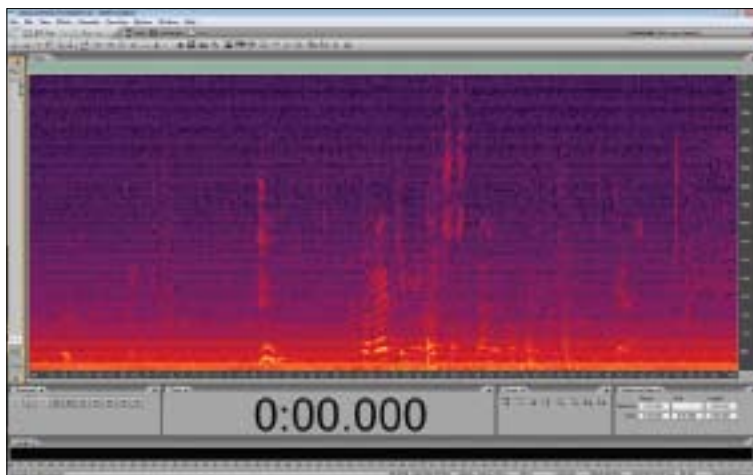
Madalsageduslikud mürad (näiteks võimendi sumin, taustamüra, telefonihäired, raadiohäired, isegi aeglane muusika jms) võivad kõrgemad sagedused ära varjata ning mõnikord saab seda olukorda parandada. Samas tu-

leb arvestada, et halvakvaliteediline salvestis jääb ka pärast pikka selle kallal töötamist väga tõenäoliselt endiselt halvakvaliteediliseks, kuid sellel olev jutt on arusaadavam ning selle kuulamine väsitab vähem.

Madalakvaliteedilistel salvestistel oleva kõne arusaadavuse parandamise põhimõte on võimalikult paljude segavate faktorite kõrvaldamine ja moonutatud parameetrite viimine vastavusse kõnekujutiste harilike väärtustega.

Kõige tavalisem müra kõrvaldamise moodus on kasuliku signaali demaskeerimine, so mürarikaste signaalikomponentide summutamine kohtades, kus häired on tugevad ja kasulik signaal nõrk, ning kasuliku signaali intensiivistamine. Digitaalsed filtrid võimaldavad seda teha paremini kui analoogfiltrid, mis suudavad neid ülesandeid täita vaid osaliselt.

Mürarikas salvestus võib sageli sisaldada rohkem kasulikku signaali, kui seda algselt kuulda on.



Mürarikka salvestise spektrogramm.

Halva kvaliteediga salvestiste kuulamisel ja kõnest arusaadavuse parandamisel kasutatakse valikuliselt järgmisi töövõtteid:

- demaskeeritakse kasulik signaal, võttes arvesse inimese kuulmise omapära;
- kõrvaldatakse erinevad taustamürad, vähendamaks kuulaja väsimust;
- arusaadavuse seisukohalt aktsepteeritava diapasoni kitsendamine, vähendamaks kuulaja väsimust (näiteks tõkestada madalasageduslikud suminad ja kõrgetel sagedustel olevad sisinad);
- salvestise amplituudide järskude tõusude ja languste ühtlustamine, pauside korral amplituudi vähendamine;
- pulseerivate häirete ja muude intensiivsete kõrvaliste helide eemaldamine või nende amplituudi vähendamine;

- regulaarsete aeglaselt muutuvate segavate helide kõrvaldamine: muusika, reverberatsioon ehk järelkõla, liiklus-, tööstus-, võrgumüra jms;
- signaali spektri tasandamine;
- kitsasriba häirete täiendav kõrvaldamine;
- lairiba müra kõrvaldamine (raadio, mikrofoni kahin);
- kuulajale optimaalse sageduskarakteristiku formeerimine.

Kuna aja jooksul müra tavaliselt muutub, siis tuleb kasutada digitaalseid adaptiivseid filtreid, mille efektiivsus sõltub kiirest automaatselt kohanisest signaali muutustele.

Mõned näited

Signaali töötlemine ajaskaalal

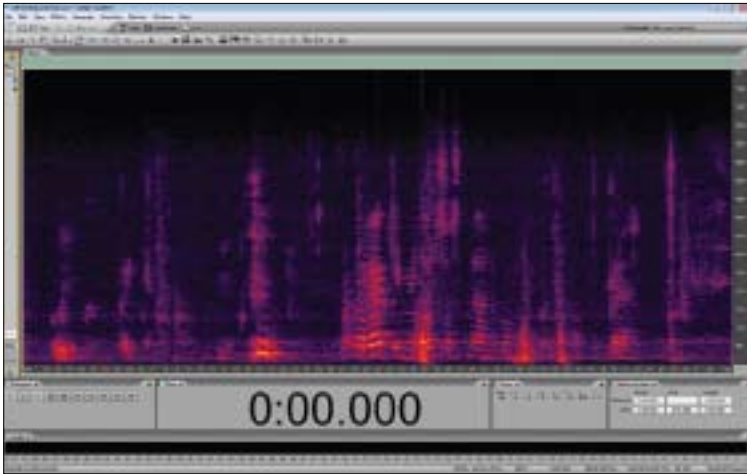
- Lähtefail jaotatakse fragmentideks vastavalt müra ja moonutuste tüübile.
- Tasandatakse suured kõikumised amplituudis ja helivaljuses (iga fragmendi puhul eraldi).
- Kõrvaldatakse pulseerivad häired automaatsete ja mitteautomaatsete vahenditega tarkvaraga, näiteks nagu Soundcleaner, Sis või Algorithmix.
- Kõrvaldatakse regulaarsed aeglaselt muutuvad häired adaptiivfiltritega.
- Pauside korral vähendatakse signaali amplituudi.

Signaali töötlemine spektriskaalal

- Tarkvara abil genereeritakse spektrogrammid.
- Vajadusel tõkestatakse madalamaid või kõrgemaid sagedusi või mõlemaid (diapasooni kitsendamise).
- Tasandatakse spekter *inverse*-filtri abil.
- Kõrvaldatakse kitsasriba häired.
- Kõrvaldatakse lisandunud lairiba häired.
- Korrigeeritakse sageduskarakteristikuid kuulajale optimaalseks.
- Vajadusel korratakse signaali töötlemist ajaskaalal.
- Liidetakse töödeldud fragmendid valmis lõppfailiks.

Töö käigus salvestatakse mitu erinevat parandatud arusaadavusega helisalvestise varianti, millest hiljem valitakse välja kõige tulemuslikumad. Peale arusaadavuse parandamist võib töödeldud kasulik kõne kõlada tuhmina, metalsena, võivad esineda tehnilikud moonutused, samas peaks arusaadavus olema parem.

Töödeldud helisalvestis(ed) / helisalvestis(t)e variandid kopeeritakse andmekandjale (CD-plaadile või DVD-plaadile). Seejärel andmekandja tähistatakse ning edastatakse koos ekspertiisiaktiga ekspertiisi määrajale.



Parandatud arusaadavusega salvestise spektrogramm.

Pikaajaline mürarikka või valju salvestuse kuulamine tekitab suurt väsimust, kõnest arusaamine väheneb märgatavalt ja võivad tekkida kuulmishallutsinatsioonid (kuulmisneuronite, mitte helisignaali tekitatud helikujutised). Seetõttu on soovituslik mitte koormata kõrvu salvestis(t)e kuulamisel kauem kui kolm tundi järjest, halvakkvaliteedilise signaali puhul veel vähem.

Töö kiirema valmimise huvides on hea, kui pikkade helisalvestiste puhul märgitakse ära täpne ajavahemik, mille ulatuses arusaadavuse (kvaliteedi) parandamist soovitakse.

Näidisküsimus eksperdile

- Võimaluse korral parandada helisalvestis(t)e ...wav (nimetada) kvaliteeti alates (minut: sekund) kuni (minut: sekund).

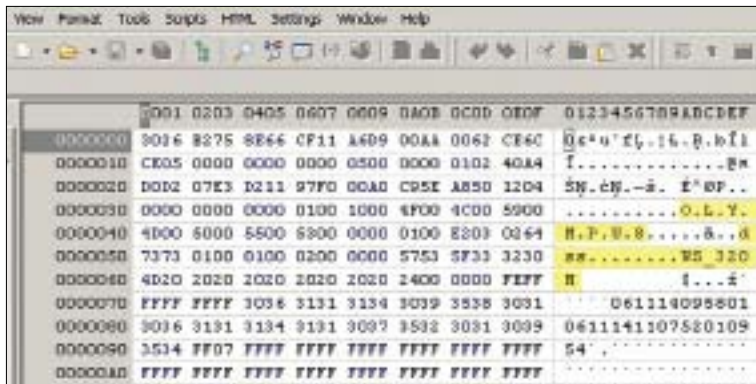
HELISALVESTISE AUTENTSUSE MÄÄRAMINE

Helisalvestise autentsuse määramine annab teada kas algset salvestist on mingil moel muudetud/monteeritud.

Ekspertiisi tegemisel kasutatav tarkvara on (valikuliselt, vastavalt vajadusele): Adobe Audition, EdiTracker, SIS, Wavelab, Praat, Wavesurfer.

Ekspertiisiobjektid (vaidlustatud ja/või võrdlusmaterjal) esitatakse üldjuhul digitaalselt: CD-plaadil ja/või DVD-plaadil või siis koos salvestusvahendiga (mobiiltelefon, diktofon, mp3-mängija).

Digitaalsete helisalvestiste puhul kontrollitakse kõigepealt vastava tarkvaraga (nt hex editoriga) helisalvestise metaandmeid eesmärgiga leida viiteid sellele, millise salvestusvahendiga ja millal on helisalvestis loodud.



Diktofoniga Olympus WS-320M salvestatud helisalvestise metaandmed.

Seejärel viiakse ekspertiisartikvara abil läbi kriitiline kuulamine, auditiivne analüüs ja spektri analüüs.

Auditiivse analüüsi ja kriitilise kuulamise käigus kuulab ekspert helisalvestist, otsides ebatavalisi akustilisi sündmusi, nagu näiteks salvestuse katkemine, kiiruse muutused, järsud valjuse ning signaali/müra suhte muutused ja muud uurimist vajavad variatsioonid. Kuulatakse nii esiplaani- kui taustahelid, pannes tähele erinevate keskkonnahelide ebatavalisi muutusi, puudumist või olemasolu. Keskendutakse (kõneleja(te)) häälele ja hääle muutusele, vestluse kulule, kõne ülesehitusele, ootamatutele ja seletamatutele teemavahetustele ja muudele helidele.

Ekspertiisartikvaraga analüüsitakse salvestise sageduskarakteristikuid ja esitatakse see visuaalsel kujul spektrogrammina. Spektrogramm võimaldab ülevaatlilikult näha kogu spektrit, uurida konkreetse akustilise sündmuse tunnuseid ja määrata selle võimalik allikas.

Vajadusel tehakse proovisalvestis, millel on vähemalt kümme näidist originaalsalvestusseadme funktsioonidest “Start”, “Stopp”, “Paus”, “Stopp-Start”, ja kui seade võimaldab, siis ka häälega aktiveerimisest. Seejärel võrreldakse omavahel vaidlustatud materjali ja testsalvestise vastavaid näiteid nii visuaalselt (lainekuju, spektrogramm) kui auditiivselt, kusjuures näidete helitugevus peab olema ühesugune.

Analüüside tulemused fikseerib ekspert töölehel. Peale tulemuste lisatakse töölehele ka andmed salvestusseadme kohta (kui see on ekspertiisi esitatud) ning võrreldavate helifailide kohta (faili nimi, kanalite arv, diskreetimissagedus, kodeering).

Näidisküsimused eksperdile

- **Kas salvestisel ... (nimetada) esineb autentsuse rikkumisele (monteerimisele) viitavaid tunnuseid?** Kui jah, siis milliseid ning kus?
- **Kas ekspertiisiks esitatud diktofonile salvestatud fail ... (nimetada) on identne CD-/DVD-plaadile salvestatud failiga ... (nimetada)?**

Juhul kui salvestis on pikk ja kahtluse alla seatakse vaid teatud lõik helisalvestisest, tuleb see ajavahemik fikseerida ka küsimuses (nt: 00:34 (minut: sekund) kuni 02:00 (minut: sekund)).

NÕUDMISED KÕNELEJA TUVASTAMISE JAOKS TEHTAVALE VÕRDLUSMATERJALILE

Kõneleja tuvastamiseks vajalikud minimaalsed tehnilised nõuded salvestisele on järgmised: 11025 Hz, 16 bitti, mono. Telefonisalvestuste puhul sobib ka 8000 Hz, 16 bitti, mono.

Võrdlusmaterjal peab olema uuritava materjaliga võimalikult sarnane. Näiteks telefonikõne salvestise võrdlusmaterjal (hääleproov) peab samuti olema salvestatud telefoni teel. Kui on teada, et vaidlustatud kõne ajal kasutati mobiiltelefoni, siis tuleb ka võrdlusmaterjal võimalusel mobiiltelefoniga salvestada. Kui uuritav materjal on pärit päästekeskusest, siis on soovitatav hankida võrdlusmaterjal koostöös päästekeskusega jne. Kui selline salvestus pole võimalik, tehakse salvestus vastavalt võimalustele, kuid tuleb arvestada, et ekspertiisi tulemused ei pruugi tulla nii head.

Enne salvestamise alustamist tuleb veenduda, et salvestusseade oleks töökorras ja salvestusnivoo seatud parajaks.

Analoogdiktofon (kassetiga diktofon) salvestamiseks ei sobi.

Digitaalne diktofon peaks võimaldama salvestada vähemalt eespool toodud parameetritega (11025 Hz, 16 bitti). Võimalusel salvestada häälenäidis wav-formaadis (st pakkimata andmetega salvestus). Enne salvestamist on vaja kontrollida, et signaali nivoo oleks optimaalne, sest liiga tugev signaal moonutab tulemust ning hääleproov ei pruugi enam ekspertiisi jaoks sobida. Vajaduse korral saab hääleproovi salvestamiseks kasutada EKEI häälelaboris olevat kvaliteetset Olympuse diktofoni.

Kui ekspertiisimaterjal edastatakse eksperdile koos salvestusseadmega või salvestusseadmel, tuleks kaasa panna ka olemasolevad salvestusseadme lisatarvikud (USB-juhe, toitejuhe).

Ekspertiisi tuleb saata originaalhelisalvestis, mitte koopia ega selle digitaaliseeritud variant.

Sisulised nõudmised

- Võrdlusmaterjal peab olema võimalikult mitmekesine: salvestada võiks kõigepealt vaba kõnet (vestlus, artikli lugemine, pildi(seeria) kirjeldamine jne), seejärel lasta täpselt korrata uuritava materjali teksti.
- Enne teksti lugemist peaks hääleproovi andja kõigepealt ennast tutvustama: nimi, vanus, sünniaeg, salvestamise kuupäev ning alles seejärel alustama lugemist/rääkimist.
- Vaba kõne jaoks sobib küsida lihtsaid küsimusi, millele vastamiseks ei pea palju nuputama, võib lasta rääkida oma elust, tööst, hobidest, sündmustest kodukohas jne. Vestlus tuleks üles ehitada nii, et hääleproovi andja saaks võimalikult palju rääkida. Näiteks telefoni teel võetava proovi puhul uurida, kas ta kuuleb hästi, ning põhjendades aparatuuri häälestamise vajadust paluda rääkida näiteks sellest, mida/keda ta ruumis näeb.
- Ettelugemiseks võib anda neutraalse või vaidlustatud materjalile sarnase sündmuse kirjeldusega ajaleheartikli või katkendi mõnest raamatust või ajakirjast.
- Võrdlusmaterjal tuleb võtta vaidlustatud materjaliga samas keeles, st kui vaidlustatud materjal on vene keeles, siis peaks ka võrdlusmaterjal olema vene keeles. Juhul kui vaidlustatud materjal sisaldab kakskeelset kõnet, siis peaks ka võrdlusmaterjal olema vastavates keeltes.
- Täpselt sama teksti (sh ka sama sõnade järjekord) võiks hääleproovi andja lühikese vaidlustatud teksti puhul lugeda kümme korda, väga pika teksti puhul võib ka vähem. Kui täpselt sama teksti pole näiteks uurimise huvides võimalik ette lugeda, siis lasta lugeda teistsugust teksti, milles esineb võimalikult palju sarnaseid sõnu/sõnaühendeid nagu uuritavas materjalis.
- Kui lugemiseks antud tekstis on numbraid (telefonid, pangakoodid jms), siis kirjutada need ühtlases rodus, grupeerimata (6125353, mitte 612 53 53 vms).
- Lugeda antav tekst on soovitatav tippida/kopeerida suuremas kirjas kui tavaliselt, et lugejal oleks lihtsam ning lugedes ei tekiks tõrkeid.
- Proovi võtja peab võimalikult vähe rääkima ning mitte kunagi samal ajal proovi andjaga.
- Võrdlusmaterjali ei ole kunagi liiga palju. Võrdlusmaterjali võiks olla vähemalt 10–15 minutit.
- Ruum, milles hääleproovi võetakse, peab olema vaikne, võimalikult kajavaba (kaja vastu aitavad raamaturiidulid, vaibad, pehme mööbel vms). Lülitada välja arvuti (kui seda pole salvestamisel vaja), televiisor, raadio, ventilaator jms. Pidev telefonihelin, ukse

paugutamine, taustal kostev jutt, paberi krabin, ülemäärased liigutused, tooli nagin või muusika rikuvad proovi.

- Ekspertidele tuleb saata teksti(de) koopia, mida hääleproovi andja luges.
- Võrdlusmaterjal salvestatakse kas CD/DVD-plaadile, mis võrdlusmaterjali võtja tähistab, ning pakendatakse vastavasse plastkarpi. Väiksemamahulisi ekspertiisimaterjale võib esitada ekspertiisi ka krüpteeritud e-posti teel.

Dokumenteerimine

- Dokumenteerida tuleb kõik, mis on materjali (nii vaidlustatud kui ka võrdlusmaterjali) kohta teada: millal (kuupäev, kellaaeg), kuidas ja millega salvestatud (telefoni, diktofoni, mikrofoni vms salvestusvahendi täpne nimi).
- Võrdlusmaterjali salvestamise ajal tuleb üles märkida tingimused, milles salvestus toimus, ning kirjeldada kahtlusalust. Isiku(te) puhul tuleb üles kirjutada tema vanus salvestuse hetkel (või sünniaeg) ja kas tegemist on suitsetajaga. Samuti tuleb kirja panna teave selle kohta, kas ta on koostööaldis, joobes või medikamentide mõju all, kas tal on nohu ning kas tal ka uuritava materjali salvestamise ajal oli nohu. Kas tal on proteesid (moonutab "s"-i). Millises ruumis toimub salvestus: suurus, sisustus jms akustilisi omadusi mõjutavad tegurid.
- Mida täpsem eelinfo, seda paremaid tulemusi võib ekspertiisilt oodata.

Üldised nõudmised

- CD/DVD-plaate ei tohi jätta tugeva valguse või sooja kätte, seega neid ei tohi asetada näiteks aknalauale või kopeerimismasinale.
- Andmekandjat võib hoida ja puudutada ainult servadest või mittesalvestatavast piirkonnast (läbipaistev piirkond ketta keskel ja välimine serv kuni 1,5 mm laiuselt).
- CD/DVD-plaadi ümbrisest väljavõtmisel tuleks ühe käe sõrmedega võtta ketta servadest ja teise käega vajutada ketast keskelt hoidvale fiksaatorile, et andmekandja väljavõtmisel ei painduks ega deformeeruks.
- Andmekandjat ei ole soovitatav painutada, põrutada ega rõhu ja/või pinge alla seada, lasta maha kukkuda, sellele kõvasti näpuga survet avaldada, näpuotsaga/küünega/markeriga tugevalt vajutada. CD/DVD-plaadile kirjutamiseks tuleks kasutada pehmet, spetsiaalselt selleks ettenähtud markerit.
- Plaadi salvestuspiirkonna puudutamine, eriti palja käega, on keelatud.
- CD/DVD-plaadi või kasseti pakendamiseks/hoidmiseks tuleb

kasutada plastmassist ümbrist, mis lisaks mehaanilistele kahjustustele kaitseb ka järskude temperatuuri ja õhuniiskuse muutuste ning õhus leiduvate saasteainete eest, mis võivad põhjustada andmekandja kõverdumist ja deformeerumist. Ei ole soovitatav asetada andmekandjaid ümbristesse, mille pinnad andmekandjat puudutavad (Eskor 2003).

- Nõuetekohasesse karpi pakendatud vaidlustatud materjaliga andmekandja ja võrdlusmaterjaliga andmekandja tuleb pakkida eraldi ümbrikesse, mis on varustatud sisule vastava tähistusega (ümbrikud tuleks märgistada enne andmekandjate ümbrikusse panemist).
- Juhul kui vaidlustatud ja võrdlusmaterjal paiknevad ühel andmekandjal, saata nad ka ekspertiisi ühel andmekandjal, lisades määrusesse sellekohase märke ning vaidlustatud materjali ja võrdlusmaterjali täpsed nimetused.
- Ekspertiisi saadetavad salvestusvahendid (magnetofonid, diktofonid, mobiiltelefonid, mp3-mängijad vms) tuleb transportimiseks hoolikalt pakkida löökide eest kaitsvatesse sobivas mõõdus pappkastidesse/karpidesse (vajadusel kasutada toestamiseks/täiteks mullikilet, paberit vms). Pappkastid/karbid varustada lisaks sisu loetelule ka märkega “ÕRNAD ESEMED”.

Kasutatud kirjandus

- Meister, E. 2002. Kõneleja-spetsiifiliste tunnuste otsinguil. Tartu, Tähendusepüüdja. Pühendusteos professor Haldur Õimu 60. sünnipäevaks. Toim. R. Pajusalu, T. Hennoste (TÜ üldkeeleteaduse õppetooli toimetised 3), 266–284.
- Hollien, H. 2002. Forensic Voice Identification. Academic Press, peatükk “History”, 17–26.
- Каганов А.Ш. 2009. Криминалистическая идентификация личности по голосу и звучащей речи. Москва. 296 lk.
- Eskor, L., Langebraun, L., Terav, M. 2003. Digitaalse info hoidmine CD-Ril. Tartu, Rahvusarhiivi juhised.
- Коваль С.Л., Гарбарук В.И., Ильина О.Я. 1997–1999. Шумоочистка и установление текста низкокачественных звукозаписей речи. Методические рекомендации ЦРТ. 63 lk.
- Jessen, M. 2008. Forensic Phonetics. Language and Linguistics Compass, 2/4, 671–711.
- Niemi-Laitinen, T. 2001. Ideolektinen ja forensinen fonetiikka. Opintomoniste. Helsingin Yliopiston fonetiikan laitos, 6.

KÄEKIRJAEKSPERTIIS

Liina Eskor, Helle Randmäe,
Eve Kristjankroon

Kirjutamisoskus ei ole kaasasündinud, vaid see omandatakse õppimise ja harjutamisega. Kirjutama õppimisel on väga oluline eeskuju: laps võib kirjutada samamoodi nagu ema, ka ühes klassis õppijatel võib olla sarnane käekiri. Alles pärast seda, kui tüüpkirja (ehk kirja, mille alusel õpetatakse ja õpitakse kirjutama) tähekujud on meelde jäänud, hakkab õppija neid kirjutama enam-vähem ühesuguste liigutustega. Sealjuures püütakse kirjutada kiiresti ja kulutada minimaalselt nii vaimset kui füüsilist energiat. Kuna tüüpkirja järeleaimamine ei anna tihti soovitud kiirust ja kergust, püüab igaüks leida endale sobivamaid kirjutamisliigutusi. On loomulik, et ühele inimesele osutuvad närvisüsteemi ja kirjutava käe individuaalsuse tõttu kõige kiiremateks ja kergemateks ühed, teisele teised liigutused.



Foto 1. Lapse väljaarenenemata käekiri.

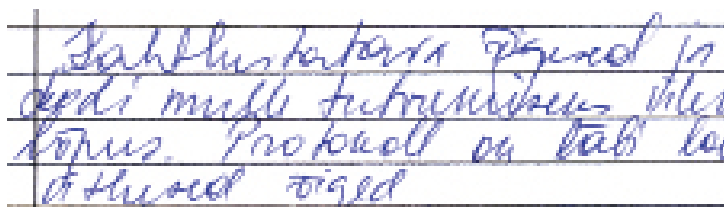


Foto 2. Väljakujunenud käekiri.

Pikaajalise harjutamise tulemuseks on harjumus – väljakujunenud ja püsivad närviseosed, mis võimaldavad kergesti ja kiiresti vajalikke kirjutamisliigutusi teha. Tekib kindel motoorsete harjumuste kompleks, mida on praktiliselt võimatu muuta. Areng on toimunud aeglaselt täheelementide maaliselt tähtede kiirele ja automaatsele kujutamisele. Kirjutaja ei mõtle enam, kuidas täheelemente ja tähti kirjutada, vaid sellele, mida ta kirjutab ning kuidas oma mõtteid väljendada. Inglisekeelses kirjanduses kasutatakse selle nähtuse tähistamiseks terminit “graafiline küpsus” (*graphic maturity*). (Morris 2000: 1–9.)

Seega omandab iga inimese käekiri juba õppimise ja harjutamise ajal isikupärased tunnused ja omadused, mis kõik kokku moodustavadki igale kirjutajale ainuomase ja kordumatu käekirja tunnuste süsteemi. (Lindmäe 1976.)

Käekiri on individuaalne ja püsiv. Üldjuhul ei suuda inimene loobuda oma käekirjast ja hakata kirjutama hoopis teistmoodi. Samas on käekirja püsivus ikkagi suhteline, mitte absoluutne. Inimese käekirjas võib esineda muutusi ja käekirja variante, mis üksteisest mingil määral erinevad. Muutused võivad olla alalised või ajutised. Alatiseks suudab inimene tahtlikult käekirja muuta mingil määral, kuid see eeldab suurt harjutamist. Alatisi muutusi võivad põhjustada ka vananemine, kauakestvad haigused, käe püsiv vigastus.

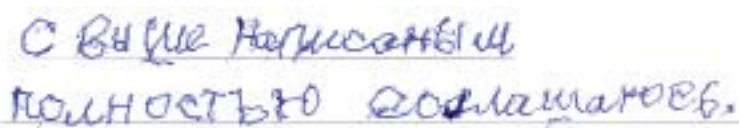


Foto 3. Kõrge vanus võib põhjustada käekirja muutumist.

Käekirja ajutised muutused on tavaliselt tingitud kirjutamisest ebaharilikes või harjumatuses olukordades, seda mõjutab näiteks kirjutamine külma käes (põhjustab käte kohmetumist), alkoholi tarvitamine (tekitab liigutuste ebakindlust ja takerdumist, joonis 4), erutus (võib väljenduda käte värisemises).

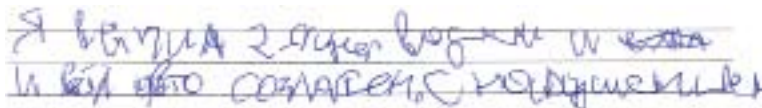


Foto 4. Joobes isiku käekiri.

Kirjutamist mõjutavad ka puudulik valgustus, ebamugav kirjutamisasend, kirjutamine üleriietes või kinnastega, teatud tüüpi ravimite tarvitamine jms.

AJALUGU

Kriminalistikaline käekirjaekspertiis on välja kasvanud grafoloogiast, mis omakorda sai alguse inimese huvist käekirja ja isikuomaduste vaheliste seoste vastu. Rohkem kui 2000 aastat tagasi kirjutas Confucius, et olge ettevaatlikud inimese suhtes, kelle kirjutatu “lainetab” nagu kõrkjad tuules. 1622. aastal väitis Itaalia arst Camilo Baldi oma uurimuses: “On selge, et iga inimene kirjutab omamoodi. Inimese käekirjale iseloomulikke tunnuseid ei ole võimalik täielikult võltsida.” (Wittlich 1938: 11.)

19. sajandil võttis prantslane Abbé Michon kasutusele termini “grafoloogia”. Saksa filosoof ja psühholoog Ludwig Klages seostas 20. sajandi alguses grafoloogia ja gestaltpsühholoogia väitega, et käekirja mõjutab aju tegevus ning seetõttu peegeldab see inimese mentaalset seisundit. (Wittlich 1938: 14.)

Tänapäeval eristatakse grafoloogiat kriminalistikalises käekirjaekspertiisist siiski rangelt (tuleb märkida, et mõnes riigis (nt Suurbritannia) kuulub termin “grafoloogia” siiski endiselt käekirjaekspertiisi alla). Käekirjaekspertid tegelevad teksti ja/või allkirja kirjutatud isiku määramisega, seevastu grafoloogia eesmärk on käekirja põhjal inimese iseloomu, harjumuste, kalduvuste ja psüühilise seisundi kindlakstegemine. Väidetakse, et grafoloogia on pseudoteadus, kuna selle meetodid ja järeldused ei ole teaduslikult põhjendatud. Sellegipoolest on grafoloogia elujõuline. Seda kasutatakse näiteks töökohale sobivuse katsetamiseks mitmes Prantsusmaa, USA ja Suurbritannia firmades.

Eestikeelset kirjandust käekirja uurimise kohta võib leida alates 1920ndatest aastatest. 1924. aastal ilmus Rudolf Paliso raamat “Käekiri – iseloomu väljendaja”, mis tutvustas laiemale publikule grafoloogia mõistet ja põhimõtteid. Ka selles raamatus väidetakse, et iga meie psüühiline omadus on ajus olemas ning ilmub aju funktsioneerimise tõttu kirjutades alati paberile (Paliso 1924: 10).

19. sajandi lõpuni olid kriminalistikalise käekirjaekspertiisiga tegelejad suhteliselt madala kvalifikatsiooniga. Elukutselisi kohtueksperthe ei olnud, käekirja- ja dokumendiekspertiisi asjus kutsuti kohtusse arvamust avaldama näiteks kalligraafia- ja joonestusõpetajaid ning kunstnikke. 19. sajandi lõpus hakati Vene keisririigis rääkima teaduslikule alusele rajatud keskasutuste loomisest. Asja vastu tunti huvi prokuratuuris ja kohturingkondades, kus leiti, et nii tähtsat ja vastutusrikast tööd ei tohiks teha juhuslikud inimesed, vaid vastava ettevalmistusega eriteadlased. (Wittlich 1937b.)

Peale Eesti Vabariigi loomist oli ka siin tarvis keskasutust kriminalistikaekspertiiside tegemiseks. Nii alustaski 1921. aastal Tallinnas tööd kohtuteaduslik ekspertiiskabinet, esialgu kohtupalati (hiljem nimetati ümber kohtukojaks) prokuröri juures. Kabineti juhatajaks kutsuti seni Riia ringkonnakohtu ekspertina töötanud ja sealse polütehnikumi keemialabori juhataja Karl

Schneider. Hiljem juhtis kabineti tööd Felix Wittlich, kes analüüsis inimese käekirja ja iseloomu ning avaldas raamatu kohtuliku grafoloogia alustest 1938. aastal. Selleks ajaks jaguneb grafoloogia selgelt kahte ossa – Wittlich nimetab neid käekirja karakteroloogiaks (st grafoloogia kui iseloomu kindlaksmääramine käekirja põhjal) ja kohtulikuks grafoloogiaks (tänapäevases mõistes kriminalistikaline käekirjaekspertiis). (Wittlich 1938: 6.) 1932. aastast alates suurenes asutuse töötajate arv, kuna loodud ekspertiisikabinet võimaldas tööle võtta kvalifitseeritud tööjõudu. Sellest ajast alates tegid ekspertiise erapooletud ja objektiivsed töötajad, kes lähenesid käekirjale teaduslikult. (Wittlich 1937b.)

Ekspertiisikabineti otsene ülesanne oli kuritegude lahendamisele moodstate uurimismeetoditega kaasa aidata. 1920.–1930. aastatel olid kabineti põhilised tööülesanded käekirja- ja dokumendiekspertiisid (võltsitud allkirjade ja anonüümkirjade tuvastamine, dokumentide mehaanilisel või keemilisel teel võltsimiste tuvastamine, masinkirjatekstide identifitseerimine). Samuti tegelesid eksperdid sõrmejälgede identifitseerimise, sissevõtmisjälgede uurimise ja ballistikaekspertiisidega. Töötajate kompetentsuse tagamiseks telliti erialaajakirju nii Eestist kui ka välismaalt. Lisaks oldi tihedas kontaktis teiste riikide asutuste ja kohtuekspertidega. (Wittlich 1937a.)

Käekirjaekspertiisi alal kaitses Aleksandra Ibrus-Määr 1933. aastal Tartu Ülikoolis doktoritöö “Käekirja iseloomust üksikperekonnis ja sugulaskonnas ja selle tähtsusest grafoloogilise ekspertiisi puhul” (Ibrus-Määr 1933).

Käekirjaekspertiis on Eestis püsinud ja arenenud läbi terve 20. sajandi ja ei ole praegugi oma rolli kaotanud. Tänapäeval on käekirjaekspertiiside tegemine Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi dokumendiosakonna ekspertide pädevuses. Käekirjaekspertid kuuluvad ka Euroopa kohtuekspertiisi asutuste koostöövõrgustiku (ENFSI) käekirjaekspertide töögruppi (ENFHEX). Töögrupp korraldab ekspertide pädevuse kontrollimiseks katseid igal aastal, samuti on võimalus Euroopa kolleegidega kohtuda ja kogemusi vahetada käekirjaekspertide konverentsidel, mis toimuvad iga kahe aasta järel. Praktikas on ette tulnud ka erandjuhtumeid, kus eksperdiarvamuse saamiseks on pöördutud teiste riikide ekspertide poole, samuti on meie eksperdid teinud ekspertiise teiste riikide menetlejatele.

KÄEKIRJAEKSPERTIIS

Käekirjaekspertiis on klassikaline kriminalistikaekspertiisi valdkond, mille peamine ülesanne on teksti ja/või allkirja kirjutaja määramine. Ekspertiisiobjektid on üldjuhul lepingud, testamendid, volikirjad, arved jms. Erandkorras on analüüsitud ka seinal, mälestusmärgil ja plakatitel olevaid tekste. Enamasti on käekirjaekspertide abi vaja majandusvaidluste lahendamisel. Ligi kaudu üks kolmandik töödest on seotud tsiviilvaidlustega.

Erinevatel rahvustel on seoses keeleliste erinevustega kujunenud välja ka erinevused tüüpkirjas. Seetõttu on tavaks, et käekirjaekspertiise tehakse kirjutaja kodumaal. Eesti käekirjaekspertid uurivad ladina ja slaavi tähestiku tähekujusid. Kuigi oleme rahvuselt eestlased, on meil tihe kokkupuude ja pikk töökogemus ka slaavi tähestikus kirjutatud tekstidega.

Käekirjaekspertiisi valdkonnas esineb tsüklikena perioode, kus üht tüüpi vaidlustatud dokumente esineb teistest rohkem, näiteks 1930ndail aastail olid levinud vekslivõltsimised, aastatel 2004–2006 saadeti ekspertiisi palju mobiilsideoperaatoritega sõlmitud liitumislepinguid, kaardimaksekviitungeid, nende ridade kirjutamise ajal on levinud autode ostu-müügilepingute võltsimine. Selliste juhtumite puhul selgub tihti, et dokumendil olev isiku allkiri on võltsitud, kuna firma või asutus ei ole lepingut sõlmima tulnud isiku tuvastamisega korralikult tegelema. Oma osa on ka selles, et allkirjad on tihti liiga lihtsad ja lühikesed ning kurjategijal on kerge neid võltsida.



Foto 5. Lühikesed ja lihtsad allkirjad.

Enda paremaks kaitsmiseks peaks inimese allkiri olema pikk ja keeruline, näiteks võiks kirjutada välja nii ees- kui perekonnanime, nagu on tavaks mitmes Euroopa riigis. Allkirjale võib lisada ka ilustusi, nagu kaared, silmused, lained jms.



Foto 6. Keerulisemad allkirjad.

Tüüpiline kirjaekspertiisi näide on allkirjad kodustel testamentidel.

Foto 7. Allkiri testamendil.

Tavaliselt on testamentide kirjutajateks vanemad inimesed, kelle kohta usaldusväärse võrdlusmaterjali saamine on tihti raskendatud. Neil on vähe oma käelisel kinnitatud dokumente, nad kirjutavad kirju harva või üldse mitte ning sageli teevad seda nende eest hooldajad.

METOODIKA

Käekirjaekspertiisil on põhiliselt kaks järgmist eesmärki:

- identifitseerida vaidlustatud teksti või allkirja kirjutanud isik;
- kindlaks määrata, kas uurimiseks esitatud käsikirjalised tekstid/ allkirjad on kirjutatud üks isik või erinevad isikud.

Uurimine rajaneb vaidlustatud ja võrdluseks esitatud materjali käekirjatunnuste võrdleval analüüsil ning sarnasuste ja erinevuste hindamisel kogumis.

Eksperdile esitatakse vaidlustatud dokumendid ning võrdlusmaterjalina kontrollitava isiku käekirja vaba- ja eksperimentaalproovid. Kõik materjalid tuleb võimalusel esitada originaalidena, sest ainult originaaldokumentidel on võimalik uurida kõiki kirjutaja määramiseks vajalikke käekirjatunnuseid.

Erandjuhtumeil on võimalik teha ka koopiatele käe- ja allkirjaekspertiisi, kuid sel juhul on eksperdiarvamuse andmine piiratud. Samuti ei saa ekspert koopiade puhul välistada, et vaidlustatud dokument pole erinevatest osadest kokku monteeritud.

Koopiade suhtes antakse arvamus vaid juhul, kui menetleja väidab, et originaaldokumenti ei eksisteeri.

Võrdlusmaterjali kogumise üldnõuded

Võrdlusmaterjali täielikkuse tagamiseks tuleb esitada kirja vaba- ja eksperimentaalproove.

Ekspertiisiks vajaliku võrdlusmaterjali kogumisel tuleb lähtuda vaidlustatud dokumendist.

- võrdlusmaterjal peab olema kirjutatud vaidlustatud teksti või allkirjaga ühtse tähestiku alusel samas keeles;
- eksperimentaalproovid peavad olema kirjutatud samaliigilise kirjutusvahendiga (pastapliiats, tindipliiats vm), nagu vaidlustatud teksti või allkirja kirjutamiseks on kasutatud;
- eksperimentaalproovides peavad korduvalt esinema kõik kirjamärgid, tähed ja tähtedevahelised seosed, nagu on vaidlustatud tekstis, st võrdlusmaterjal peaks olema vaidlustatud teksti suhtes täielik;
- kontrollitavate isikute hulka peab kuuluma ka see isik, kelle nimelt

vaidlustatud tekst või allkiri on kirjutatud. Kindlasti tuleb esitada koopia passis, juhiloal või ID-kaardil olevast allkirjast;

- vabaproovid peaksid olema pärit vaidlustatud dokumendiga suhteliselt lähedasest ajast.

Kirja või allkirja vabaproov on tekst või allkiri, mille kontrollitav isik on kirjutanud menetlusaaja väliselt. Tekst ja allkirjad, mis on kirjutatud menetluse ajal, nagu seletused, ülekuulamise protokollid jms, on tinglikud vabaproovid.

Kirja vabaproovid saadakse eelkõige riigi- või kohaliku omavalitsuse asutustest, mittetulundusühingutest või sihtasutustest, kus kasutatakse või säilitakse dokumente, millel on kontrollitava isiku tekst või allkiri (nt mitmesugused raamatupidamisdokumendid, avaldused või elulookirjeldused; õppeasutuses säilitatavad dokumendid; kommunaalteenuste eest tasumise kvii-tungid; pangadokumendid; passis, ID-kaardil või juhiloal oleva allkirja võib esitada koopiana). Kirja vabaproovidenä kasutatakse ka isiku enda valduses olevaid materjale, näiteks lepinguid, kirju, postkaarte, päevikuid, märkmikke, loengukonspekte jms. Sellisel juhul peab menetleja tagama, et teksti on kirjutanud kontrollitav isik.

Kirja eksperimentaalproovide võtmisel luuakse tingimused, mis vastavad või on lähedased vaidlustatud teksti või allkirja kirjutamisele. Näiteks istudes või püsti seistes, püst-, rõht- või kaldalusel, pehmel või kõval alusel, vasaku või parema käega.

Kirjutamiseks valitakse paber, mille mõõtmed ja joonestik ning allkirja mahutamiseks ettenähtud ruum vastavad vaidlustatud dokumendile. Kui vaidlustatud tekst on plangil, on soovitatav eksperimentaalproovid võtta analoogsele plangile.

Vaidlustatud teksti ei tohi anda kontrollitava isiku kätte ümberkirjutamiseks, vaid see tuleb dikteerida. Dikteerides ei öelda ette kirjavahemärke, paigutust ega õigekirjutust. Samas tuleb jälgida, et võrdlustekst oleks kirjutatud vastavalt vaidlustatud tekstile kas trüki- või kirjatähtedes. Peale vaidlustatud teksti tuleks dikteerida või esitada trükikutult ka valitud tekst, mis sisaldaks vaidlustatud teksti täheseoseid, suuri algustähti, sõnu ja numbreid. Samuti võib lasta kontrollitaval isikul kirjutada oma elulugu. Sellised tekstid sunnivad kirjutajat jälgima teksti sisu ja raskendavad käekirja tahtlikku muutmist. Täiskirjutatud leht tuleb kohe ära võtta ja nummerdada, et kontrollitav isik ei saaks näha varem kirjutatud. Pöördele lasta kirjutada: “Teksti olen kirjutanud mina, (ees- ja perekonnanimi) ja allkiri”. Kirja eksperimentaalproove võetakse 5–10 lehekülge. Vabaproovide olemasolul võib eksperimentaalproovide arv olla viis lehte, nende puudumisel kümme lehte.

Allkirja eksperimentaalproovide võtmisel võetakse nii allkirja kui ka teksti eksperimentaalproovid. Tekst koostatakse vastavalt vaidlustatud allkirjas esinevale tähekombinatsioonile. Iga allkiri võetakse eraldi väikesele lehele, et

kirjutamisruum vastaks vaidlustatud allkirja kirjutamisruumile. Kui vaidlustatud allkiri on plangil, on soovitatav ka võrdlusallkiri võtta plangile. Kui isik, kelle nimelt allkiri on kirjutatud, kasutab erinevaid allkirjavariante (näiteks eesti ja vene keeles või pikka ja lühikest allkirja ning eesnimetähga või ilma), siis tuleb tal lasta kirjutada kõik allkirjavariandid. Lehe pöördele kirjutab kontrollitav isik “Allkirja pöördel olen kirjutanud mina, (ees- ja perekonnanimi) ja lasta lisada kirjutaja allkiri”.

Kirjaproovide kogumisest antakse pikem ülevaade õpikus “Menetlustaktika II” (Lindmäe 1997: 83–96), sündmuskohal dokumentide kogumist, käsitlemist ja talletamist kirjeldatakse “Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamatus” (2001: 47–48, 103–105).

KÄEKIRJA TUNNUSED

Vaidlustatud tekstide/allkirjade uurimisel vaatlevad eksperdid käekirja üld- ja eritunnuseid. Üldtunnusteks on käekirja väljatöötatuse aste – kas käekiri on väljatöötatud, keskmiselt väljatöötatud, üle/alla keskmise väljatöötatud, väljatöötatuse iseloom – kas käekiri on lihtne, lihtsustatud või ilustatud.

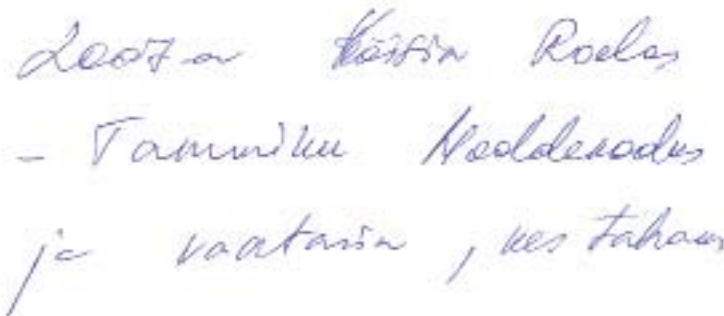


Foto 8. Väljatöötatud ja lihtsustatud käekiri.

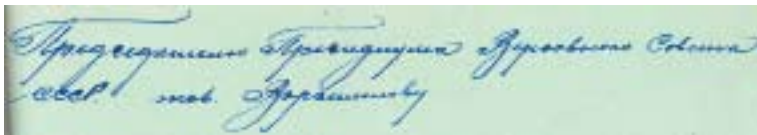


Foto 9. Ilustatud käekiri.

Käekirja väljatöötatuse aste ja kirjutamise kiirus sõltub sellest, kui palju inimene kirjutamisega igapäevaelus tegeleb. Inimese jaoks, kes kirjutab harva, võib kirjutamine olla küllaltki keeruline, ta kirjutab aeglaselt, kuna mõnikord on tarvis mõelda sõnade täpsele tähelisele koostisele/tähtede järjestusele ja ka sellele, milliseid sõnu üldse kasutada. Seejuures ei pruugi inimese

nn graafiline küpsus sõltuda tema haridustasemest. Vähema haridusega inimesel, kes kirjutab tihti, võib olla tunduvalt paremini väljatöötatud käekiri kui kõrgharitud inimesel, kes kirjutab vähe. (Morris 2000: 11.)

Peale väljatöötatuse vaadeldakse ekspertiisi tegemisel käekirja suurust, hajusust (tähtede kõrguse ja laiuse suhet), kallet, kirjutamise kiirust ja rõhku. Samuti tuleb jälgida, kas tekstis/allkirjas esineb katkestus- ja/või seisa-kupunkte, värinat jms.

Foto 10. Nurklik ja värisev käekiri.

Peale üldtunnuste vaadeldakse käekirjaekspertiisis käekirja eritunnuseid, nagu liikumise vorm tähtede ja täheelementide kirjutamisel ja sidumisel, paigutus, liikumissuuna iseärasused, liikumiste ulatus, punktide asetus, st tunnuseid, mis puudutavad kitsamalt tähti ja täheelemente, mitte käekirja üldpilti.

Koopiatena esitatud dokumentide puhul tuleb arvestada, et koopiatel ei ole nähtavad kõik käekirja tunnused, mida on võimalik kindlaks teha originaalidel. Oluline on koopia kvaliteet.

Käekirjaekspertide abivahendid igapäevases töös on luup ja mikroskoop. Seetõttu on otsuste tegemisel väga tähtis eksperdi töökogemus, sest ainult pikaajalise tööga omandatakse kogemus käekirja eritunnuste esinemissageduse ja raskusastme hindamises. Kuna tõendite hindamisel ja eksperdiarvamuse kujunemisel on oluline objektiivsus, siis püütakse selle tagamiseks ka käekirjaekspertiisis (nagu mitmes teiseski ekspertiisivaldkonnas) rakendada statistilist lähenemist ja tõenäosusteooriat, võttes aluseks Bayesi teoreemi. Bayesi teoreemi põhimõte on, et mingi sündmuse toimumise tõenäosust saab määrata, hinnates selle sündmuse toimumise tõenäosust minevikus. Eeldused põhinevad tegelikkusest võetud andmetel. Mida põhjalikumad on andmed, seda täpsemaid oletusi saab teha ning andmete muutudes või täienes muutub või täpsustub ka oletus sündmuse toimumise tõenäosuse kohta. (Taroni jt: 2006.)

KÜSIMUSED EKSPERDILE

Käekirjaekspertidele esitatakse järgmisi tüüpküsimusi.

- **Kas vaidlustatud käsikirjateksti või allkirja on kirjutanud kontrollitav isik?**

Näide:

Kas vaidlustatud dokumendi on täitnud ja allkirjastanud Jüri Kask?

- **Kas vaidlustatud teksti või allkirjad on kirjutanud üks ja sama isik?**

Näide:

Kas vaidlustatud dokumentidel olevad allkirjad on kirjutatud üks ja sama isik?

- **Kas vaidlustatud tekst või allkiri on kirjutatud parema või vasaku käega?**

Puudub tunnustatud teooria, mille järgi saab määrata, kas allkiri või tekst on kirjutatud parema või vasaku käega. Küsimusele saab vastata vaid siis, kui võrdluseks on esitatud kontrollitava isiku käekirja eksperimentaalproovid, mis on kirjutatud nii parema käega kui ka vasaku käega.

- **Kas vaidlustatud tekst või allkiri on kirjutatud ebatavalistes kirjutamistingimustes (nt joobnud olekus, külma käes)?**

Küsimuse esitamisel on mõte, kui on kahtlus, et vaidlustatud tekst või allkiri peaksid olema kirjutatud eriolukorras või kui vaidlustatud allkirjas ja tekstis esineb tunnuseid, mis viitavad, et kirjutatud on ebatavalistes tingimustes, st kui esineb nurklikkust, kiri on suur või varieeruv vms.

- **Kas vaidlustatud teksti või allkirja kirjutamisel on moonutatud oma kirjatunnuseid?**

Vastuse võimalikkus sõltub võrdlusmaterjalist ja kui eksperdil tekib kahtlus, et kirjutaja on tahtlikult moonutanud oma kirjatunnuseid, siis ta märgib seda alati oma aktis. Praktika on näidanud, et eksperimentaalproovide kirjutamisel on mõni kirjutaja üritanud

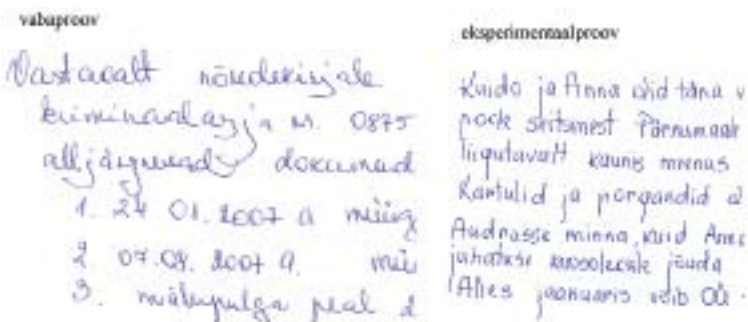


Foto 11. Tahtlikult muudetud käekiri eksperimentaalproovides.

muuta oma käekirja või allkirja ning selletõttu on alati vaja ka käekirja või allkirja vabaproove.

- **Kas vaidlustatud teksti ja allkirja on kirjutanud naine või mees?** Kirjutaja soo määramiseks puudub vastav meetodika. Seetõttu ei ole võimalik sellisele küsimusele vastata.

EKSPERDIARVAMUS

Käekirjatunnuste hindamisel lähtuvad eksperdid tunnuste esinemissagedusest, keerukusest ja kirjutamise kiirusest. Üldjuhul ei olda võimeline jälgendama kiiresti ja sujuvalt kirjutades teise isiku käekirja ega allkirja (olenevalt allkirja pikkusest) kõigis üld- ja eritunnustes. Ekspertiisi käigus võrreldakse ja hinnatakse kokkulangevusi ja lahkuminekuid nii käekirja üldtunnustes kui ka eritunnustes. Kokkulangevusi ja lahkuminekuid hinnatakse tekkinud kogumis ning eksperdiarvamus formuleeritakse, lähtudes arvamuste skaalast. Eestis kasutusel olev eksperdiarvamuste skaala on viieastmeline:

- **jaatav** (Ekspertiuarvamus järeldub, et vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja on kirjutanud kontrollitav isik. Võimalus, et keegi teine isik kirjutab vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja, ei ole reaalne);
- **tõenäoline jaatav** (Ekspertiuarvamus järeldub, et vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja on tõenäoliselt kirjutanud kontrollitav isik. Tekstis/allkirjas esinevad kirjutajale iseloomulikud kokkulangevad käekirjatunnused ei ole piisavad tugevama arvamuse andmiseks, kuid tõenäosus, et kirjutajaks on keegi teine isik, on väike);
- **kirjutaja määramine ei ole võimalik** (Ekspertiuarvamus ei võimalda kirjutaja suhtes arvamust anda. Ei ole võimalik määrata, kas vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja on kirjutanud kontrollitav isik või on kirjutajaks keegi teine isik);
- **tõenäoline eitav** (Ekspertiuarvamus järeldub, et vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja ei ole tõenäoliselt kirjutanud kontrollitav isik. Tekstis/allkirjas esinevad lahkuminevad käekirjatunnused ei ole piisavad tugevama arvamuse andmiseks, kuid tõenäosus, et kirjutajaks on keegi teine isik, on suur);
- **eitav** (Ekspertiuarvamus järeldub, et vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja ei ole kirjutatud kontrollitav isik. Võimalus, et kontrollitav isik kirjutab vaidlustatud käsikirjalise teksti ja/või allkirja, ei ole reaalne).

Samasugust viieastmelist hindamisskaalat kasutavad ka eksperdid Lätis ja Leedus. Kategoorilise jaatava ja eitava arvamuse andmine on omane vene

koolkonnale, seevastu Skandinaavia riikides ja Lääne-Euroopas ei anna käekirjaekspertidid kategoorilist arvamust. Kõige tugevama arvamuse järgi on praktiliselt võimatu, et teine hüpotees, mis oleks vastupidine eksperdiarvamusele, võiks osutada tõeks. Näiteks Soomes on eksperdiarvamuse skaala seitsmeastmeline, Rootsis on skaalal üheksa astet. Eesti kriminaalmenetluse seadustik näeb ette ka võimalust ekspertiisi tegemiseks välisriigis.

KOKKUVÕTE

Käekirjaekspertiis on üks vanimaid ekspertiisiliike ning seejuures ei ole ekspertiiside tegemise meetod aja jooksul eriti palju muutunud. Seoses tehnikaga ja e-valdkonna arenguga on käekirjaekspertiisi osakaal aastate jooksul vähenenud ja tõenäoliselt selline tendents ka jätkub. Kuni digitaalne allkiri on võltsimiskindel, valitakse kergem moodus ja võltsitakse käsikirjalisi allkirju. Käekirjaekspertiise läheb vaja seni, kuni inimesed käsitsi kirjutavad.

Kasutatud kirjandus

- Ibrus-Määr, A. 1933. Käekirja iseloomust üksikperekonnas ja sugulaskonnas ja selle tähtsusest grafoloogilise ekspertiisi puhul. Doktoritöö. Tartu Ülikool.
- Lindmäe, H. 1976. Kriminalistikatehnika. Tallinn, Eesti Raamat. 294 lk.
- Lindmäe, H. Menetlustaktika II. 1997. Õpik Tartu Ülikooli õigusteaduskonna üliõpilastele. Tartu, Juura, Õigusteabe AS. 206 lk.
- Morris, R. N. 2000. Forensic Handwriting Identification. Fundamental concepts and Principles. Academic Press. 238 pp.
- Paliso, R. 1924. Käekiri – iseloomu väljendaja. Grafologia õpperaamat ühes kuue käekirja tabeliga. Tartu, A. Kymmeli kirjastus. 68 lk.
- SKL, KEKK. 2001. Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat, 47–48, 103–105.
- Taroni, F., Aitken, C., Garbolino, P., Biedermann, A. 2006. Bayesian Networks and Probabilistic Inference in Forensic Science. John Wiley & Sons. 362 lk.
- Wittlich, F. A. (a) 1937. Kohtulik-teadusliku ekspertiisikabineti senine areng ja tuleviku-kavatsusi. Juriidiline ajakiri Õigus, 2, 85–91.
- Wittlich, F. A. (b) 1937. Kohtulik-teaduslik ekspertiisikabinet. Politseileht, 2, 42–44.
- Wittlich, F. A. L. 1938. Käekiri ja iseloom: käekirja karakteroloogia ja kohtuliku grafologia alused. Tartu, Eesti Kirjanduse Selts. 111 lk.

Fotod: Liina Eskor, Helle Randmäe, Eve Kristjankroon

DOKUMENDI- ja RAHAEKSPERTIIS

Kaja Rodi, Kairi Kriiska-Maiväli,

Inna Ivask

Dokumendiekspertiisi põhiülesanne on tuvastada dokumendi või selle fragmentide õigsust ja päritolu dokumendi materjalide ja valmistamismeetodite alusel. Uurimine viiakse läbi nii dokumentide valmistamistehnoloogial põhineva teabe kui ka võrdluseks esitatud dokumentide alusel, mille õigsus on tuvastatud.

Võltsitud dokumentide uurimisel tuvastatakse võltsimise tunnused ja olemalt dokumendi kasutusala klassifitseeritakse ja registreeritakse andmed. Viimased tegevused annavad võimaluse tulemusi võrrelda, et selgitada välja ühine päritolu/allikas. Isikut tõendavate dokumentide, sõidukidokumentide ja raha võltsimine on suures osas seotud rahvusvahelise organiseeritud kuritegevusega. Võitlus selle vastu nõuab politsei piiriülest koostööd, mille edu oleneb ka ekspertiisi käigus tuvastatud tehnilisest informatsioonist.

Harilikud uuringuobjektid on mitmesugused dokumendid paberil ja ka plastmaterjalil, erandjuhtudel võib informatsiooni kandjaks osutada ka mõnest muust materjalist, nagu riidest või metallist ese.

Ekspertide käsutuses olevad seadmed ja teave võimaldavad lahendada ka hulka ülesandeid, mis ei ole seotud võltsimise tuvastamisega, nagu halvasti nähtavate või peaaegu hävinud kirjade taastamine, põlenud ja söestunud paberitel teksti tuvastamine jms. Anonüümkirjade puhul uuritakse nii teksti materjali ja alusmaterjali, ent ka mitmesuguseid nähtavaid ja varjatud jälgi, mis võivad pärineda kirjutusvahendist, printerist, teistelt dokumentidelt ja kõikvõimalikest muudest allikatest.

Lähtuvalt püstitatud ülesandest uuritakse dokumendi alusmaterjali, värvainega saadud kujutist või ka värvusetut jälge. Uurides paberi füüsikalisi omadusi, eristatakse laiatarbepaberit eriotstarbelisest ja turvapaberist. Eriotstarbeline paber on näiteks koopiapaber, mis on mõeldud kasutamiseks tindiprinterites. Turvapaberit valmistatakse kõrgemate turvalisusnõuetega dokumentide ja paberraha tarbeks. Värvaine analüüsi abil on võimalik võrrelda erinevate kirjade päritolu ja eristada juurdekirjutusi algtekstist. Värvusetud jäljed on survetempli jäljed ja kirjutusvahendi survest tekkinud jäljed paberil.

Füüsikalised ja keemilised analüüsimeetodid hõlmavad nii dokumente mittekahjustavaid ehk mittedestruktiivseid kui ka vähekahjustavaid ehk

mikrodestruktiivseid meetodeid, mille käigus dokumendi materjal kulub vähesel määral. Uuringuid alustatakse alati mittekahjustavatest, näiteks mikroskoopilistest uuringutest. Kui on vaja teha materjali analüüsi, siis tehakse seda võimalikult väheste väljalõigetega, mis dokumendil leiduvat informatsiooni oluliselt ei kahjusta.

TERMINID JA LÜHENDID

Turvaelement (*security element*) – eriline materjal või kõrgtehnoloogiliselt valmistatud keerukas kujund, mille valmistamisprotsess on rangelt kontrollitav ja mida on võimatu täielikult jäljendada.

UV-kiirgus, UV-luminesents (*UV-fluorescence*) – ainetel ja materjalidel on omadus ergastuda ehk lumineseeruda lühema lainelaga valguse mõjul; vastupidine efekt on UV-passiivne (*UV-dull*).

Vesimärk (*watermark*) – läbivas valguses jälgitav kujutis, mis saavutatakse paberi valmistamise käigus erinevusega paberikihi paksuses, külgsuunalises valguses on muutused paberikihi paksuses jälgitavad kontuuridena.

Turvakiud (*security fibres*) – turvaelemendi liik; paberi valmistamise käigus paberimassi lisatud sünteetilised erinevate omadustega kiud.

Turvariba (*security thread*) – paberi valmistamise käigus paberisse lisatud metall või plastmaterjalist riba, millel võib olla ka teksti ja kujundeid.

Kõrgtrükk (*letterpress*) – trükimeetod, kus kujutis kantakse otse trükiplaadilt paberile.

Ofsettrükk – trükimeetod, kus värvaine kantakse trükiplaadilt kummisilindri ja trükisilindri vahendusel paberile.

CMYK – neelduv värvimudel, mida kasutatakse neljavärvitrükis (*cyan* – ere-sinine; *magenta* – purpurviolett; *yellow* – kollane ja *key plate* – must).

Sügavtrükk (*intaglio*) – trükimeetod, kus kujutis kantakse otse graveeritud trükiplaadi süvenditest paberile, kanduva värviga saadud kujutisel on reljeefne struktuur.

Mikrotrükk (*microprint*) – abivahendita eristamatu tekst või numbrid.

Iiristrükk (*rainbow*) – kuivofsetis või sügavtrükis saadud kujutistel toimub sujuv värvitoonide üleminek.

Latentne kujutis (*latent image*) – kujutis, mis muutub vaatamisel erineva nurga all.

DOVD (*Diffractive Optically Variable Device*) – kujutised ja värvused muutuvad eri nurkade all langevas valguses.

OVI (*Optically Variable Ink*) – tindi värvus muutub eri nurkade all langevas valguses.

ESDA (*Electrostatic Detection Apparatus*) – elektrostaatiline uurimisseade.

HPTLC (High Performance Thin Layer Chromatography) – kõrge eraldusvõimega õhukese kihi kromatograafia.

HPLC (High Performance Liquid Chromatography) – kõrge eraldusvõimega vedelikkromatograafia.

GC-MS (Gas-chromatography-mass-spectrometry) – gaasikromatograafia-mass-spektromeetria.

SEM (Scan Electron Microscope) – skaneeriv elektronmikroskoop.

FTIR (Fourier Infrared Spectroscopy) – Fourier' infrapunane spektroskoopia.

ISIKUT TÕENDAVAD DOKUMENDID JA PABERRAHA

Riigisiseseks kasutamiseks ja reisimise tarbeks on olemas (vastavalt vajadusele) mitmesuguseid isikut tõendavaid dokumente: ID-kaardid, reisidokumendid – passid; tegevusluba tõendavad, nagu meremehe tunnistus; sõiduki juhtimise õigust tõendavad – juhiloa. Ekspertiisipraktikas tuleb sageli uurida ka sõidukit tõendavat registreerimistunnistust. Nii isikute kui ka sõidukite dokumendid antakse välja riiklikul tasandil vastavate seaduste või määruste alusel. Nende valmistamistehnoloogia on rangelt reglementeeritud ja usaldatud kõrgtehnoloogilisi seadmeid ja võtteid valdavatele ettevõtetele, kus järgitakse rangelt turvanõudeid.

Eesti seadusandluses (isikut tõendavate dokumentide seadus) nimetatakse isikut tõendavaid dokumente eriti tähtsateks dokumentideks, mille võltsimine ja levitamine toob kaasa vastutuse kriminaalkorras. Kokkuleppeliselt nimetame neid turvadokumentideks, sest nende valmistamise käigus lisatakse nii materjali kui ka kujundile tehniliselt eriti keerukaid ja jäljendamise eest kaitstud turvaelemente, mis hõlbustavad dokumentide õigsuse tuvastamist esmakontrollis.

Turvadokumentide ja paberraha valmistamisel kasutatakse analoogseid võtteid ja ka nende kriminalistikaline uurimine toimub samade põhimõtete alusel.

EURO

31. detsembril 1998. aastal võttis Euroopa Rahaliit arveldusühikuna kasutusele euro.

Alates 1. jaanuarist 1999 alustas Euroopa Keskpank (ECB) ühise rahapoliitika elluviimist. Rahvusvaluutade kursid seoti omavahel lõplikult: kehtestati 11 riigi rahvuslike valuutade kursid euro suhtes ning euro tuli kontora-hana käibe üheteistkümnes Euroopa Liidu riigis. Sularahana lasti euro käibe 1. jaanuaril 2002 kaheteistkümnes Euroopa Liidu riigis: Austrias, Belgias, Hispaanias, Hollandis, Iirimaal, Itaalias, Kreekas, Luksemburgis, Portu-

galis, Prantsusmaal, Saksamaal ja Soomes. 1. jaanuaril 2007 võttis euro kasutusele Sloveenia, 1. jaanuaril 2008 Küpros ja Malta ning 1. jaanuaril 2009 Slovakkia. (ECB 2007.)

Eesti Panga presidendi määrusega 31. detsembrist 1998 kehtestati Eesti krooni fikseeritud kursiks euro suhtes 1 euro = 15,6466 Eesti krooni. Määrus hakkas kehtima alates 1. jaanuarist 1999. Eesti ühines Euroopa Liiduga 1. mail 2004. 1. jaanuarist 2011 võeti krooni asemel Eestis kasutusele Euroopa Liidu ühisraha euro, seega sai Eestist seitsmeteistkümnes euroalaga liitunud liikmesriik.

REISIDOKUMENDID

Reisidokumente täiustatakse eelkõige eesmärgiga muuta nende kontroll piiiril võimalikult kiireks ja tõhusaks. Tehniline täiustamine võimaldab dokumente kontrollida elektrooniliselt usaldusväärsete biomeetriliste andmetega kiibi abil – nii tekib paratamatult küsimus, milleks veel keskenduda turvaelementidele paberil või plastil. Olukord on võrreldav sellega, et televiisioon ei ole välja suretanud kino ja internet raamatuid ning vaatamata laialt levinud kaardimaksetele arveldatakse endiselt ka sularahaga. Seega ei asenda uus tehnoloogia traditsioonilisi dokumente täielikult ning igal hetkel, igas olukorras peab jääma võimalus kontrollida dokumentide õigsust ka spetsiaalsete seadmete puudumisel.

Selleks, et muuta elukeskkonda turvalisemaks, on Rahvusvaheline Tsiviilennunduse Organisatsioon ICAO (Chatwin 2011) töötanud välja nõuded, mida uute reisidokumentide väljatöötamisel peavad järgima kõik riigid. Interpol taotleb, et kõik 188 liikmesriiki neid nõudeid täidaksid.

Reisidokumentide ja raha kujundamine ning tootmine arenevad pidevalt – üldised nõuded on hea kujundus, hea kvaliteet ja vastuvõetavus mitmesugusele kasutajaskonnale. Nii dokumentide kui raha puhul on harilik, et aegajalt lisanduvad uued variandid ja vanad kõrvaldatakse kasutuselt. See aitab pettuseriski vähendada.

Paljudel juhtudel kontrollitakse dokumente või raha hoolikamalt vaid siis, kui on tekkinud kahtlus või on edastatud hoiatus.

Rahvusvahelist koostööd tehakse nii turvadokumentide väljaandmisel kui ka võltsimisevastases võitluses. Võltsingutevastast võitlust koordineerivad Euroopas sellised organisatsioonid, nagu Euroopa Komisjoni Pettusevastane Amet OLAF, Euroopa Keskpank ja Europol koostöös Interpoliga.

Ekspertide käsutuses on nii lokaalsed kui ka rahvusvahelised andmebaasid, mis võimaldavad saada informatsiooni võltsingute tehniliste tunnuste ja päritolu kohta.

ISIKUT TÕENDAVAD DOKUMENDID EESTI VABARIIGIS

Sinikaaneline Eesti Vabariigi kodaniku pass isikuandmetega sisekaanel telliti 1991. aasta lõpul Suurbritanniast ettevõtelt Thomas De la Rue and Company Limited. Passe hakati väljastama 1992. aastal ja esialgse kava järgi olid need mõeldud eeskätt reisidokumentina. (Niitsoo 2008.)

Uue aastatuhande eel oli selge, et need passid ei olnud piisavalt võltsimiskindlad ega vastanud enam rahvusvahelistele turvanõuetele. Ekspertiisipraktikas olid sagedased juhtumid foto vahetusest, aga tuli ette ka terve isikuandmetega lehe vahetamist, kusjuures andmete muutmise eesmärgil valmistati võltsitud planke nii paljundus- kui ka trükitehnikas.

Uutele rahvusvahelistele turvanõuetele vastavate passide väljaandmist alustati 2002. aasta algul, Eesti kodaniku passile järgnesid peagi uued välismaalaste passid, diplomaatilised passid ning pagulaste ja meremeeste dokumendid.

Alates 2002. aastast on Eesti passi kõrval riigisisene dokument ka isikutunnistus ehk ID-kaart, mida Eesti liitumisega Euroopa Liitu 2004. aastal tunnustatakse ka teistes Euroopa Liidu riikides ning mis on kasutatav reisidokumentina nendes riikides reisimisel. ID-kaartide uus multirakendustega lahendus kahe digitaalse sertifikaadiga juurutati 2011. aastal Šveitsi firma TRÜBGROUP abil, mis võimaldab kasutaja autoriseerimist ja digitaalallkirja andmist ning millega saab 1. jaanuari 2012 seisuga kasutada rohkem kui 700 e-teenust. (Trüb Group 2012.)

Kolmanda põlvkonna ehk biomeetrilisi passe, mille kaanes asetsevale kiibile kantakse omaniku biomeetrilised andmed, hakati Eestis välja andma alates 2007. aasta 22. maist.

Uue põlvkonna isikut tõendavate dokumentide väljalaskega on täheldatav ka nende võltsingute osakaalu märgatav vähenemine ekspertiisipraktikas.

SÕIDUKIDOKUMENDID

Sõidukijuhil peab olema kas riigisiselt või rahvusvaheliselt tunnustatud juhiluba ja sõiduki registreerimistunnistus, mis on vastava ametkonna välja antud ja vastab trükitehniliselt konkreetse väljalaske nõuetele. Juhiluba kasutatakse ka isiku tuvastamiseks.

Ekspertiisipraktikas esineb juhtumeid, kus kehtivatel või ka kehtivuse kaotanud (varastatud) sõidukidokumentidel on muudetud andmeid või on dokument vormistatud võltsitud plangile.

Võltsijate kasutuses on ka tööstuslikke seadmeid, mis võimaldavad võltsitud planke suuremas koguses trükkida ja neid imiteeritud turvaelementidega varustada. Kuigi turvaelementide valmistamise tehnoloogia ei ole tavakasutuses ja informatsiooni levimise vältimiseks rakendatakse rangeid piiran-

guid, õnnestub võltsijatel siiski mõnel juhul turvaelemente nii jäljendada, et neid on esmavaatlusel raske õigetest eristada.

Eesti juhiloa võltsinguid on leitud ringlusest koopiaamasinaga paljundatud kujul ja trükituna nii paberile kui ka plastile; mõnel juhul on need muudetud atraktiivsemaks internetist leitud kujutistega/sümbolitega. Internetikaubandusest on hangitud ka nn rahvusvahelisi juhilubasid. Tegelikke rahvusvahelisi juhilubasid väljastatakse Rahvusvahelise Teeliikluse Konventsiooni kohaselt vastavalt osalisriikide kehtestatud nõuetele ja neid saab kasutada ainult koos kehtiva rahvusliku juhiloaga.



Õige ja võltsitud Eesti juhiluba.

Ringlusest avastatud Eesti sõidukite registreerimistunnistuste võltsitud plangid pärinevad eri valmistajate toodangust. Nende trükipartiidesse liigitamise aluseks on iseloomulikud defektid, mis kanduvad trükiplaadilt paberile kas plaadil olevate vigade tõttu või protsessi saastumisest põhjustatuna ja avalduvad kõigil selle partii trükistel vastavalt defekti positsioonile.



Näidise kõrval on sõiduki registreerimistunnistuse võltsitud plang (ofsettrükiis valmistatud), millel on trükiviga.

Ekspertiisipraktikas võib esineda ka selliseid võltsimiskahtlusega turvadokumente, mille kohta näidisdokumendid või informatsioon ei ole kättesaadavad. Näiteks Ameerika Ühendriikides väljastavad kõik osariigid sõidukite registreerimistunnistusi erineva kujunduse, trükitehnilise taseme ning turvaelementidega, mille kohta pole näidiseid, kuid kõrvalekalded turvadokumentide valmistamise üldprintsipiidest annavad aluse ka selliste dokumentide kohta järelduste tegemiseks.

TURVAELEMENDID JA -TEHNOLOOGIA

Eriti tähtsate ehk turvadokumentide valmistamise tehnoloogia näeb ette neile turvaelementidega eriliste omaduste andmise, mis muudab võimatuks või raskendab dokumendi või selle elementide jäljendamise ja peab aitama dokumendi kontrollijal dokumendi õigsust tuvastada ka ilma vastavate erivahenditeta. Pidev tehnoloogiline täiustamine on toonud kaasa hulga uusi ja keerukaid turvaelemente. Eristatakse neid turvaelemente, mida viiakse paberisse selle valmistamise protsessis ja neid, mis lisatakse trükkimise käigus.

Materjalide ja tehniliste võtete ülevaates iseloomustatakse kõige rohkem levinud ja dokumendi esmatasandi kontrollis olulisemaid turvaelemente ja nende valmistamise tehnoloogiat. (Bann, 2006.)

PABER

Turvadokumentide ja raha paber ei ole tavaline laiatarbes ehk igapäevaelus kasutatav tselluloosipaber, vaid see valmistatakse kas puhtast või linakiulisandiga puuvillamassist. See on eriti tugev ja vastupidav, katsudes jääb ja krobeline ning ei helendu ultraviolettkiirguses ehk UV-s. Selline paber on dokumendi üks turvaelement.

Paber leiutati Hiinas tuhandeid aastaid tagasi. Euroopasse jõudis paberi valmistamise kunst Araabiamaade kaudu. Teise aastatuhande algul rajati paberiveskeid juba Hispaanias ja Itaalias. Paberi valmistamise tehnoloogia oli primitiivne: taimsetest kiududest (lina, kanep, puuvill jne) kaltse leotati nende kõdunemiseni, purustati tõrtes käsitsi puidust haamritega, tekkinud kiumass ammutati sõelapõhjaliste vormidega, nõrutati, pressiti ja kuivatati lehtedena.

Eesti vanimaks paberiveskiks peetakse aastatel 1632–1638 Emajõe ääres töötanud paberiveskit. 1677–1710 tegutses paberiveski Ülemiste järvest lähetuva Härjapea jõe ääres.

1734. aastal alustas Rāpinas Võhandu jõe ääres tööd paberivabrik. Toorainena kasutati linast kaltsu, mida purustati käsitsi. Saksa ja Rootsi meistrite käe all toodeti mitut paberi- ja papisorti ning katsetati mitmesuguseid

tehnilisi võtteid. Moodsa tehnoloogia kasutamine võimaldas vabrikul toota peenemaid paberisorte, nagu filterpaber apteekide tarvis, kuivatuspaber ning suitsu- ja siidipaber. Tänapäeval toodetakse Räpina vabrikus kunsti- ja kontoritarbeid, pakkepaberit, kartongi ja ehituspappi, kasutades toorainena vanapaberit.

Alates 1839. aastast alustas tööd Tallinna paberivabrik, mis 1893.–1894. aastal rekonstrueeriti tselluloosivabrikuks “Osse ja Ko”, kuhu paigaldati Eesti esimene tselluloosikeedukatel. Hiljem nimetati vabrik ümber Tallinna Paberi- ja Tselluloosikombinaadiks, mis suleti 1992. aastal.

1938. aastal alustas tööd Kehra tselluloosivabrik, mis kasutas puidust tselluloosi saamiseks sulfaatmenetlust. 1955. aastal alustati valmistoodangu – kotipaberi tootmist.

Eriotstarbelist koopiapaberit ega turvapaberit Eestis selle õpiku koostamise ajal ei toodeta.



Paberi valmistamine algelisel meetodil.



Puuvilla toormaterjal ja moodne tootmisliin.

Enamikul juhtudel võltsitakse eriti tähtsaid dokumente ja paberraha laiatarbepaberile, millele püütakse anda turvapaberile iseloomulikke omadusi, nagu tugevust, jäikust ja UV-luminesentsi puudumist.

Dokumendiekspertiisi ülesannete lahendamisel tuleb uurida laiatarbepaberit ka siis, kui on oluline tuvastada erinevate paberilehtede ühist päritolu.

Meie igapäevatarbes kasutusel olev kirjapaber pärineb paljude riikide tootjalt. Paberi koostise uurimise alusel on võimatu teha järeldusi tootja ja valmistamisaja kohta, nagu on ka võimatu väita, et võrreldavad paberid kuuluvad samasse partiisse või samale tootjale. Paberite füüsikaliste omaduste kokkulangemisel võib eeldada, et need kuuluvad samale tootjale, kuid ka erinevate tootjate tootmisprotsessid võivad olla sarnased. Samas – üks pakk võib sisaldada ka erinevate partiide paberit. Mõned lisandid paberimassis võivad siiski olla väga individuaalsed. Seega peab paberite füüsikalisi omadusi ja koostist võrreldes olema järelduste tegemisel eriti ettevaatlik.

Põhimassi laiatarbepaberis moodustavad tselluloosikiud. Kasutatakse nii leht- kui okaspuutselluloosi, millele lisanduvad mitmesugused liimitus- ja täiteained. Võltsingute ühise allika tuvastamiseks tuleb uurida nii võltsitud dokumendi alusmaterjali – paberit, kasutatud värvaineid kui ka kõiki tehnilisi ja käsitöönduslikke võtteid, mida on kasutatud originaaliga sarnasuse saavutamiseks. Tuleb ette ka juhtumeid, kus võltsimisel on kasutatud õiget alusmaterjali või ka õiget planki, sest tootmisprotsessis või personaliseerimise käigus on õnnestunud nii pabereid kui ka planke kõrvale toimetada ja neid hiljem võltsitud dokumentide või raha valmistamiseks kasutada. Need on eriti keerukad juhtumid, mille lahendamiseks on konkreetse dokumendiliigi personaliseerimise ja kaotatud või varastatud plankide kohta teavet vaja.

VESIMÄRK

Vesimärk valmistatakse paberi tootmise käigus ja protsess põhineb paberimassis erineva tihedusega alade moodustumises, mis on läbivalgustamisel paberikihi paksusest sõltuvalt jälgitav tumedamate ja heledamate aladena, mis moodustavad kujundeid ja mustreid. Vastavalt sellele kas kujutise üleminekud on sujuvad ja hajutatud või järsud ja selged, on vesimärgid liigitatud mitmetoonilisteks ja joonvesimärgideks.



Mitmetooniline vesimärk läbivas ja külvalguses.



Fluorestseeriv kiud turvapaberis.

TURVAKIUD

Turvakiud on sünteetilised kiud, mis viiakse paberisse valmistamise käigus. Need kiud võivad olla värvilised ja värvusetud. Enamasti lisatakse kiude, mis ultraviolettkiirguses ergastatuna helenduvad ehk fluorestseerivad.



UV-trükk ja fluorestseerivad turvakiud paberis.

UV-TRÜKK

UV-kujutised kantakse paberile UV-kiirguses fluorestseeriva värviga trükiprotsessi käigus. Fluorestseerivate turvaelementide tuvastamiseks on dokumentide ja raha kontrolliks kasutusel UV-detektorid.



Turvaniit koos mikro- ja minitrükiga 500-euroses rahatähes.

TURVANIIT

Paberi valmistamise käigus viiakse paberisse õhuke metalli- või polümeeririba, millele on trükitud dokumenti iseloomustavat informatsiooni.

KÕRGTRÜKK

Kõrgtrükk on vanim trükiviis, mis leiutati umbes VI sajandil Hiinas. Algul trükiti reljeefsete puuplaatide abil, hiljem laoti lehekülgi üksikutest graveeritud märkidest. (Bann 2006.)

Euroopas oli trükikunsti rajaja sakslasest kullassepp Johann Gutenberg, kes leiutas 1438. aastal valuvormi metallist trükütüüpide valmistamiseks, teigi esimese trükipressi 1444. aastal ja alustas tööd piibliga. Nn Gutenbergi piibel valmis aastal 1456.

Eesti esimesed trükikojad olid 1631. aastal asutatud Tartu Ülikooli trükikoda ja 1633. aastal asutatud Tallinna gümnaasiumi trükikoda.

Fotograafiline protsess kõrgtrükkis võeti kasutusele Prantsusmaal 1850ndatel aastatel ja värvilahutus 1891. aastal, millele järgnes neljavärvi-protsessi arendamine, kus kõik värvid saadakse originaalpildi pooltoonide

lahutamisel siniseks – *cyan*, kollaseks – *yellow*, punaseks – *magenta* ja mustaks – *key plate* ehk CMYK värvideks. Kõrgtrükk on otsene trükiprotsess – kujutise moodustavad trükiplaadi tõstetud pinnaga alad, mis kaetakse värvainega. Kujutis kantakse survega edasi alusmaterjalile. Trükimaatriks on peegelpildis.

Praegu kasutatakse kõrgtrükki põhiliselt toodete numereerimisel. Trükitakse kõrgtrükipressiga, mis jätab joone servadesse tugevama jälje koos intensiivsema äärejoonega. Kõrgtrüki tunnused paberil on värvaine kogunemine tähe või numbrikujundi servadesse ja survejälg paberi tagaküljel.

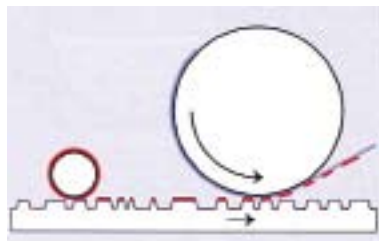
Üks kõrgtrüki alaliikidest on fooliumtrükk. Kujutis saadakse liimi ja kaitsekile vahel paikneva fooliumkujutise kandmisega alusmaterjalile temperatuuri ja survega.

Dokumentide seerianumbrid on reeglina kõrgtrükis, tindipritstehnikas seeria number viitab võltsimisele, kuigi võib leida mõningaid madalama turvalisusastmega tooteid, millele seeria number printitakse.

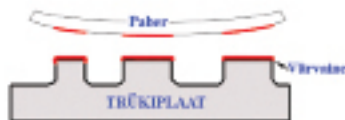
OFSETTRÜKK

Ofsettrükk on kõige laiemalt levinud trükimeetod, mida kasutatakse põhimeetodina turvatrukiste tootmisel.

Litograafiline trükiprotsess töötati välja Saksamaal 1796. aastal. Joonised kanti tasasele lamedale pinnale ja trükiti, kasutades vee ja õli segunematust. Esimene ofseti põhimõttel litograafiline press leiutati 1904. aastal. 1960ndatel arendati välja elektrooniline värviskanner, mis vahetas välja traditsioonilise fotograafilise protsessi.



Kõrgtrüki skeem.



Trükiplaadi ja paberi ristlõige.



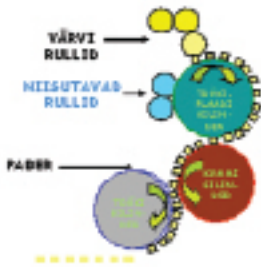
Täht "d" trükimaatriksil.



Kõrgtrükis seerianumbri fragment.



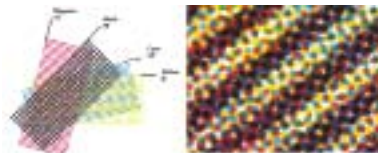
Näide Eesti passi esikaanest fooliumtrükis.



Trükiprotsessi skeem.



Rullikud.



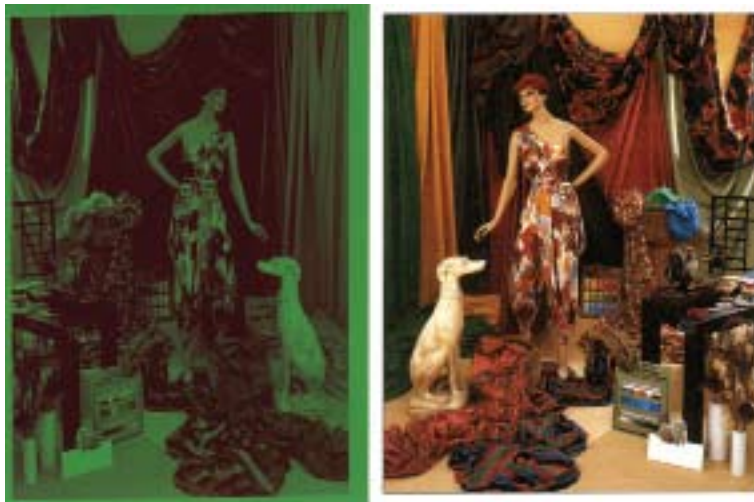
"Roseti" efekt ofsettrükis.

magenta, yellow, key plate – sinine, punane, kollane, must) värve ja iga värvi jaoks valmistatakse eraldi trükiplaat.

Traditsioonilise fototehnilise värvilahutuse protsessi on tänapäeval välja tõrjumas uuem ja kiirem *computer to plate* tehnoloogia, mis võimaldab kujutise viia otse arvutist trükiplaadile.



Trükikile ja trükiplaat.



Kujutis kummil ja valmiskujutis paberil peale värvide pealekandmist.

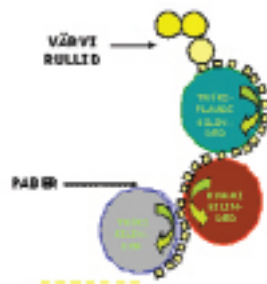
Ofseti tunnused on survejälgede puudumine, selgelt väljakujunenud servad, kujutise hea kvaliteet, sametine pind, ühtlane värvumine.

Kuivofsetti või “kõrgtrüki ofsetti” kasutatakse turvatrukiste (turvadokumentid ja pangatähed) valmistamiseks. Selles protsessis ei kasutata vesilahust, trükiplaat on tõstetud kujutisega.

Ofsetis valmistatud dokumentide planke võidakse jäljendada originaalkujutise kopeerimise (pildistamise) teel. Kopeeritud kujutisest valmistatakse uus trükiplaat, millega trükitakse võltsitud planke. Võidakse ka arvutis kujundada uus plank, mis küll väliselt sarnaneb originaaliga, kuid ei järgi seda kõigis detailides. Võltsingute trükikvaliteet on originaaliga võrreldes tavaliselt tunduvalt halvem.

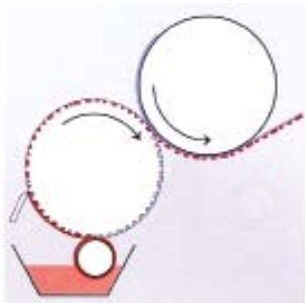


Ofsettrüki näide ja kuivofsetis trükitud fragment.



Kuivofseti trükiotsessi skeem.

SÜGAVTRÜKK



Sügavtrüki protsessi skeem.



Euroopa Keskpanga tähis sügavtrüki 200-eurosel.

Sügavtrükk on otsene trükk, mis erineb ofsetist ja kõrgtrükist selle poolest, et värvaine kihi paksus trükisel võib varieeruda 10–100 mikromeetri (tavaliselt on see stabiilne ja moodustab umbes ühe mikromeetri). Selle tehnoloogia eripära annab kujutise elementidele reljeefsus, mis on tuvastatav käega katsumisel. Sügavtrüki tuleb käsitada kui üht põhilist turvaelementi.

Sügavtrükk on kallis ja keeruline trükimeetod, mida kasutatakse eriti tähtsate dokumentide ja paberraha valmistamisel. Trükiseadmed ja vahendid on väga ranget kontrolli all, et vältida nende sattumist ringlusesse ja kuritarvitamist võltsingute valmistamisel. Sügavtrükk muudab paberi või plastmaterjali pinna reljeefseks, kuna trükikujutised moodustuvad paksemast värvikihist paberi pinnal.

Kujutis on süvendatud trükiplaadi sisse. Värvaine kantakse trükiplaadile, liigne värv eemaldatakse ja värvaine jääb ainult süvendatud kohtadesse. Kujutis kantakse paberile pressi ja kuumuse koosmõjul.

Sügavtrüki tunnused on selged, teravad jooned, kombitav reljeef, survejälg paberi teisel poolel.

Praegusaegne tehnika võimaldab sügavtrükis valmistada turvaelementidena nii mikrotrüki, iiristrüki kui ka latentset kujutist.



Mikrotrükk sügavtrükis.

MIKROTRÜKK

Mikrotrükis trükitakse sõnalist teksti ja numbreid, kujutised on suurusjärgus 0,2 millimeetrit, mis on loetavad luupi või mikroskoopi kasutades ja mida ei saa bürootehnikaga produtseerida/paljundada. Mikrotrükk võib olla tehtud nii kuivofsetis kui ka sügavtrükis.

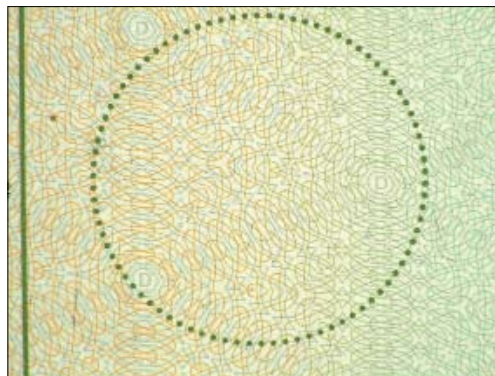
IIRISTRÜKK

Üks turvaelementidest, mida saab valmistada nii kuivofsetiga kui ka sügavtrükis, on iiris- või vikerkaaretrükk. Iiristrükiks nimetatakse ühe värvitooni sujuvat üleminekut teiseks värvitooniks kujutise või joone piires.



Iiristrükk kuivofsetis originaalil/turvatrükisel. Sama kujutis võltsitud rasterofsetiga.

Iiristrükk Saksamaa sõiduki registreerimistunnistusel.

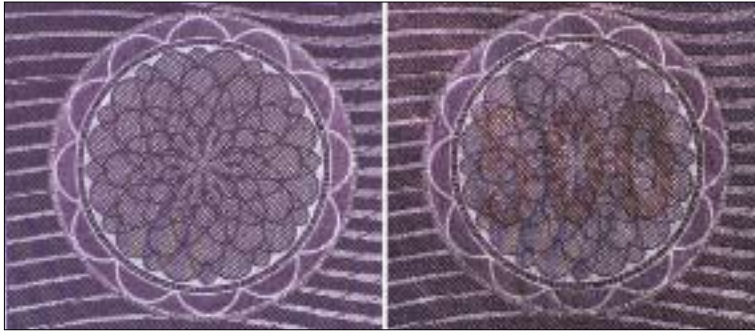


Iiristrükiga sarnane värvide kokkusobitamine sügavtrükis, pilt on tehtud külvalguses.



LATENTNE KUJUTIS

Latentne kujutis on optiliselt muutuv kujutis, mis põhineb vahelduva orientatsiooniga sügavtrüki reljefil, mis võimaldab nurga muutmisel jälgida kujutise muutumist.



Latente kujutis tuleb esile erinevate nurkade all vaadeldes, paremal külgsvalguses.

OPTILISELT MUUTUVAD ELEMENDID, DOVD

Optiliselt muutuvad elemendid – hologrammid, kinegrammid – on metalse läikega kujundid, mis, kinnitatuna paberi pinnale, muudavad erineva nurga alt langevas valguses värvitoone ja kujundeid ja võivad sisaldada ka teisi turvaelemente, näiteks mikrotrükki.



DOVD – kinegramm valguse langedes erinevate nurkade all.

OPTILISELT MUUTUVAD VÄRVAINED

Optiliselt muutuvad värvained, lühendatult OVI, on erineva nurga alt langevas valguses värvi muutvad (näiteks lilla-roheline, sinine-roheline jne) dokumentidele trükitud elemendid. Erineva nurga all langevas valguses toimub värvi muutus, näiteks violetne kollaseks, sinine roheliseks jne. Kõrge-oma ohtlikkuse tasemega võltsingutel on saavutatud ka värvimuutusi, kuid mitte piisava kontrastiga.

Paberraha tootmine täiustub pidevalt: võetakse kasutusele uusi tehnoloogilisi vahendeid ja leiutatakse nende valmistamiseks uusi turvaelemente. Uute väljalaskeseeriade puhul võivad mõnes riigis vanad rahad teatud aja jooksul kaotada kehtivuse, kuid näiteks Ameerika Ühendriikides on kasutusel kõikide väljalaskeseeriade dollarid ja neid vahetatakse pankades.



OVI – optiliselt muutuv värv 200-eurosel ülemisel ja võltsitud alumisel.

SIIDITRÜKK

Siiditrükk on trükitehnika, mida kasutatakse nii turvatrukiste valmistamisel kui ka laiatarbes – riietusesemetele aplikatsioonide tegemiseks, kruuside kaunistamiseks jne. Trükkimine on võimalik praktiliselt kõikidele alusmaterjalidele: paberrile, plastmaterjalile, klaasile, keraamikale, metallile, kangale, nahale jne.

Siiditrükk on üks trafaretse trüki liikidest, kus trükiplaadina kasutatakse spet-



Siiditrüki protsessi skeem.

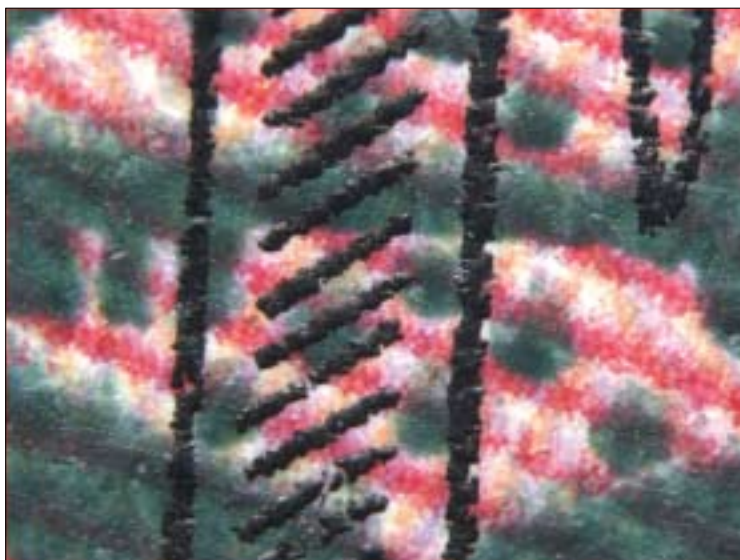
siaalset sünteetilist või metallvõrgustikku tihedusega 4–200 niiti/cm ja jämedusega 18–200 mikromeetrit. Kujutise moodustavad võrgustiku poorsed alad, mis saadakse fotokeemilise protsessiga. Võrgustik kaetakse fotoemulsiooniga, mida tavaolukorras saab eemaldada veega. Võrgustikule asetatakse positiivkile ja eksponeeritakse UV-kiirguses. Fotokiht polümeriseerub ja ei eemaldu veega pesemisel. Veega mahapestud alad moodustavad trükisel vajalikke kujutisi.

Trükiplaat asetatakse paberile, värvaine kantakse trükiplaadile ja tõmmatakse seejärel üle terve plaadi, avaldades trükiplaadile survet, seejärel eemaldatakse trükiplaat ja tõmmis kuivatatakse.

Siiditrükk on suhteliselt lihtne tehnika ja seda on võimalik teha käsitööna. Võltsijad kasutavad seda tehnikat sügavtrüki reljeefi ja optiliselt muutuva värvi imiteerimiseks.



Siiditrükis võltsitud OVI.



Võltsing siiditrükis – kujutise servad on sakilised, järgides riide tekstuuri.

MUUD DOKUMENDID

Kuna dokumendid annavad võimalusi mitmesuguste tehingute sooritamiseks, kinnitades inimeste varanduslikke õigusi ja kohustusi, siis leidub ikka juhtumeid, kus dokumentide võltsimise teel üritatakse pettusi sooritada.

Digitaalallkirja laiem kasutusvõimalus vähendab kindlasti paberdokumentide osakaalu üldkäibes, kuid kui soovitakse pettust sooritada dokumentide võltsimise teel, valitakse alati lihtsam ja käepärasem viis, mis seni on olnud paberil dokumentide võltsimine.

Sedamööda kui paberil dokumentide osakaal informatsioonikandjatena väheneb, pööratakse vähem tähelepanu ka nende vormistamisele. Väheneb trükitud, firma logoga ja spetsiifiliste turvaelementidega varustatud plankide osakaal, enamasti kasutatakse failist prinditud planke; templit dokumenti õigsuse kinnitamiseks kasutatakse veelgi harvemini. Lepingute vormistamisel ei allkirjastata kõiki lehti, mis võimaldab lepingu sisu muuta. Sagenevad ka juhtumid, kus originaaldokumendi säilitamisega ei nähta vaeva, skaneeritakse dokument arvutisse ja originaaldokument hävitatakse. Kõik see kergendab dokumentide jäljendamist pettuse eesmärgil või originaaldokumentide muutmist võltsimise teel. Ekspertiisi esitatakse dokumente koopiatena, millele vastavat originaali pole kunagi eksisteerinud, sest tekst ja allkirjad on lihtsalt teistelt dokumentidelt üle kantud ehk dokument on n-ö monteeritud. Muude dokumentide nimistu, mida ekspertiisi peale isikut tõendavatele ja sõidukidokumentide esitatakse, on mitmekesine: mitmesugused lepingud, garantiikirjad, majandustehinguid tõendavad algdokumentid, nagu arved, kassa sissetuleku ja väljamineku orderid, kassatšekid, kviitungid; kaubaveodokumentid – saatekirjad, üleandmise-vastuvõtmise aktid; reisi-tšekid, sõidutalongid, samuti maksumärgid, maksekaardid, eksamitulemusi ja haridust tõendavad dokumendid ja palju muud.

Vaidlustatud testamentide hulgas on enamuses kodused testamendid, kus ei ole järgitud mingeid dokumenti vormistamise nõudeid, kuid on esinenud ka juhtumeid, kus tüli allikaks on notariaalne testament.

Anonüümkirjade puhul tuleb nende päritolu selgitamiseks uurida kirjamaaterjale ja nii nähtavaid kui ka varjatud jälgi lähtuvalt kaasnevast informatsioonist. Kui kiri on esitatud ümbrikus, siis tuleb uurida muidugi mõlemaid.

Vaidlustatud dokumentide kriminalistikalise uurimise eesmärgiks on dokumentil olevate kirjete või muude jälgede tuvastamine, taastamine ja võrdlemine, millega kaasneb keerukamatel juhtudel kirjamaaterjalide – paberi, tindi, templivärvi, tooneri ja trükivärvi – võrdlev uurimine erinevate analüütiliste meetoditega.

VÄRVAINED JA TINT

Tänapäeval on käsitsi kirjutiste osakaal väike võrreldes büroo- ja trükitehnika valmistasid tekstidega ning põhilised uurimisobjektid on allkirjad.

Mitmesuguste värvainete, pigmentide, vedeldajate jm lisakomponentide baasil valmistatud värve, millega kirjeid paberile kantakse, nimetatakse üldiselt tintideks. Kirjutusvahendeid, mis sisaldavad tinti, tuntakse kuulsulepea või pastapliiatsi ehk kõnekeeles ka pastaka nimetuse all. Kasutuses on ka poorse otsaga kirjutusvahend ehk viltpliiats laiemate ja intensiivsemate joonte tegemiseks.

Esimesed andmed tindi kasutamise kohta on pärit tuhandete aastate tagusest Hiinast, kus kasutati tahmaosakeste vesilahust, millele oli lisatud liimi. See oli süsiniktint ehk tänapäevane tušš (Ellen 1997). Hiljem kasutati raua-tanniini segu ehk raud-gallustinti. XIX sajandil modifitseeriti tindilahust indigoga, mis andis tindile sinise värvuse, mis aja jooksul tagasi muutaks oksüdeerus. XIX sajandi teises pooles hakati looduslikke värvaineid üha rohkem sünteetilistega asendama. Need olid odavad, heade värvimisomadustega ning suure valikuga värvitoonides. Aniliintindid võeti laialdaselt kasutusele XX sajandi alguses.

Varasemast ajaloost on kirjutusvahendite tähistamiseks kasutatud nimeusi, nagu sulg, sullepea ja tindipott. Täitesullepea leiutas USA leiutaja Lewis Waterman 1884. aastal. Esimene patenteeritud kuulsullepea on 30. oktoobrist 1888. aastast ja registreeritud Massachusettsi nahaparkali John J. Loudi nimele ning koosnes väikesest, otsast suletavast tindireservuaarist, milles oli metallkuul. Selline kirjutusvahend sobis märke tegemiseks töötlemata, jämedakoelistele pindadele, nagu nahk või puit. Paberile kirjutamiseks sobivad masstootmises valmistatud kuulsullepead ilmusid New Yorkis müügile 1945. aasta oktoobris, seega alles 57 aastat pärast nende leiutamist, ja on laialdaselt kasutuses tänapäeval. Endise Nõukogude Liidu territooriumil said pastapliiatsid laiema leviku 1970ndatel, kui neid hakati massiliselt tootma. Eestis valmistati Tallinnas asunud Flora tehases tinte ja tušše, sh joonistustušši "Kalmaar".

Kontoritehnikas kasutatakse tekstide väljaprintimiseks nii värvainena tahmal baseeruvat musta toonerit, värvipigmente sisaldavat värvilist toonerit kui mitmesuguseid tindipriksitehnikas kasutatavaid tinte.

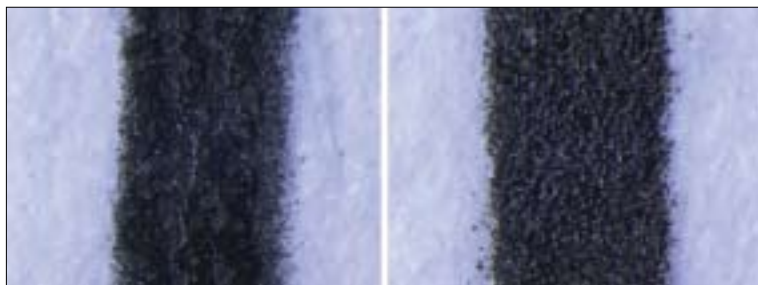
Tintide ja teiste värvainete kriminalistikalisel uurimisel tuleb arvestada asjaoluga, et kirja- või tekstijoonte võrdlemisel on võimalik neid küll koostise alusel eristada, kuid võimatu samastada. Inimese silm võimaldab näiteks eristada kaht ligilähedase sinise värvusega kirjajoont, mis on tehtud erinevate kirjutusvahenditega, seda eriti mikroskoobi abil 10–20 kordsel suurendusel, kuid samas võivad ühe ja sama kirjutusvahendiga erinevatel pindadel või erinevates tingimustes tehtud jooned näida erinevad. Nende kirjajoonte võrdlev lisauurimine õhukese kihi kromatograafia (HPTLC), gaasikromato-

graafia-mass-spektromeetria (GS-MS), vedelikkromatograafia HPLC või mõne muu analüütilise meetodiga võib osutada, et on siiski tegemist samaliigilise, sarnase koostisega värvainega.

Kõikide uuritud komponentide kokkulangevused ei anna võimalust väita, et võrreldavad jooned on tehtud sama kirjutusvahendiga ja samades tingimustes. Võimalik on, et kasutati erinevaid kirjutusvahendeid, mis analüüsil näitavad kõikide põhiliste komponentide kokkulangevust. Arvestades, et samade füüsiliste omadustega ja sama koostisega kirjutusvahendeid toodetakse suurtes kogustes, siis tuvastades uuringu tulemusena täielikku kokkulangevust kõigis tunnustes, võib tegu olla nii sama kirjutusvahendiga kui ka teise, samasse partiisse kuuluva või ka sarnase tehnoloogiaga valmistatud tootega. Seega võimaldab tindi analüüs võrreldavate kirjajoonete puhul eristada sarnase värvusega, kuid erineva koostisega tinte ja selle põhjal ka kirjutusvahendeid, kuid pelgalt analüütiliste meetoditega ei ole võimalik tuvastada, et tegemist on sama kirjutusvahendiga.

Tintide värvainekoostiste varieeruvus on küllalt suur ja kui uurimiseks esitatakse teatud pikemas ajavahemikus erinevatel kuupäevadel allkirjastatud dokumente, kus allkirjajoonete koostis on kokkulangev, siis on see tegeallikkusega vastuolus. Harilikult ei kasutata pikema aja vältel üht ja sama ega ka samaliigilist kirjutusvahendit.

Toonerite liigitamist alustatakse nende eristamisega magnetomaduste alusel: on magnetilisi ja mittemagnetilisi toonereid. Võrreldavate joonte erinev magnetilisus kinnitab seda, et kasutatud on eri seadmeid. Kui võrreldavad jooned on näiteks mittemagnetilised ja visuaalselt eristamatud, siis juurdekirjutuse kahtluse korral on mikroskoobi abil 10–100-kordsel suurendusel võimalik märgata erisusi pinnastruktuuris, mida saab täiendavalt uurida elektronmikroskoobiga.



Erineva pinnastruktuuriga erinevate printerite toonerijooned 100-kordsel suurendusel.

Toonerijoonete koostise järgi eristamine on võimalik, kui elementanalüüsi ja orgaaniliste sideaine komponente uuritakse Fourier' infrapunaspektroskoopiaga (FTIR).

Kui võrreldavad toonerijooned pinnastruktuurilt kokku langevad, siis viitab see sama tüüpi seadme kasutamisele, kuid ei tõenda sama seadme kasutamist. Kui võrreldavad toonerijooned on kokkulangevad nii füüsikaliste omaduste kui ka koostise järgi, saab järeldada, et tõenäoliselt on kasutatud sama seadet, kuid seadme individualiseerimine ei ole nende omaduste alusel võimalik. Konkreetset seadet ja mõnel juhul ka perioodi, millal printimine toimus, saab tuvastada individuaalsete eritunnuste alusel, mis ilmnevad väljatrükkide defektidena paberil ja on põhjustatud kasutatud seadme tehnilisest seisundist mingis ajavahemikus.

Dokumentide vanuse küsimus tõusetub siis, kui tekib kahtlus, et tegelik kuupäev on teine kui dokumendil on märgitud (NFI 2007). Dokumendi tegeliku koostamise, väljatrükkimise ja allkirjastamise tuvastamiseks on ekspertiisi käigus hulk võimalusi, kuid see eeldab kõikide asjaolude väljaselgitamist ja korraliku võrdlusmaterjali leidmist, mis võimaldaks siduda vaidlustatud dokumentide teket konkreetse perioodiga.

Kui mingite kirjamateryalide toodete info nende koostise ja turuletoomise kohta on andmebaasis olemas ja seda saab kasutada, siis, kasutades analüütilist võrdlevat uuringut, on võimalik välistada kirjamateryali kasutamine enne uuritava toote turuletoomist.

Arendamisel on meetodid, mis uurivad tindi vanust lahustite ja sideainete jääkide alusel paberis. Põhiliselt kasutatakse gaasikromatograafiat-masspektromeetriat või vedelikkromatograafiat.

BÜROOTEHNIKA JA PALJUNDUSSEADMED

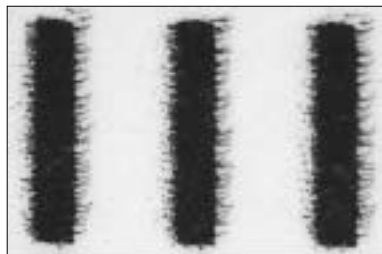
Laserpaljundusmeetod ühendab erinevaid kujutise digitaalse ülekandmise meetodeid. Levinuim on elektrofotoograafia ehk kserograafia, mis on tuletatud ettevõtte Xerox nimest, kus seda tüüpi paljundusprotsessi arendati aktiivselt laiatarbekasutuseks. Meetod töötab elektrostaatika põhimõttel: fotojuhtiv trummel on laetud positiivse laenguga staatilise elektriga, fotokooperimisel projekteerib lääts kujutise aluspinnale, positiivne laeng jääb valgustamata alale (kujutise ala), aga eemaldatakse reflektorselt valgustatud alalt. Digitaalprotsessis on sama põhimõte, aga kujutis saadakse fotojuhtivusega aluspinnal laseriga punkt-punktilt eksponeerimisega. Aluspind kaetakse seejärel negatiivse laenguga tooneripulbriga, mis kinnitub ainult positiivsetele aladele. Seejärel kuumutatakse tooner paberile. Kuna kujutised toonervärvainega saadakse samal põhimõttel, siis iseloomulike koopiadefektide puudumisel on prinditud dokumentide eristamine koopiast praktiliselt võimatu. Lasermeetod on levinuim, kuid kasutatakse ka LED- (valgust emittee-

riv diod), LCD- (vedelikkristall) ja teisi seadmeid. Mõned süsteemid, nagu Indigo, kasutavad vedelat värvainet – toonervärvaine suspensiooni. Tindipritsimetodil (*ink-jet printing*) paisatakse tindipritsmed imepeente avadega düüsidest paberile.

Musta ja värvilist toonerit, samuti musta ja värvilist tinti kasutatakse paljudusseadmetes, nii printerites, koopiamašinas kui ka kombinides vastavalt kombinatsioonile skanner/printer/koopiamašini/faks. Seadmete valik on väga suur, alates väikestest ühefunktsionaalsetest seadmetest kuni suurte võrguseadmeteni.



Fragment laservärvikoopiast, mis on saadud käsitsi kirjetega printitud dokumendist.



Tindipea suund on paremalt vasakule, jääkosakesed näitavad tindipea suunda.



Tindipritstehnikas seerianumber võltsitud dokumendil, kujutiste servad on tindipritsimetodile iseloomulikult "karvased".

Kõik printimis- ja paljudusseadmed vajavad aeg-ajalt puhastamist ja parandamist. Seadme tehniline seisukord enne ja peale puhastamist on erinev, ka nendega valmistatud dokumentidel avaldub see eriliste tunnustega, defektidega või nende puudumisega.

Tehniliselt täiuslikumad masinad on varustatud ka võltsimisvastaste vahenditega, mis takistavad näiteks paberraha jäljendamist või võimaldavad väljatrüki uurimise alusel saada informatsiooni seadme tootja kohta.

Ekspertiisi esitatakse tehingu käigus originaaldokumendina esitatud värvilisi koopiaid või väljatrükke printerist. Mõnel juhul on tegemist värvilise koopiaga, teisel juhul on must-valgele väljatrükile lisatud ehk monteeritud koopia allkiri, vahel ka templijalg.

Kui kontorites kasutatakse valdavalt elektrofotograafilisi ja digitaalseid toonervärvainega seadmeid ja vähem tindipritstehnikal põhinevaid, siis paberraha võltsimisel on kõige laiemal levikuga tindipritstehnika. Ringluses on lastud kodusel teel valmistatud primitiivseid tindipritskoopiaid, aga ka suur-

tes partiides erinevate seerianumbritega ja osavalt imiteeritud turvaelementidega võltsinguid.

Nii lasertehnika kui ka tindipritstehnika alusel on hakatud tootma masinaid, mis tulevikus üha enam tavatrükitehnikat välja tõrjuvad. Uut tehnikat nimetatakse digitaaltrükkimiseks, mis võimaldab trükkida nii suurtes kui väikestes partiides operatiivselt arvutist otse trükiplaadile n-ö *computer to plate* tehnikaga.

UURIMISMEETODID

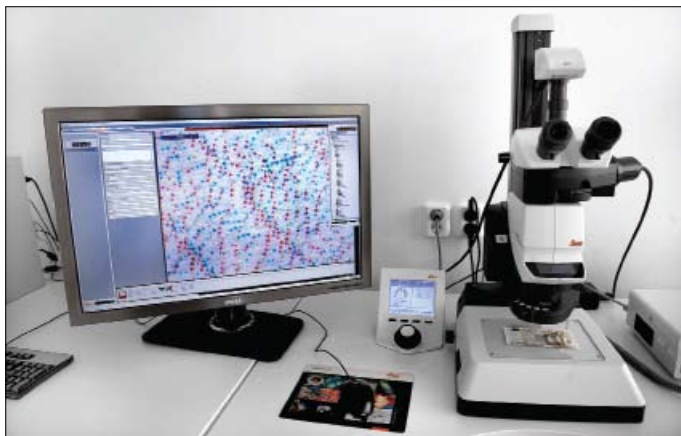
Dokumendiekspertiisi valdkonnas on kasutusel palju füüsikalisi ja keemilisi analüüsimeetodeid, mille valik sõltub ekspertiisiülesandest, tehnilistest võimalustest (seadmetest) ja ekspertide kogemustest. Harilikult alustatakse kõikide dokumentide uurimist mittekahjustavate ehk mittedestruktiivsete meetoditega, mille käigus selgitatakse välja edasine uurimisskeem. Materjaliuuringuid analüütiliste ehk destruktiivsete meetoditega tehakse minimaalsete väljalõigetega, püüdes mitte kahjustada dokumenti ja sellel leiduvat informatsiooni kui tervikut. Alati peab jääma võimalus lisaproove võtta ja tehtud uuringuid korrata.

MITTEDESTRUKTIIVSED MEETODID

Esmatähtis on vaidlustatud dokumendi detailne visuaalne uurimine, mille käigus fikseeritakse tavalises valguses silmaga nähtavaid omadusi ja tunnuseid, nagu värvus, pinnastruktuur, määrdumine, defektid ja muud võimalikud jäljed. Võrdlusmaterjali või etaloni olemasolul viiakse uuringud läbi võrdlevalt, andes tähenduse nii sarnasustele kui erinevustele.

Stereomikroskoopia

Mikroskoop on ekspertiisipraktikas asendamatu abivahend. Kombineeritud mikroskoobid võimaldavad teha kõige erinevamate ainete, materjalide ja nende jälgede võrdlusuuringuid, võrrelda mikroosakesi ning salvestada kujutisi. 8–60-kordsel suurendusel saab uuritava eseme ja osakeste kohta piisavat informatsiooni edasise uurimisjärjestuse määramiseks. Kasutusel olev tehnika võimaldab mikrokujutisi jäädvustada ja omavahel võrrelda.



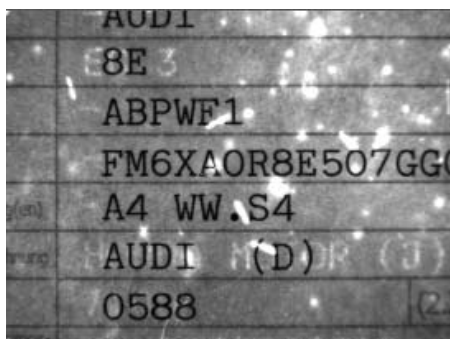
Automatiseeritud fluorestsentsmikroskoop Leica M205 FA.

Videospektraalvõrdlus

Uuringud tehakse erinevate lainepikkuste juures: nähtava valguse piirkonnas, filtreeritud infrapunases valguses, infrapunase luminesentsi tingimustes, ultraviolettvalguses, pealt-, kül- ja läbivas valguses; saadakse värvainete peegeldus- ja neeldumisspektreid, uuritakse optiliselt muutuvaid värvaineid, hologrammitehnikat. Kujutisi on võimalik võrrelda, mõõta, töödelda ja salvestada. Erinevates optilistes tingimustes on võimalik esile tuua aja jooksul hävinud või tahtlikult eemaldatud kujutisi ja kirjeid.



Videospektraalvõrdleja VSC 6000
Foster & Freeman.



Saksamaa sõiduki registreerimistunnistusel oli esialgne sissekanne HONDA MOTOR (J), mis eemaldati ja asendati AUDI (D) andmetega.

Elektrostaatiline meetod survejälgede uurimiseks (ESDA, Vacubox)

Kasutatakse survejälgede esiletoomiseks, mis on üle kandunud teise dokumendi kirjutamisel ja võivad osutada oluliseks erinevate ülesannete lahendamisel.

MIKRODESTRUKTIIVSED MEETODID

Õhukese kihi kromatograafia (HPTLC)

Õhukese kihi kromatograafia meetod on universaalne, lihtne ja odav analüütilise keemia meetod, mis on pikemat aega kasutusel olnud ka kriminaalistikas. Meetodit saab kasutada dokumentidel olevate värvainete määramiseks ja võrdlemiseks eristamise/samastamise eesmärgil. Võrrelda saab kirjutusvahendite värvaineid (pastad, tindid), aga ka tindipritstehnoloogial põhinevates väljundseadmetes kasutatavad värvaineid. Värvaineproovid kirja-joontelt võetakse väljalõigetena: piisab väikesest kogusest, ühest või mõnest 1 mm² suurusest väljalõikest, millelt värvaine lahustatakse vees, etanoolis, metanoolis, dimetüülformamiidis või nende segus ja kantakse absorbeeruva ainega kaetud voolutusplaadile. Plaat asetatakse voolutuskambrisse ja voolutatakse vedelike segus, mis valitakse vastavalt uuritavale materjalile. Praegu kasutatakse enam horisontaalseid voolutuskambreid. Analüüs on kvalitatiivne ja tulemust hinnatakse võrreldes lahutunud komponente.



Siniste ja mustade pastade värvainete lahutumine komponentideks HPTLC meetodil.

Vedelikkromatograafia (HPLC)

Vedelikkromatograafia kasutamist piirab seadme hind ja analüüsi keerukus, kuid selle meetodiga uurimine võimaldab eelmisest meetodist veelgi suurema täpsusega lahutada värvaineid komponentideks, kasutades UV-VIS detektorit ja fluorestsentsdetektorit ja eristada tinte, mis on teiste meetoditega eristamatud. Mass-spektromeetri HPLC-ESI-MS kasutamine võimaldab uurida ka tintide ja värvainete sideainet.

Gaasikromatograafia (GC-MS)

Gaasikromatograaf-mass-spektromeetriga on tehtud katseid määrata värvitute kõrgema lenduvusega komponentide (fenoksüetanooli) sisalduvust, mis lahustajana aurustub tindijoonest ja on seega üks tindi intensiivsemalt ajas muutuvaid komponente. Kui tint on jäädvustunud paberile, siis hakkab selle koostis nii kvalitatiivselt kui ka kvantitatiivselt muutuma. Värvained lagunevad fotokeemiliselt ja lahustid difundeeruvad ja aurustuvad. Lahuste jääkide ajalast muutust uurides on võimalik teha järeldusi kirjete vanuse kohta. Sideainete muutusi on selle meetodiga vähem uuritud, paremaid tulemusi loodetakse saada vedelikkromatograafiat HPLC ja FTIR-spektroskoopiat kasutades. Igapäevatöös on takistuseks ainete väikesed kogused. Harvem on vaja uurida käsitsi kirjutatud tekste, enamasti tuleb uurida allkirju, kus materjali kogus väljalõigeteks on piiratud. Meetodid on suures osas veel väljatöötamisjärgus.

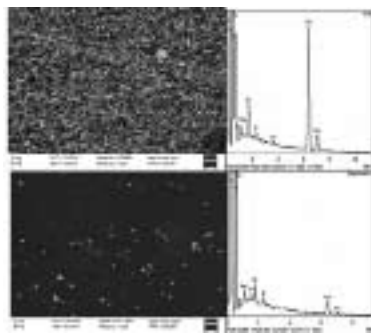
Infrapunaspetskoopia (FTIR)

Meetod võimaldab võrrelda proove molekulaarspektrite alusel. Tindid on mitmekomponendilised segud, mis koosnevad värvainetest, sideainetest ja vähemates kogustes mitmetest tindi omadust mõjutavatest lisanditest. Tintide võrdlemine toimub põhiliselt värvainete ja sideainete alusel. Juhul kui värvaineks on lahustumatud pigmentid ja eelpool kirjeldatud värvainete uurimised tulemust ei anna, siis on võimalik proove uurida ja eristada sideainete molekulaarspektrite alusel.

Elektronmikroskoopia (SEM)

Mõnes lahustamatus värvaines (näiteks trükivärvides) sisalduvates pigmentides esineb ka mineraalseid komponente, mille lahutamine on võimalik elementanalüüsiga. See analüüsimeetod annab tulemusi ka paberite eristamisel täiteainete alusel.

Skaneeriva elektronmikroskoobi piltide abil kuni 6000-kordsel suurendusel on võimalik teha järeldusi materjalide pinnastruktuuride alusel. Näiteks on võimalik võrrelda erinevate paberite ja toonerijoonte pinnastruktuuri, tuues välja ka elementanalüüsi tulemused.



Elektronmikroskoobi pildid erinevatest toonerijoontest 6000-kordsel suurendusel ja elementanalüüsi spektrid.

TÕENDI HINDAMINE

Ekspertiarvamus on menetlusprotsessis üks tõendiliike. Kriminalistikaline dokumendiekspertiis uurib dokumentide õigsust, tuvastab kirjamaterjalide päritolu, toob esile varjatud kirjeid jms. Ekspertiisprotsessis uuritakse vaidlustatud dokumente või nende valmistamiseks kasutatud seadmeid ja vahendeid, tutvutakse seonduvate asjaoludega, võrreldakse näidismaterjaliga ja informatsiooniga usaldusväärsetest andmeallikatest ja analüüsitakse tulemusi, tehakse järeldusi ja formuleeritakse ekspertiarvamus.

Ainete, materjalide ja toodete, nagu kirjamaterjalide, kirjutusvahendite ja bürooseadmete uurimisel ja identifitseerimisel on oluline eristada ühele või teisele materjalile või tootegrupile iseloomulikke üldisi omadusi, teatud oludes tekkivat eripära ja individuaalseid eritunnuseid, mis on ainuomased ainult sellele uurimisobjektile mingil kindlal ajal.

Ekspertiispraktikas on võimalik juhinduda tulemuste kirjeldamisel ja analüüsimisel varasemast praktikast, mis põhineb ainete, materjalide ja toodete kriminalistikalise identifitseerimise teoorial (Митричев 2003), mis võimaldab võrreldavaid materjale või esemeid samastada liigilise või ka grupilise kuuluvuse piirides. Mõlemal juhul on väljundiks tõenäoline ekspertiarvamus, mille tugevus on määratud liigilise kuuluvuse kui nõrgema hinnanguga või grupilise kuuluvuse kui tugevama hinnanguga.

Grupilise kuuluvuse määratluse hea näide on juhtum, kus aastase perioodi jooksul on väljastatud kassa väljamineku ordineid samaliigilisele paberile, samaliigilise toonervärvainega trükitekstiga, samaliigilise kirjutusvahendiga kirjutatud allkirjaga, millest saab teha järelduse, et tõenäoliselt on need orderid valmistatud samal ajal, mitte nendel märgitud erinevatel kuupäevadel, mis vastavad pikemale ajavahemikule (aasta).

Näitena grupilise kuuluvuse määratlusest on juhtum, kus esitati võrdluseks tekst paberitel ja printer, ülesandeks oli välja selgitada, kas uuritavad tekstid olid printitud ekspertiseks esitatud printeriga. Keskmisest tugevam toonerifoon väljatrükkidel lehtede ühes servas iseloomustas seadme harilikust korrast erinevat olekut. Kuna sellises olukorras, sellise tehnilise defektiga võib leiduda nii mõnigi teine seade, siis iseloomustame konkreetset seadet kui sellelaadse tehnilise defektiga seadmete gruppi kuuluvat ja järeldame, et tõenäoliselt on vaidlustatud lehed välja printitud kontrollitava seadmega või mõne teise samaväärse defektiga seadmega. Menetleja hinnata jääb tõenäosus, et samade asjaolude juures võis leiduda veel teinegi samaväärne seade ja sellest tulenevalt tõenäolise ekspertiarvamus olulisus tõendite kogumis.

Kategoorilises vormis ekspertiarvamus näitena võib tuua juhtumi, kus võrreldes koopiasid ja kontrollitavat koopiamasinat, tuvastati nii vaidlustatud koopiatel kui ka kontrollitava koopiamasinaga väljatrükkidel defektide kombinatsioon, mis on ainulaadne ja omane ainult sellele seadmele. Järelikult olid vaidlustatud koopiad tehtud kontrollitava koopiamasinaga.

Võimalik, et võrreldes vaidlustatud koopiaid konkreetse masinaga valmistatud koopiatega, ei tuvastatud kokkulangevust defektides, kuigi värvaine järgi olid uuritavad ja võrdluseks tehtud koopiaid samaliigilised. Kuid saades võrdlusmaterjaliks sama masinaga koopiaid varasemast perioodist, tuvastatakse kokkulangevusi, ja sellisel juhul on võimalik hinnata ka vaidlustatud koopiade valmistamise perioodi, mis siis käsitletaval juhul langeb varasemasse, näiteks seadme puhastamisele eelnevasse perioodi.

Praegusaja kohtuekspertiisis on üks suund kasutada tõendi hindamiseks tõenäosuse kriteeriumist lähtudes Bayesi interpretatsiooni (Taroni 2006). Bayesi teoreem on aluseks Bayesi statistikale, mis võimaldab anda hinnanguid arvulistes väärtustes. Seda rakendatakse majanduses, tehnikas, meditsiinis ja geenitehnoloogias ning see võib tulevikus leida laiemat rakendust ka kohtuteadustes ehk kohtuekspertiisis.

Dokumendiekspertiisi valdkonnas siiski puuduvad arvulise hindamise aluseks olevad kriteeriumid, kuid mõnes riigis (NFI 2007) kasutatakse Bayesi interpretatsioonist lähtuvalt kahe teineteisele vastandliku hüpoteesi püstitamist ja hinnatakse nende hüpoteeside paikapidavust sõnalise väljendusega tõenäosuste skaala abil. Näitena võib tuua juhtumi, kus ekspertiisiks esitatakse ähvarduskiri ja võrdluseks laserprinter. Püstitatud ekspertiisiülesandest ja uurimisvõimalustest lähtuvalt sõnastatakse sel juhul kaks hüpoteesi:

- H1: ähvarduskiri on valmistatud esitatud laserprinteriga;
- H2: ähvarduskiri on valmistatud mingi teise elektrograafilise seadmega.

Elektrograafilist protsessi, mille tulemusena kujutis moodustub tooneriosakestest ehk toonerivärvainest, kasutatakse erinevates seadmetes, nagu printerites, faksides, koopiamašinates või kombineeritud seadmetes. Arvamus põhineb uurimistulemuste põhjal tehtud järeldustel eeltoodud hüpoteeside tõenäolisuse ehk usutavuse kohta. Vaidlustatud dokumenti ja standardset väljatrükki printerist uuriti stereomikroskoobiga erinevatel suurendustel peegelduvas ja külvalguses tooneriosakeste suuruse ja konfiguratsiooni võrdlemiseks ning määrati tooneri omadused magnet-detektorseadmega. Ähvarduskiri on prinditud magnetilise tooneriga, võrdluskatse kontrollitavale printerile aga mittemagnetilise tooneriga. Magnetilisel ja mittemagnetilisel tooneril töötavad erinevad seadmed, seega ekspertiisi tulemused välistavad võimaluse, et ähvarduskiri on prinditud esitatud mittemagnetilist toonerit kasutava printeriga. Seega kinnitab uuringu tulemus täiel määral teist hüpoteesi.

Teise näitena võib tuua juhtumi, kus ekspertiisiks esitatakse leping, mis on prinditud elektrograafilise seadmega, kasutades musta toonerit, ning võrdluseks esitatakse laseprinter ja vaidlustatud lepinguga samas ajavahemikus sama printeriga prinditud dokumendid. Püstitatavad hüpoteesid on sel juhul järgmised:

- H1: leping on prinditud võrdluseks esitatud printeriga;
- H2: leping on prinditud mõne teise printeriga.

Tooneriterakeste morfoloogiliste tunnuste uurimisel stereomikroskoobi- ja värvaine koostise uurimisel Fourier' infrapunaspektraalanalüüsi meetodil erinevusi morfoloogilistes omadustes ja koostises ei tuvastatud. Nii vaidlustatud lepingul, prooviväljatrükkidel kui ka võrdluseks esitatud dokumentidel esines elektrograafilisele meetodile omane ühtlane toonerifoon üle terve paberi, defektid puuduvad. Lähtudes tõenäoliste formuleeringute gradatsioonist:

- võrdselt tõenäoline;
- veidi suurema tõenäosusega;
- tõenäolisem;
- palju tõenäolisem;
- väga palju tõenäolisem;

ja uuringute tulemustest, et vaidlustatud lepingu ja kontrollitava printeri väljatrükkidel morfoloogilistes tunnustes ja koostises erinevusi ei tuvastatud, on võrdselt tõenäoline, et leping prinditi ekspertiisiks esitatud printeriga (1. hüpotees) või kasutati mõnda teist (2. hüpotees) sama tüüpi elektrograafilist, sarnase koostisega värvainet kasutavat printerit.

Kokkuvõtteks võib öelda, et dokumendiekspertiisi uurimisvaldkond muutub aja jooksul kiiresti, kuna tekivad uued tehnilised vahendid ja võimalused dokumentide järjest moodsamal viisil valmistamiseks. Näiteks on masinakirjatekstitid jäänud minevikku ja väga harva esineb vajadus uurida tempeljälgi. Samas vajaks muutmist ka uuringutulemuste vormiline esitamine, mis paljuski sõltub nii väljakujunenud traditsioonidest ja arusaamadest kui ka seadusruumist.

Kasutatud kirjandus

- David Ellen. The Scientific Examination of Documents, Methods and Techniques, second edition, Taylor & Frances, London 1997.
- David Bann. The all New Print Production Handbook, Switzerland, RotoVision SA, 2006.
- European Central Bank, How the Euro Became Our Money, 2007.
- Trüb Group Governmental Solutions, Card, 2012.
- Taroni, F., Aitken, C., Garbolino, P., Biedermann, A., Bayesian Networks and Probabilistic Inference in Forensic Science. John Wiley & Sons, 2006.
- Nederlandsforensischinstituut, NFI, Vakbilage, Documentonderzoek, mei, 2007.
- Viktor Niitsoo. Kodakondsus- ja Migratsiooniamet. Institutsiooni ajalugu aastail 1989–2008, Tallinn 2008.
- Kairi Kriiska. Erinevatest ajalooperioodidest pärinevate paberite omaduste uurimine, Tallinna Tehnikaülikool, 2002.
- Kairi Kriiska. Paberiliikide struktuurid, Tallinna Tehnikaülikool, 1999.
- Kurmo Konsa. Arhivaalide ja trükiste säilitamine. Tartu: Kleio 2008.
- Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat, SKL-Rootsi Kriminaaltehnika Laboratoorium, KEKK – Eesti Politsei Kohtueksperitiisi ja Kriminialistika Keskus, 2001.
- В. С. Митричев, Хрусталеv В. Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий Москва, 2003.
- А. А. Проткин, В. А. Газизов, В. П. Лютов, И. Е. Мишаков, В. Ю. Федорович, П. А. Четверкин, Л. Ю. Захарова. Криминалистическое исследование документов, Москва, 2011.
- Судебно техническая экспертиза документов, общая часть, ВНИИСЭ, Москва, 1986.
- Судебно техническая экспертиза документов, особенная часть ВНИИСЭ, Москва, 1989.
- Charles Chatwin. The Story of Standardisation, Journal of Documents & Identity issue 36, 2011, p3.

Seonduvad seadusandlikud aktid

- Kriminaalmenetluse seadustik
- Kohtueksperitiisiseadus
- Isikut tõendavate dokumentide seadus
- EÜ Nõukogu määrus nr 1338/2001 28. juuni 2001, mis määrab tegevused euro võltsimise tõkestamiseks

Fotod ja illustratsioonid: Kaja Rodi, Kairi Kriiska-Maiväli, Inna Ivask

ALKOHOLIEKSPERTIIS

Peep Rausberg

Alkoholiekspertiisi põhieesmärk on välja selgitada alkoholi sisaldavate vedelike koostis. Peale vedelike võivad alkoholiekspertiisi uurimisobjektid olla ka alkoholi valmistamiseks kasutatud seadmed ja nende osad, näiteks pus-kariaparaat, või vastav vaatlusprotokoll koos fototabelitega.

Alkoholi all mõistetakse ekspertiisi puhul eelkõige etanooli ehk etüülal-koholi, mis on alkohoolsete jookide hädavajalik koostisosa. Laiemas mõttes hõlmab mõiste alkohol ka metanooli ning teisi alkohole (propanooli, buta-nooli jne).

Alkoholiseaduse järgi (§ 2 lg 1) tähistab termin “alkohol” piiritust ja al-kohoolseid jooke.

Alkoholiekspertiisil on suur tähtsus eelkõige ühel põhjusel – alkohoolsed joogid on maksustatud aktsiisimaksuga ja on seetõttu riigieelarve oluline ra-haallikas. Seetõttu on alkohoolsete jookide müügihind oluliselt kõrgem kui kulus selle valmistamiseks. Kuid peale riigikassa täitmise on aktsiisimaksul ka teine funktsioon – vähendada kõrgema hinna kaudu alkohoolsete jookide kättesaadavust ja tarbimist ning kaitsta seeläbi rahva tervist.

Alkohoolsete jookide aktsiisimaksu tõttu kõrge müügihind ajendab aga il-legaalset alkoholi valmistama ja müüma. Kuna illegaalne alkohol jõuab tar-bijateni ilma igasuguse kvaliteedikontrollita, siis on see seotud tõsise ohuga inimeste elule ja tervisele. Kõige kurvem näide siin on 2001. aastal toimu-nud metanoolitragöödia Pärnumaal.

Mida suurem on alkohoolsete jookide müügihinna ja omahinna vahe, se-da rohkem on eeldusi illegaalse alkoholi levikuks, kuna maksmata aktsiisi-maksu tõttu loodetav kasum tekitab kiusatust.

Joogiks mõeldud alkoholi käitlemist reguleerivad Eestis alkoholiseadus ning alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus. Kuid alkohol (eta-nool) leiab laialdast kasutust ka meditsiinis ja ravimi- ja keemiatööstuses, kütuste valmistamisel jne.

Illegaalne alkoholina on Eestis kõige rohkem levinud puskar ja tundmatu päritolu ning väga erineva kvaliteediga piiritusest valmistatud nn salaviin.

Vastavalt alkoholiseadusele on Eestis puskari valmistamine keelatud. Vei-ni ja õlut tohivad eraisikud teha vaid koduseks tarbimiseks.

AJALUGU

Alkohoolsete jookide valmistamise kunsti on inimesed juba tuhandeid aastaid osanud. Arvukad ülestähendused Mesopotaamiast, Hiinast ja Egiptusest kinnitavad, et kääritamise teel valmistati alkoholi sisaldavaid jooke juba vähemalt 6000 aastat tagasi. Vanemateks alkohoolseteks jookideks on vein ja õlu.

Eestis, samuti teistes Põhja-Euroopa maades, on tänu põhjamaisele kliimale valmistatud ja joodud eelkõige viina ja õlut. Varasematel aegadel on siin tehtud ka meest kääritatud mõdu. Vein ja peenemad napsid olid küll tuntud, kuid kõrge hinna tõttu kättesaadavad vaid rikkamale rahvale.

Kesk- ja Lõuna-Euroopa on kliimaatiliselt sobivad viinamarjakasvatuseks, seetõttu on seal ajalooliselt välja arenenud veinikultuur. Saksamaad ja Tšehhi tunneme samuti kui vana õllekultuuriga maid, Iirimaa ja Šotimaa on kuulsad viski valmistamise poolest.

Alkohoolsetes jookides sisalduv alkohol (etanool) tekib käärimise teel. Alkohoolsed joogid võib jagada kolme suurde rühma (Hart, F. L. & Fisher, H. J. 1971):

- õlu ja teised mitte marjadest/puuviljadest kääritamise teel saadud destilleerimata joogid (mõdu, sake jne) – alkoholisaldus enamasti 4–6%;
- vein ja teised marjadest/puuviljadest kääritamise teel saadud destilleerimata joogid (siider jt) – alkoholisaldus veinil enamasti 9–14%, siidril 2–8%;
- destilleeritud joogid (viin, brändi, rumm, viski, grappa jne) – alkoholisaldus üle 20%.

Lisaks on alkohoolseid jooke, mis kuuluvad korraga kahte toodud rühma, näiteks kangestatud veinid (portvein, šerri jt), kus naturaalsele veinile on lisatud brändit või mingit teist destilleeritud alkohoolset jooki.

Puskar kuulub destilleeritud alkohoolsete jookide hulka, seda valmistatakse meskist, mida omakorda saadakse suhkru või süsivesikurikaste toiduainete kääritamisel.

EKSPERTIISILIIGI AKTUAALSUS

Alkoholi ekspertiiside arv peegeldab seda, kuivõrd levinud on illegaalne alkoholi kaubandus ja kuivõrd oluliseks peab riik võitlust sellega. Eesti Konjunktuurinstituudi andmetel tarbitakse Eestis illegaalse alkoholina kõige rohkem salaviina, sellele järgnevad salapiiritus ja puskar.

Illegaalne alkoholi kaubandus moodustas Eesti Konjunktuurinstituudi hinnangul 2010. aastal 23–27%, 2008. aastal 10–15%, 2002. aastal

25–30%, 1999. aastal ca 44% viinaturust (Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2002, 27 lk, 2003; Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2008, 26 lk, 2009; Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2010, 23 lk, 2011).

Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi keemiaosakonnas aastas tehtud alkoholiekspertiiside arv on olnud aastate lõikes väga erinev. Viimase 17 aasta jooksul on see varieerunud 15-kordselt, nagu on näha joonisel. Salaviin, salapiiritus, puskar ja meski, mis on puskari valmistamise vaheprodukt, moodustavad valdava osa alkoholiekspertiisi objektidest.



UURIMISMEETODID JA METOODIKAD

Alkoholsete jookide kvaliteeti määratakse üldjuhul toidulaborites. Neis on kasutusel standardsed meetodid, mis on avaldatud õigusaktides, näiteks Euroopa Liidu regulatsioonides. Määratakse kindlaks parameetrid, mis iseloomustavad alkoholsete jookide kvaliteeti. Seevastu kohtuekspertiisilaborites on uurimise esmaeesmärk kindlaks teha, kas on tegemist illegaalse alkoholiga. Kuna valdava osa illegaalsest alkoholist moodustavad salaviin, salapiiritus ja puskar, siis on kohtuekspertiisilaborites kasutatavad uurimismeetodid kohandatud eelkõige nende eristamiseks legaalsetest alkoholsetest jookidest. Seetõttu määratakse vaid neid parameetreid (etanooli protsentuaalne sisaldus, metanooli ja puskariõlide sisaldumine, kaltsiumi sisaldus, sademe esinemine jne), mille alusel seda otsustada.

Alkoholiekspertiisi eesmärk on kindlaks teha, kas ja kui palju ekspertiisiks esitatud vedelik sisaldab alkoholi. Alkoholi (etanooli) kontsentratsiooni alkoholises joogis väljendatakse mahuprotsentides ehk kraadides. Samuti määratakse alkoholiekspertiisi käigus kindlaks, kas ja kui palju ekspertiisiks esitatud vedelik sisaldab lisandeid (näiteks puskariõlisisid, metanooli). Vedelikus sisalduvate mineraalsete komponentide (põhiliselt kaltsiumi) määramine

annab olulist informatsiooni uuritava vedeliku valmistamisel kasutatud vee kvaliteedi kohta ja seetõttu saab kindlaks teha, kas uuritav alkoholne jook (enamasti viin) on valmistatud tööstuslikult või kodustes tingimustes.

Alkoholiekspertiisi tegemisel kasutatavad uurimismeetodid võib jagada kvalitatiivseteks ja kvantitatiivseteks meetoditeks.

Kvalitatiivsetest meetoditest on Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis kasutusel gaasikromatograafia. Kvantitatiivsetest meetoditest leiavad kasutust eelkõige gaasikromatograafia, leekfotomeetria ja vedeliku tiheduse määramine.

Kõige tähtsam alkoholiekspertiisi uurimismeetod on gaasikromatograafia. Gaasikromatograafia võimaldab üksteisest lahutada ja kindlaks teha uuritavas vedelikus sisalduvad lenduvad ained, sealhulgas etanool, metanool ja kõrgemad alkoholid ehk puskariolid. Gaasikromatograafia võib alkoholiekspertiisil olla kasutusel nii kvalitatiivse kui ka kvantitatiivse meetodina.

Gaasikromatograafia põhimõtet on põhjalikumalt kirjeldatud osas “Toksikoloogiaekspertiis”.

Klassikaline meetod vedelike alkoholi sisalduse määramiseks on tiheduse mõõtmine. Kuna vedeliku tihedus sõltub peale alkoholisisalduse ka sellest, kas vedelik sisaldab muid lahustunud aineid (näiteks suhkrud, orgaanilised happed jne), siis on tiheduse järgi vedeliku alkoholisisaldust võimalik määrata vaid siis, kui tegemist on destilleeritud vedelikega (näiteks piiritus, viin, puskar).

Vedeliku tiheduse määramiseks mõeldud vahendit nimetatakse areomeetrikaks ja see kujutab endast ujukit, mille sukeldumise sügavuse järgi vedeliku tihedus kindlaks tehakse. Kuna vedeliku tihedus sõltub temperatuurist, siis õige tulemuse saamiseks tehakse mõõtmine kindlal temperatuuril või kasutatakse temperatuuri paranduskoefitsienti (tabeleid). Areomeetreid, mis on kalibreeritud etanooli sisalduse järgi, nimetatakse spirtomeetriteks.

Leekfotomeetriat kasutatakse alkoholiekspertiisi tegemisel juhul, kui on vaja kindlaks teha, missuguse kvaliteediga vett on piirituse lahjendamisel kasutatud. Seega saab leekfotomeetria abil eristada salaviina viinavabrikus valmistatud viinast.

Leekfotomeetria põhineb leelis- ja leelismuldmetallide (näiteks naatrium, kaalium, kaltsium) vees lahustuvate soolade omadusel värvida gaasipõleti leeki, kusjuures erinevate metallide soolade kuumutamisel eralduv kiirgus on erineva lainepikkusega. Määramisel pihustatakse uuritavaid vedelikke gaasileeki ja mõõdetakse tekkivat kiirgust fotomeetriga.

Viinavabrikutes kasutatakse viina valmistamisel piirituse lahjendamiseks pehmendatud vett, mis ei sisalda kaltsiumit. Seevastu salaviin on enamasti valmistatud, kasutades pehmendamata vett, milles sisaldub vee karedusest sõltuvalt võrdlemisi palju kaltsiumit.

ALKOHOLIEKSPERTIISI MÄÄRAMINE

Üldiselt esitatakse alkoholiekspertiisiks kõik uurimisobjektid (pudelid, väikesed kanistrid jne vedelikuga). Kui tegemist on suurte ruumaladega (näiteks suured kanistrid, vaadid), siis ei saadeta ekspertiisi kogu vedelikku, vaid võetakse vedelikuproovid. Suurematest anumatest võetavate vedelikuproovide soovitatavaks mahuks on 300 kuni 500 milliliitrit. Alkoholisisalduse täpsaks määramiseks spirtomeetriga on vaja, et uuritavat vedelikku oleks vähemalt 250 milliliitrit. Ka väiksemast vedelikukogusest on võimalik alkoholi sisaldust määrata, kuid määramise täpsus on siis väiksem.

Ekspertiisiks esitatavad anumad vedelikega peavad olema korralikult suletud, et vältida vedelike väljavoolamist, samuti kergesti aurustuvate ühendite (sh alkoholi) lendumist. Vedelikega anumad peaksid olema ka nõuetekohaselt pakitud, et vältida nende purunemist ning vedeliku laialivalgumist. Kui ekspertiisiks esitatakse originaalpakendites olevaid alkoholiseid jooke, siis on soovitatav pakendeid enne ekspertiisi saatmist mitte avada.

Kuna meski puhul on tegemist vedelikuga, mille käärimisprotsess, mille käigus eraldub süsihappegaasi, võib veel kesta, siis meskiproov tuleb pakendada plastpudelisse ja täita anum ainult poolenisti.

Kui ekspertiisiks esitatakse korraga mitu objekti, siis on soovitatav, et pakendid ja/või ekspertiisi objektid nummerdatakse. Numeratsioon peaks olema lihtne ja loogiline (näiteks pakendid nr 1, 2, 3 jne). Kui uuritavate objektide arv on väga suur ja need on väliste tunnuste põhjal sarnased (sarnane pakend, vedeliku värvus ja lõhn), siis ei pea neid kõiki ekspertiisi saatma. Tehakse nn proovivõtmine. Statistilise proovivõtmise meetodit kasutades on võetud proovide analüüsi tulemused laiendatavad kõigile objektidele.

Ekspertiisiks esitatav puskariaparaat peab olema vedelikust tühjendatud, seadmes olev vedelik või sellest võetud proov tuleb pakendada eraldi. Puskariaparaati kirjeldavas vaatlusprotokollis peaks sisalduma järgmised andmed: aparaadi (kuumutusanuma ja vesijahuti) materjal, üldkuju, mõõtmed, elektrilise kuumutusüsteemi olemasolu ja kirjeldus, kuumutusanuma ja vesijahuti ühendusviis ning kuumutusanusmas oleva vedeliku või ainejälgede kirjeldus. Fototabeli jaoks pildistada kuumutusanutat pealt, kõrvalt ja seest, samuti pildistada vesijahutit ning ühendusi.

Alkoholiekspertiisiga ei ole võimalik kindlaks määrata, kas piirituses või sellest valmistatud viinas sisalduv alkohol (etanool) on valmistatud sünteetilisel teel või põllumajandusliku päritoluga toorainet kääritates. Ka ei ole võimalik kindlaks teha, milliste toiduainete kääritamisel on saadud meski või sellest valmistatud puskar.

Alkoholi ekspertiisi määramisel on soovitatav esitada järgmised küsimused.

- **Kas ekspertiisiks esitatud vedelik sisaldab alkoholi?**
- **Kas ekspertiisiks esitatud vedelik on valmistatud kodusel teel või tehasetingimustes?** (Kui tegemist võib olla salaviinaga.)
- **Kas ekspertiisiks esitatud vedeliku alkoholisisaldus vastab etiketil toodule?**
- **Kas ekspertiisiks esitatud vedelikud pärinevad ühest kogumist?**
- **Kas ekspertiisiks esitatud seadet on võimalik kasutada alkohoolse joogi – puskari – valmistamiseks?**
- **Kas ekspertiisiks esitatud seadet on kasutatud alkohoolse joogi – puskari – valmistamiseks?**

Keerukamatel juhtudel on soovitatav enne alkoholi ekspertiisi määramist ühendust võtta EKEI ekspertidega.

Kasutatud kirjandus

- Hart, F. L. & Fisher, H. J., Modern food analysis, 519 pp, 1971.
- Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2002, 27 lk, 2003.
- Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2008, 26 lk, 2009.
- Eesti Konjunktuuriinstituut, Illegaalse alkoholi tarbimine ja kaubandus Eestis 2010, 23 lk, 2011.

NARKOOTILISE AINE EKSPERTIIS

Peep Rausberg

Narkootilise aine ekspertiis on kohtuekspertiisteaduste süsteemi valdkond, mis tegeleb inimese kesknärvisüsteemi mõjutavate ainete analüüsiga. Õiguslikult on narkootilised ja psühhotroopsed ained täpselt defineeritud, st neisse ei kuulu kaugeltki mitte kõik inimese kesknärvisüsteemi mõjutavad ained. Eesti Vabariigis on narkootilised ja psühhotroopsed ained loetletud sotsiaalministri 18. mai 2005. aasta määruses nr 73 “Narkootiliste ja psühhotroopsete ainete meditsiinilisel ja teaduslikul eesmärgil käitlemise ning sellealase arvestuse ja aruandluse tingimused ja kord ning narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekirjad”. Seda nimekirja täiendatakse vastavalt sellele, kuidas uued ained narkoturule ilmuvad. Samuti on narkootilise aine ekspertiisi objektiks narkootiliste ja psühhotroopsete ainete valmistamiseks kasutatavad lähteained, mis on loetletud Euroopa Parlamendi ja Euroopa Nõukogu asjakohastes määrustes.

Küsimus, missuguste ainete levik peaks olema piiratud, on tegelikult keeruline ja sellele on maailma eri paigus läbi aegade erinevalt vastatud. Ainete mõju inimorganismile on inimest iidsetest aegadest alates huvitanud. Kui mingi aine osutus inimese kehale või vaimule kasulikuks, hakati seda kutsuma ravimiks, kui aga kahjulikuks, siis mürgiks. Aga ravimi ja mürgi vahel ei ole sugugi lihtne vahet teha. Juba Paracelsuselt (1493–1541) pärineb seisukoht, et kõik ained on mürgised – ei ole ühtegi, mis poleks. Kogusest sõltub, kas on tegemist mürgi või ravimiga. Suur seikleja ja rändur Casanova (1725–1798) on öelnud, et targa käes on mürk ravim, lolli käes aga on ravim mürk (Gahlinger 2004). Narkootilised/psühhotroopsed ained on just sellised, suurt osa neist kasutatakse või on kunagi kasutatud inimese kesknärvisüsteemi ehk siis vaimset heaolu mõjutavate ravimitena.

Inimese kesknärvisüsteemi mõjutavaid ained võib seega jagada kaheks – ained, mille kasutamine on ühiskonnas reguleeritud (narkootilised ja psühhotroopsed ained, mille tarvitamine on keelatud või piiratud meditsiini valdkonnaga) ja ained, mille kasutamine ei ole reguleeritud. See võib tunduda paradoksaalne, aga paljude inimese kesknärvisüsteemi mõjutavate ja toksiliste ainete tarvitamine ei ole reguleeritud. Siia hulka võib arvata bensiini ja erinevate lahustite tarvitamise joobe saamiseks. Ka alkohol, nikotiin ja isegi kofeiin on inimese vaimset heaolu mõjutavad ained ja võivad olla tervise-

le kahjulikud, kuid nende tarvitamine on legaalne, sest meie kultuuriruumis on need ained ajaloolistel põhjustel aktsepteeritud.

Meditisiinilisest vaatevinklist võib inimese kesknärvisüsteemi mõjutavaid aineid jagada vastavalt sellele, kas neid kasutatakse arsti soovitusel või ettekirjutuse kohaselt või siis ilma selleta. Viimaseid on hakatud eesti keeles põhiliselt uimastiteks nimetama. Võib öelda, et uimasti on ravim, mis mõjutab inimese psüühikat ja mida inimesed tarvitavad oma algatusel, ilma arsti soovitusel või ettekirjutuseta. Nagu ravimitel esineb kõrvaltoimeid, on ka uimastitel mõjusid, mis võivad tarvitajatele väga ebameeldivateks osutada (Harro 2006).

AJALUGU

Uimastite ajalugu ulatub tuhandete aastate tagusesse aega. On leitud jälgi opiaatide kasutamisest ligikaudu 6000 aastat tagasi Mesopotaamias. Arheoloogilised leiud viitavad marihuaana tarvitamisele Hiinas isegi 12 000 aastat tagasi, kust see hiljem levis Lähis-Itta, Põhja-Aafrikasse ja Euroopasse. Sünteetilised narkootilised ained on eelmainituga võrreldes väga noored.

Ained, mida tänapäeval tuntakse narkootiliste ja psühhotroopsete ainetena, ei ole mitte kogu aeg selles staatuses olnud. Näiteks suhtumine amfetamiini on viimase saja aastaga teinud läbi suure muutumise. Amfetamiini valmistati esimest korda Saksamaal 1887. aastal, kuid esialgu ei pööratud sellele ainele erilist tähelepanu. Alles 1927. aastal hakati uurima amfetamiini ravimina kasutamise võimalusi. 1930ndatel raviti amfetamiiniga nohu, astmat, madalat vererõhku, narkolepsiat ja mitmesuguseid vaimuhaigusi. Samuti avastasid inimesed, et see vähendab isu, peletab väsimust ja tõstab töövõimet. Laialdast kasutust leidis amfetamiin teises maailmasõjas sõdurite, eriti lendurite võitlusvõime suurendamiseks.

Sõja järel muutus amfetamiini tarvitamine rahva hulgas massiliseks. Ühtlasi sai aina selgemaks, et amfetamiini kasutamisega kaasnevad ebameeldivad kaasnähud. Amfetamiini laialdast tarvitamist hakati piirama alles 1950ndate lõpus ja 1960ndatel aastatel, kui see arvati algul retseptiravimite ja seejärel nn keelatud ainete hulka.

XX sajandi 60ndateks aastateks jõuti maailmas narkootiliste ja psühhotroopsete ainete küsimuses suures osas üksmeelele. Rahvusvaheliselt on tänapäeval narkootiliste ja psühhotroopsete ainete käitlemise aluseks ÜRO 1961. aasta narkootiliste ainete konventsioon ning 1971. aasta psühhotroopsete ainete konventsioon, kus on ära toodud ka narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekirjad. Need dokumendid on enamiku riikide uimastipoliitika alus.

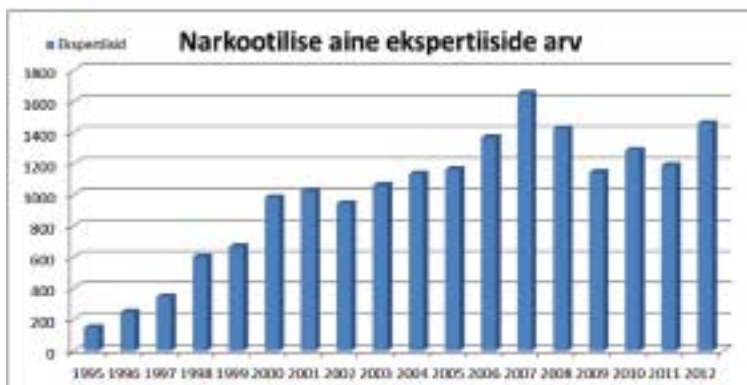
Uimastimaailm on kogu aeg pidevas arenemises: järjest sünteesitakse uusi inimese kesknärvisüsteemi mõjutavaid aineid, millest mõne aja pärast ohtli-

kumad ning laiema leviku saavutanud kantakse narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekirjadesse. Aja jooksul mõne aine levik laieneb, ent mõned kaotavad oma populaarsust. Üldjoontes valitseb uimastite maailmas siiski üsna suur konservatiivsus. Hoolimata aegade ja tavade muutumisest on kõige rohkem levinud ikka samad ained – Eestis kanep ja amfetamiin, USA-s kanep, kokaiin ja metamfetamiin, Lõuna-Euroopas kanep, heroiin ja kokaiin.

EKSPERTIISILIIGI AKTUAALSUS

Viimase 20 aasta jooksul on illegaalne narkokaubandus kogu maailmas jõudsasti laienenud. Koos sellega on mitu korda suurenenud ka võimude konfiskeeritud narkootiliste ainete kogused ja ühtlasi ka kohtueksptiisilaborites tehtavate narkootilise aine ekspertiiside arv.

Eestis on see kasv seoses piiride avanemisega olnud eriti suur. Ajavaheperioodil 1995.–2007. aasta suurenes narkootilise aine ekspertiiside arv ligikaudu kümme korda ja on viimastel aastatel kõikunud 1100 ja 1500 ekspertiisi vahel aastas, nagu võib näha ja järgmiselt graafikult.



UURIMISMEETODID JA METOODIKAD

Narkootilise aine ekspertiisi eesmärk on kindlaks teha, kas ekspertiisiks esitatud materjal (nt pulber, vedelik, taimne puru) sisaldab narkootilist/psühhotroopset ainet või nende valmistamiseks vajalikku lähteainet või kas ekspertiisiks esitatud esemel leidub nende ainete jälgi. Juhul kui narkootilist/psühhotroopset ainet või selle lähteainet esineb, siis tehakse ekspertiisiga alati ka kindlaks, millise ainega on tegemist.

Kohtueksptiisilaborites kasutatakse narkootilise aine ekspertiisi tegemisel mitmeid uurimismeetodeid. Kui võrrelda kohtueksptiisi laboreid erine-

vais riikides, siis kasutatavad uurimismeetodid on mõnevõrra erinevad. Valik sõltub eelkõige laborite traditsioonidest ja rahalistest võimalustest – rahvusvahelised õigusaktid ja standardid ei kirjuta ette, missuguseid meetodeid tuleb narkootilise aine ekspertiisi tegemisel kasutada. Uurimismeetodite valikul lähtutakse üldtunnustatud printsiipidest ja erialaorganisatsioonide soovitustest. Väga oluline dokument katselaborite, sealhulgas kohtuekspertiisilaborite jaoks on Euroopa standard ISO/IEC 17025, milles on toodud üldised nõudmised, millele labor ja kasutatavad uurimismetoodikad peavad vastama. Hea tava järgi peavad kasutatavad uurimismetoodikad (teatud kindlaks otstarbeks väljatöötatud ja täpselt kirjeldatud meetodid) olema valideeritud, akrediteeritud laborite puhul on see kohustuslik. Valideerimine tähendab seda, et uurimismetoodika kõlblikkus soovitud analüüsiks on põhjalikult kontrollitud ja dokumenteeritud.

Narkootilise aine ekspertiisivaldkond – nii kasutatav aparatuur kui ka uurimismeetodid – on viimastel aastakümnetel läbi teinud suure arengu, mis jätkub. Kasutusele võetud ja võetavad uued tehnoloogilised lahendused spektromeetria (eriti massispektromeetria), kromatograafia ja infotehnoloogia valdkonnas võimaldavad teha üha täpsemaid ja keerulisemaid uuringuid. Samas on endiselt kasutusel ka läbiproovitud vanad uurimismeetodid, nagu keemilised tõestusreaktsioonid, ainete tiheduse ja murdumisnäitaja määramine, leegi värvumise katse ning mikroskoopia.

Narkootilise aine ekspertiisi tegemisel kasutatavad uurimismeetodid võib jagada kvalitatiivseteks ja kvantitatiivseteks meetoditeks.

Kvalitatiivsetest meetoditest on Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis kasutusel tõestusreaktsioonid, visuaalne ja mikroskoopiline määramine, infrapunaspktromeetria, õhekihikromatograafia ja gaasikromatograafia-massispektromeetria. Kvantitatiivsetest meetoditest leiavad kasutust eelkõige gaasikromatograafia ja vedelikkromatograafia.

Teistes kohtuekspertiisilaborites kasutatakse veel selliseid uurimismeetodeid nagu elektroforees, immunotestid, mikrokristallitestid, Raman-spektromeetria, tuumamagnet-resonants-spektromeetria jt.

Kvalitatiivsed uurimismeetodid

Kvalitatiivseid uurimismeetodeid kasutatakse ekspertiisiks või uuringuks esitatud aine identifitseerimiseks. Need meetodid võib jagada esmasteks (skriiningmeetoditeks) ja kinnitavateks uurimismeetoditeks.

Kui tegemist on pulbri, tablettide või vedelikuga, siis pärast pakendite ja aine kirjeldamist ning aine koguse kaalumise määramist tehakse reeglina esimene uurimine tõestusreaktsioonidega. See uurimismeetod on analoogne kiirtestritega, mida kasutavad politsei ja toll. Keemiliste tõestusreaktsioonidega (värvumine, sademe teke, gaasi eraldumine) saadakse kasulikku informatsiooni aine määramiseks. Tõestusreaktsioonidest saadud info ei ole

kunagi piisav eksperdiarvamuse andmiseks, kuid selle alusel valitakse analüüsi edaspidine käik.

Kanepi ja kanepitoodete puhul pole tavaliselt põhjust neid tõestusreaktsioonidega uurida, sest nende puhul saadakse olulist informatsiooni juba välisel vaatlusel. Kvalitatiivseks meetodiks kanepi ja kanepitoodete uurimisel on mikroskoopia. Vaadeldes kanepist valmistatud preparaati suhteliselt väikese suurendusega mikroskoobiga, on näha taimelemente (näärmekarvu ja tsüstoliitkarvu), mis on iseloomulikud vaid kanepile.

Kõige enam kasutatav kinnitav meetod on gaasikromatograafia-massispektromeetria. Selle meetodiga saadud uurimistulemused on suure usaldusväärsusega, kuna meetod on väga spetsiifiline (suure eraldusvõimega) ja ained tehakse kindlaks kahe teineteisest sõltumatu parameetri – retentsiooniaeg ja massispekter – alusel. Gaasikromatograafia-massispektromeetria põhimõtet on põhjalikumalt kirjeldatud osas “Toksikoloogiaekspertiis”.

Kinnitava kvalitatiivse meetodina on kasutusel ka infrapunaspiktromeetria, mis põhineb ainete kindlakstegemisel nende neeldumisspektri järgi infrapunases piirkonnas. See meetod on osutunud väga kasulikuks GHB kindlakstegemisel, samuti on see asendamatu siis, kui on vaja kindlaks teha seda, missuguse suhkruga narkootiline aine on segatud.

Õhukese kihi kromatograafia on kvalitatiivse uurimismeetodina EKEI keemiaosakonnas kasutusel eelkõige kanepitoodete analüüsil. Selle meetodi eelised on kiirus ja võimalus analüüsida palju proove korraga. Õhukese kihi kromatograafia põhineb eri ainete erineval liikumiskiirusel silikageelplaadil, kui seda ühest äärest lahustiga immutatakse (voolutatakse). Eri ainete jäljed tuuakse plaadil nähtavale sobiliku ilmutiga. Kanepi analüüsil on plaadile erinevate kannabinoidide jäetud jäljed üksteisest lahutunud ja erinevat värvi.

Kui on tegemist aine jälgedega esemetel, siis ainukese uurimismeetodina kasutatakse gaasikromatograafia-massispektromeetriat.

Kvantitatiivsed uurimismeetodid

Kvantitatiivseid uurimismeetodeid kasutatakse ekspertiisiks või uuringuks esitatud aine protsentuaalse koostise kindlakstegemiseks.

EKEI keemiaosakonnas on gaasikromatograafia kõige rohkem kasutatav kvantitatiivne uurimismeetod. Kui kasutatakse tänapäevaseid suure eraldusvõimega kapillaarkolonne ja suure tundlikkusega leek-ionisatsioonidetektorit, sobib see meetod enamiku levinud narkootiliste/psühhotroopsete ainete protsentuaalse sisalduse määramiseks. Tänapäevased gaasikromatograafid, mis on varustatud automaatsete proovide sisestamise seadmetega ja mida juhitakse arvutitega, on suure jõudluse ja töökindlusega analüüsiseadmed, mida kasutatakse väga paljudes katselaborites. Gaasikromatograafiliseks uurimiseks peavad uuritavad ained taluma suhteliselt kõrgeid temperatuure

ja olema lenduvad. Gaasikromatograafia põhimõtet on põhjalikumalt kirjeldatud osas “Toksikoloogiaekspertiis”.

Vedelikkromatograafia on usaldusväärne uurimismeetod, mida kasutatakse väga paljudes kohtuekspertiisilaborites. Selle meetodi eelised on võimalus analüüsida kõrge temperatuuri suhtes tundlikke või raskesti lenduvaid aineid, kuna aineid analüüsitakse suhteliselt madalatel temperatuuridel ja lahustunud olekus. Vedelikkromatograafias toimub ainete eraldamine üksteisest peeneteralise absorbendiga täidetud kolonnis. Nagu gaasikromatograafia puhul, on moodsad vedelikkromatograafid varustatud automaatsete proovide sisestamise seadmetega ja neid juhitakse arvutitega. EKEI keemiaosakonnas on vedelikkromatograafia kasutusel peamiselt GHB kvantitatiivsel määramisel.

Gaasi- ja ka mõnikord vedelikkromatograafia puhul kasutatakse täpsemate tulemuste saamiseks sisestandardeid, mis kujutavad endast analüüsitavaitele ainetele lähedaste omadustega aineid, mis lisatakse uuritavatele proovidele nende analüüsiks ettevalmistamise käigus.

NARKOOTILISE AINE EKSPERTIISI MÄÄRAMINE

Narkootilise aine ekspertiisiks esitatakse kogu konfiskeeritud aine. Esemete ja ainete pakendamisel tuleb jälgida üldisi ettevaatusabinõusid, et vältida kontaminatsiooni. Kui tahetakse, et ekspertiisis käsitletakse esemeid erinevate ekspertiisiobjektidena, siis tuleb pakendada need eraldi, et oleks välditud nende kokkupuutumine ja ainejälgede kandumine ühelt ekspertiisiobjektilt teisele. Samuti ei tohi unustada, et tegemist võib olla väga tugevatoimeliste ainetega, mistõttu tuleks vajadusel kasutada kaitsevahendeid.

Kui ekspertiisiks esitatakse korruga palju objekte, siis on soovitatav, et ekspertiisimääruse vormistamisel pakendid ja/või ekspertiisiobjektid nummerdataks. Seejuures oleks hea, kui numeratsioon on lihtne ja loogiline (näiteks pakendid nr 1, 2, 3 jne). Ei ole soovitatav saata ekspertiisiks korruga mitu sama numbriga pakendit (mis erinevad nt konfiskeerimise koha poolest), mida eksperdil on raske üksteisest eristada. Järjestikuselt numereeritud pakendid aitavad ekspertidel esitatud materjalis orienteeruda, ühtlasi on ekspertiisiaktis toodu üheselt seostatav ekspertiisiks esitatuga.

Õrnad esemed ja vedelikega anumad peaksid olema sobivalt pakitud ja markeeritud, et vältida nende purunemist ning vedelike laialivalgumist. Niisiked taimed (nt kanepitaimed) on otstarbekas enne ekspertiisi saatmist kuivatada, sest kinnistesse pakenditesse seisma jäädes võivad need rikneda. Erandiks on siin katataimedede (*khat*) võrsed, mis toimetatakse ekspertiisi värskena ja antakse eksperdile vahetult üle. Kui on tegemist kasvavate kanepi- või unimagunataimedega, siis tuleks ekspertiisiks võtta vaid nende maapealsed osad.

Narkootilise aine ekspertiisi määramisel on soovitatav esitada järgmised küsimused.

1. Kui on tegemist ainega

- Kas ekspertiisiks esitatud aine sisaldab narkootilist ainet?
- Kui sisaldab, siis millist ja kui suur on esitatud aine kogus?

2. Kui on tegemist aine jälgedega esemel

- Kas ekspertiisiks esitatud esemel leidub narkootilise aine jälgi?
- Kui leidub, siis missuguse aine jälgi?

Enamikul juhtudel nendest küsimustest piisab.

Kui ekspertiisiks esitatakse hulgaliselt pakendeid või esemeid, siis on otstarbekas mitte küsida iga uurimisobjekti kohta eraldi, kas on tegemist või kas seal esineb narkootilise aine jälgi, vaid ühe küsimusena – kas esitatud esemetel leidub narkootilisi aineid või nende jälgi.

Keerukamatel juhtudel on soovitatav enne narkootilise aine ekspertiisi määramist ühendust võtta EKEI ekspertidega, kes on alati valmis nõu andma.

NARKOLABORID

Eestis on viimase 15 aasta jooksu leitud üsna palju narkolaboreid. Kõige rohkem neist on tegelenud amfetamiini valmistamisega, kuid on leitud ka metamfetamiini, MDMA-d, fentsükliidiini, 3-metüülfentanüüli, GHB-d ja medrooni valmistavaid narkolaboreid.

Narkootiliste ainete valmistamiseks on peale valmistamise soovi tarvis kolme eeltingimust – on tarvis hankida lähteained ja muud kemikaalid, laborivarustus (reaktorid, kolvid, jahutid jne) ning peavad olema vastavad teadmised.

Narkolaborid on proovikivi nii uurijatele kui ka ekspertidele. Tegemist on pisikeste või suuremate keemiavabrikutega, kus võib leiduda suurel hulgal ohtlikke kemikaale. Väiksemaid narkolaboreid on avastatud kortermajade köökides. Kõige rohkem asub narkolaboreid maapiirkondades, kus kahtlane askeldamine ja vänge kemikaalihais äratav kõrvaliste inimeste tähelepanu vähem. Suurim Eestis avastatud narkolabor tegutses aga Tallinnas suurte reaktoritega varustatud keemiatööstuses.

Narkootiliste ainete valmistamine on erineva keerukusega. Lihtsaim on GHB süntees, kus töövahenditeks piisab vaid pliidist ja roostevabadest või emailitud köögipottidest. Amfetamiini valmistamine on tunduvalt keerulisem, sel puhul võib tegemist olla juba kolbide, jahutite, survereaktorite, vaakumpumpade ja gaasiballoonidega.

Erinevalt legaalsest keemiatööstusest iseloomustab narkolaborit tavaliselt

korratus ja räpasus. Sageli on sündmuskohal suur hulk märgistamata keemikaalianumaid, mis sisaldavad lähteaineid, vahe- ja valmisprodukte ning jääke. Leidub ka etikettidega anumaid, kuid nende sisu ei pruugi olla see, mis kirjas.

Narkolabori uurimine sündmuskohal nõuab vastavaid teadmisi ja väljaõpet, et mitte ohtu seada enda ja kaaskodanike elu ning tervist. Kui töö käigus juhtutakse ootamatult narkolabori, eriti parajasti töötava narkolabori peale, siis on õigem pöörduda vastava koolituse saanud kolleegide poole. Ka EKEI eksperdid on alati valmis töötama sündmuskohal.

Igal juhul nõuab sünteesiprotsessi peatamine ja aparatuuri lahtivõtmine erilist ettevaatust, nagu ka narkolaborist pärit ekspertiisiojektide pakendamine ning transportimine.

NARKOOTILISED AINED

Praegu Eestis kehtivas narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekirjas on 280 ainet. Need on uimastid, mis on arvatud ohtlikeks kas tarvitajale, teistele inimestele või ühiskonnale.

Narkootiliste ja psühhotroopsete ainete hulka kuuluvad ained erinevad nii oma toimelt kui ka saamise viisilt. Vastavalt sellele on olemas erinevaid narkootiliste ja psühhotroopsete ainete klassifitseerimise aluseid.

Oma toimelt võib uimastid lihtsustatult jagada kolme rühma: kesknärvisüsteemi pärssivad, ergutavad ja hälvitavad ained. Kesknärvisüsteemi pärssivate ainete hulka kuuluvad põhiliselt opiaadid, barbituraadid ja bensodiasepiini rühma ained. Kesknärvisüsteemi ergutavate ainete hulgas on amfetamiin koos derivaatidega (nn amfetamiini tüüpi stimulandid) ja kokaiin. Tüüpilisemateks kesknärvisüsteemi hälvitavad ained ehk hallutsinogeenid on LSD, psilotsübiin ja meskaliin.

Sageli on uimastitel inimese kesknärvisüsteemile ühel ajal mitmesugune toime, näiteks MDMA on nii närvierguti kui ka närvihälviti. Eestis levinumat uimastit – kanepit – on samuti võimatu paigutada ühte rühma. Kanepi tarvitamisel esineb nii erutus- kui ka pidurdusnähte, samuti hallutsinogeenset mõju tajule.

Valmistamisviisilt saab narkootilisi ja psühhotroopseid aineid jagada looduslikeks, poolsünteesilisteks ja sünteesilisteks.

Kanep

Kanep (*Cannabis sativa*, *Cannabis indica*) on maailmas laialdaselt levinud rohttaim, mis kasvab troopikast kuni parasvöötmeni. Uimastina kasutatakse seda põhiliselt kahel kujul: marihuaana (kanepiõisikud, noored lehed, peenes tatud kanep) ja hašiš (kanepivaik). Kanep on Eestis ja paljudes teistes riikides kõige levinum narkootiline aine.

Kanep on iidsetest aegadest olnud tuntud põllumajandustaim, mida kasvatatakse kiu ja seemnete saamiseks, tänapäeval samuti energiakultuurina. Narkootilise ainenähtuse kasutamiseks kasvatatakse kanepit eristatavalt nn tööstuslikust kanepist terahüdrokannabinooli (THC) sisalduse poolest. Tööstusliku kanepina kasvatatakse vaid sorte, mille THC sisaldus on minimaalne: Euroopa Liidus on piiriks 0,2%.

Marihuaana THC-sisaldus varieerub väga suurtes piirides ja võib ulatuda 20%-ni ning isegi üle selle. Hašišit valmistatakse soojas kliimaga maades, eelkõige Põhja-Aafrikas ja Lähis-Idas. Eestis konfiskeeritud hašiši THC-sisaldus jääb enamasti vahemikku 1–5%.

Kanepi THC-sisalduse määrab ära eelkõige kasvatatav sort, kuid mõju avaldavad ka kasvatamise tingimused, kanepitaime kasvufaas ning taime osa – kõige rohkem on THC-d õisikutes. Eestis on levinud kanepi kasvatamine narkootilise aine saamiseks, milleks sageli kasutatakse interneti kaudu Hollandist tellitud spetsiaalsete, kõrge THC-sisaldusega sortide seemneid.

Kanepiseemneid ei loeta narkootiliste ainete hulka, sõltumata sellest kas neist analüüsiga THC-d leitakse või mitte. Sellest, kas seemned THC-d sisaldavad või mitte, ei ole võimalik järeldada, kui suur on neist kasvatatava kanepitaime THC-sisaldus (st teha kindlaks, kas tegemist on tööstuslikuks või narkootiliseks aineks kvalifitseeruva kanepiga).

Amfetamiin

Amfetamiin on fenetüülamiinide hulka kuuluv uimasti – stimulant, mille toime on sarnane kokaiini toimega. Eestis ja peaaegu kogu Euroopas on amfetamiin levinuim sünteetiline narkootiline aine. Mõnel pool maailmas (näiteks USA-s) on amfetamiini asemel levinud metamfetamiin, mis on oma toimelt amfetamiinile lähedane.

Amfetamiin ja metamfetamiin esinevad uimastitena enamasti soolade (sulfaat, hüdrokloriid) kujul, sest vabas olekus on nad vedelikud. Tavaliselt levivad amfetamiin ja metamfetamiin pulbri kujul, kuigi on leitud ka neid aineid sisaldavaid tablette.

Kuigi amfetamiini ja metamfetamiini valmistamiseks on teada palju erinevaid sünteesimeetodeid, kasutatakse praktiliselt kahte – Leuckarti meetod ja reduktiivne amiinimine. Kuna erinevaid valmistamismeetodeid kasutades tekib erineval määral vahe- ja kõrvalprodukte, siis arvestades, et narkolaborites ei pöörata toodangu kvaliteedile erilist tähelepanu ja aineid ei puhastata, on võimalik analüüsiga kindlaks teha, missugust valmistamismeetodit on kasutatud. Amfetamiinis leiduvate vahe- ja kõrvalproduktide analüüsil põhineb ka võrdlusuuringute tegemine ehk profileerimine.

Amfetamiini ja metamfetamiini valmistamine on keskmise keerukusega. Limiteeriv faktor on enamasti lähteaine (1-fenüül-2-propanooni ehk fenüülsetooni) defitsiitsus. Euroopa suurimad illegaalse amfetamiini valmistami-

se riigid on Holland ja Belgia, kuid terve hulk amfetamiinilaboreid on avastatud ka Poolas, Leedus ja Eestis.

Amfetamiini ja metamfetamiini sisaldus konfiskeeritud pulbrites varieerub väga suures ulatuses – mõnest protsendist kuni praktiliselt 100%-ni. Enamasti kasutatakse amfetamiini lahjendamiseks glükoosi, küllaltki sageli sisaldavad amfetamiiniproovid ka kofeiini.

MDMA

MDMA ehk metüleendioksümetamfetamiin ja selle analoogid (MDEA, MDA, MBDB jt) erinevad amfetamiinirühma ainetest neis sisalduva metüleendioksürühma poolest. Enamasti esineb MDMA tablettide kujul (*ecstasy* tabletid) ja on levinud kui peo- või ööklubide narkootikum. *Ecstasy* tablettidele on reeglina peale pressitud mingi kujutis – logo. Ilmselt on tableti vormi ja logo eesmärgiks lihtsustada aine doseerimist ning anda võimalikule tarbijale illusoorne kindlustunne, justkui oleks tegu tööstusliku ja kontrollitud tootega. Tegelikult mingit seost logo ja tableti koostise vahel ei ole ning kvaliteet on kahtlane, nagu kõigi illegaalsete sünteetiliste narkootikumide puhul. Europol jälgib *ecstasy* tablettide levikut Euroopas ja klassifitseerib tabletilogosid, et kindlaks teha *ecstasy* tablettide levitamiskanaleid ja avastada narkolaboreid.

Suurimad *ecstasy*-vabrikud on leitud Hollandist.

Aeg-ajalt liigub *ecstasy*'na piperasiine, kõige rohkem klorofenüülpiperasiini sisaldavaid tablette. Kuigi keemilises mõttes pole piperasiinidel sarnasust MDMA-ga, on toime ligikaudu sama. Pärast piperasiinide arvamist narkootiliste ja psühhotroopsete ainete hulka on neid aineid sisaldavate tablettide levik oluliselt vähenenud.

Katinoonid

Katinoonid ilmusid narkoturule koos internetipõhise narkokaubanduse levikuga kui keelatud ainete legaalne alternatiiv. Sellesse gruppi kuulub palju narkootilise aine katinooni derivaate, mis erinevad üksteisest neis sisalduvate rühmade poolest. Siia kuuluvad ained, nagu mefedroon (4-metüülmetkatinoon), metüloon (metüleendioksümetkatinoon), MDPV (metüleendioksüpürovaleroon), metedroon (metoksümetkatinoon) jt. Kõiki neid võib pidada nn disainitud narkootikumide (*designer drugs*) hulka kuuluvateks. Katinoonid esinevad enamasti pulbri kujul.

Mitmesuguste katinoonide tarbimine levib kiiresti üle maailma, kuid pärast nende arvamist narkootiliste ja psühhotroopsete ainete hulka nende levik tavaliselt väheneb. Nn klassikaliste uimastitega (näiteks amfetamiin, kokaiin) võrreldavat populaarsust ei ole nad tarvitajate hulgas saavutanud. Teatud erand on küll MDPV, mille tarvitamine on üsna laialdaselt levinud Soomes ja mida on seetõttu ka Eestis küllaltki palju konfiskeeritud.

Sünteetilised kannabinoidid

Sellesse ainete rühma on arvatud üle saja tehislikult saadud ühendi, millel on kanepi toimeaine THC-ga sarnane toime. Sünteetilised kannabinoidid ilmusid laialdasemalt narkoturule 2007.–2008. aastal, kui turule tuli legaalne kanepiasendaja tootena (Spice, Skunk jt), mis väidetavalt sisaldavat ainult looduslikke, heaolutunnet tekitavaid komponente. Tegelikult sisaldavad need taimesegud aga sünteetilisi kannabinoide, mis kannavad nimetusi JWH-018, HU-210, CP-47497 jne. Pärast narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekirja lülitamist konkreetse sünteetilise kannabinoidi levik tavaliselt väheneb, kuid selle asemele ilmub uus, mõnel määral muudetud keemilise struktuuriga ühend.

***Khat* (katataimed)**

Kirde- ja Ida-Aafrikas kasvav katataim (*Catha edulis*) sisaldab katinooni ja kaatiini, mis on ergutid, mille toime sarnaneb kokaiiniga. Katataimevõrsete närimine on olnud Aafrikas juba iidsetest aegadest laialt levinud, kuid on viimasel ajal seoses inimeste suurema liikumisega jõudnud ka Euroopasse. Põhiliseks *khat*'i tarbijaskonnaks Euroopas on siiski Aafrika päritoluga immigrandid, kes hangivad seda Aafrikast. Katataimede võrseid tarbitakse värskelt, kuna kuivades nõrgeneb nende uimastav toime tunduvalt.

Kokaiin

Lõuna-Ameerika põliselanikud on tuhandeid aastaid närinud kokapõõsaste (*Erythroxylum coca*) lehti või valmistanud neist toniseerivat jooki. See komme on võrreldav tänapäevase kohvijoomise või tubakasuitsetamisega.

Kokataime ergutav ja väsimust peletav toime on tingitud põhiliselt kokaiinist, mida kokapõõsa lehed sisaldavad keskmiselt 0,5%. Kui XIX sajandil eraldati kokapõõsa lehtedest puhas kokaiin, siis sai sellest kiiresti ravim pea iga haiguse vastu. Kokaiini sisaldas kuni XX sajandi alguseni ka populaarne karastusjook Coca-Cola.

Kokaiini kasutatakse meditsiinis lokaalse tuimestina, kuid ülemaailmsel narkoturul on see üks kõige ohtlikum uimasti, mis toob oma laia leviku tõttu kannatusi paljudele inimestele nii maades, kus seda toodetakse, kui ka maades, kus seda tarbitakse.

Tänapäeval levib kokaiin rahvusvahelisel narkoturul kokaiinhüdrokloriidi kujul, mis on valge pulber. Kokaiini tarbitakse kas hüdrokloriidina (nina tõmbamiseks) või kokaiin-alusena (*crack*, suitsetamiseks). Alusena esinevat kokaiini peetakse tunduvalt ohtlikumaks, seetõttu on mõnes riigis karistused *crack*'i omamise eest mitu korda suuremad võrreldes sama koguse kokaiinhüdrokloriidiga. Aluse valmistamine hüdrokloriidist on lihtne.

Kuigi on tuntud ka kokaiini sünteetilise valmistamise meetod, on praktiliselt kogu tarbitav kokaiin looduslikku päritolu ja tuleb eranditult Lõuna-Ameerikast (Kolumbiast, Peruust ja Ecuadorist).

Heroiin

Unimagunast (*Papaver somniferum*) saadav oopium sisaldab mitukümmend farmakoloogiliselt aktiivset alkaloidi, millest tähtsaim on morfiin (4–20%). Teiste olulisemate komponentidena tuleks mainida kodeiini (1–5%), tebaiini, papaveriini ja narkotiini.

Heroiin saadakse morfiini atsetüleerimisel (töötlemisel äädikhappeanhydriidiga) ja seetõttu võib heroini lugeda poolsünteetiliseks uimastiks. Atsetüleerimine suurendab oluliselt morfiini toimet.

Heroiin on tänapäeval üks kõige laiemalt levinud uimastitest. Põhiliselt pärineb see Afganistanist ja teistest Lähis-Ida riikidest, kuid tuntud on ka Kagu-Aasia ja Ladina-Ameerika päritoluga heroiin.

Heroiin esineb ja seda tarbitakse põhiliselt kahel kujul – hüdrokloriidina (valge heroiin, süstimiseks) ja alusena (pruun heroiin, suitsetamiseks), mõlemal juhul on tegemist pulbriga.

Eestis on heroiin vähe levinud, sest siinselt turult on heroini välja tõrjunud sünteetilised opiaadid fentanüül ja 3-metüülfentanüül.

Fentanüül ja fentanüüli derivaadid

1950ndatel aastatel sünteesitud fentanüül ja selle derivaadid kuuluvad sünteetiliste opiaatide hulka ja neid iseloomustab sadu või isegi tuhandeid kordi tugevam toime kui morfiinil.

Eestis kuuluvad fentanüül ja 3-metüülfentanüül laialt levinud uimastite hulka ja neid võib pidada siin tarvitavatest uimastitest kõige ohtlikumateks. Enamik narkootikumide tarvitamisega seotud surmasid Eestis on tingitud fentanüüli ja 3-metüülfentanüüli tarvitamisest. Kuna fentanüül ja 3-metüülfentanüül on väga tugevatoimelised, siis illegaalsel narkoturul oleva fentanüüli sisaldus on tavaliselt vahemikus 1–10%, 3-metüülfentanüülil 0,1–1%. Mõlemad ained esinevad valge või kollaka kuni pruuni pulbri kujul ja nende põhiline kasutusviis on veeni süstimine. Fentanüüli kasutatakse meditsiinis tugevatoimelise valuvaigistina, 3-metüülfentanüüli meditsiinis ei kasutata.

GHB

GHB (gammahüdroksübutüraat) on enamasti vedelal kujul esinev uimasti, mis leiab kasutust ka meditsiinis. See aine, mis kasutajate seas kannab sage li nimetust korgijook (paras kogus olevat üks pudelikorgitäis), on üks kõige lihtsamini valmistatavaid uimasteid, mille lähteaineks on tööstuslikult kasutatav lahusti gammabutürolaktoon (GBL).

GHB-d kasutasid 1980ndatel toidulisandina kulturistid, samuti pruugiti seda ööklubides eufooria saavutamiseks analoogselt MDMA ja alkoholi-ga. Suuremad kogused seevastu põhjustavad inimesel sügava koomataolise une. GHB kuritahtlikul manustamisel on võimalik pahaaimamatu inimene abitusse seisu viia.

Arvukate surmajuhtumite tõttu peetakse GHB-d tänapäeval väga ohtli-kuks uimastiks. Aeg-ajalt esineb ka juhtumeid, kui manustatakse gammabu-türolaktooni (GBL) või 1,4-butaandiooli, mis muunduvad inimorganismis kiiresti GHB-ks.

Barbituraadid ja bensodiasepiinid

Tegemist on psühhoaktiivsete ravimitega, mida kasutatakse unerohtudena ja depressioonivastaste vahenditena. Ravimitena kasutatakse kümneid eri-nevaid barbituraate ja bensodiasepiine.

Kuritarvitamisel on nende ravimite toime lähedane alkoholijoobe-le. Ana-loogselt GHB-ga esineb juhtumeid, kui bensodiasepiine, eelkõige flunitrase-paami (*rohypnol*) kasutatakse inimese abitusse seisu viimiseks kas röövimi-se või seksuaalse ärakasutamise eesmärgil.

Barbituraadid ja bensodiasepiinid on tuntud ka kui suhteliselt lihtsalt kät-tesaadav vahend valutuks enesetapuks.

Reeglina pärinevad uimastitena kasutatavad barbituraadid ja bensodiasepi-inid legaalsest ravimikaubandusest, illegaalse valmistamise juhtumid on väga harvad.

LSD

LSD (lüsergiinhappe dietüülamiid) on esimene sünteetisud hallutsinogeen. Tegemist on väga tugevatoimelise ainega, mille doos on suurusjärgus 50 mikrogrammi. Võrreldes teiste hallutsinogeenidega on LSD ligikaudu sada korda tugevama toimega kui nn maagilistes seentes leiduv psilotsübiin või 2000 korda tugevama toimega kui teatud kaktustes leiduv meskaliin.

Tavaliselt immutatakse LSD-lahusega efektse kujundusega paberilehti, mis on perforatsiooniga jagatud väikesi postmarke meenutavateks osadeks. Manustamiseks pannakse need tavaliselt keele alla. LSD oli 1960ndatel aastatel läänemaailmas hipikultuuri osana oma populaarsuse tippul.

LSD valmistamine on keeruline ja selleks on vaja väga ohtlikke kemikaa-
le, nagu fosgeen ja hüdrasiin. Öeldakse, et LSD valmistamine on väga ras-
ke, kuid veelgi raskem on sealjuures ise ellu jääda. Eestis on LSD väga har-
va konfiskeeritud.

Kasutatud kirjandus

- Gahlinger, P. M., *Illegal drugs*, 456 pp, 2004.
- Harro, J., *Uimastite ajastu*, 317 lk, 2006.
- Geschwinde, T., *Rauschdrogen. Marktformen und Wirkungsweisen*, 745 pp, 1998.

TOKSIKOLOOGIAEKSPERTIIS

Aime Riikoja

Kohtutoksikoloogia ülesanne on tuvastada joobeseisundit põhjustavate ainete olemasolu elavate inimeste bioloogilistes vedelikes ning aidata kohtuarsritel kindlaks teha surma põhjust. Surnutega seotud toksikoloogia valdkonda käsitletakse raamatu “Kohtuarstiteadus” peatükis “Kohtukeemia”.

Selles peatükis käsitletakse ainult joobeseisundi tuvastamisega seotud toksikoloogiaekspertiise ja -uuringuid.

Joobeseisund on alkoholi, narkootilise või psühhotroopse aine või muu sarnase toimega aine tarvitamisest põhjustatud terviseseisund, mis avaldub väliselt tajutavalt häiritud või muutunud kehalistes või psüühilistes funktsioonides ja reaktsioonides.

Joobeseisundi liigid on

- alkoholihoove;
- narkootilise, psühhotroopse või muu joovastava aine tarvitamisest põhjustatud hoove.

Alkohol on selle artikli raames etanooli sisaldav vedelik. Narkootiliste ja psühhotroopsetena käsitatakse aineid vastavalt narkootiliste ja psühhotroopsete ainete ning nende lähteainete seadusele.

Alkoholihoobe kahtluse korral määratakse alkoholi sisaldus väljahingatavas õhus või veres. Narkootiliste, psühhotroopsete ainete või muude joovastavate ainete tarvitamisest põhjustatud hoobe kahtluse korral kirjeldab arst terviseseisundit ja tehakse bioloogilise vedeliku (tavaliselt uriini) uuring.

Kas on tegemist ekspertiisi või uuringuga, sõltub sellest, millise dokumendiga proov laborisse saadetakse. Laboratoorsed analüüsid on ekspertiiside ja uuringute korral samad.

Joobeseisundi tuvastamine on reguleeritud politsei- ja piirivalveseaduse ning viimasega seotud määrustega.

Kuni 2009. aasta 1. juulini tehti joobeseisundi tuvastamisega seotud analüüse tervishoiuteenust osutatavates asutustes, kus kasutati nende töös tavapäraseid meetodeid. Alates 1. juulist 2009 tehakse mainitud analüüse Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis.

Toksikoloogias ei ole standardseid meetodikaid, labor peab analüüsideks vajalikud meetodikad ise leidma ja endale sobivaks kohandama. Rahvusva-

helise Kohtutoksikoloogia Assotsiatsiooni komitee on välja andnud soovitusliku juhendi toksikoloogiliste analüüside tegemiseks.

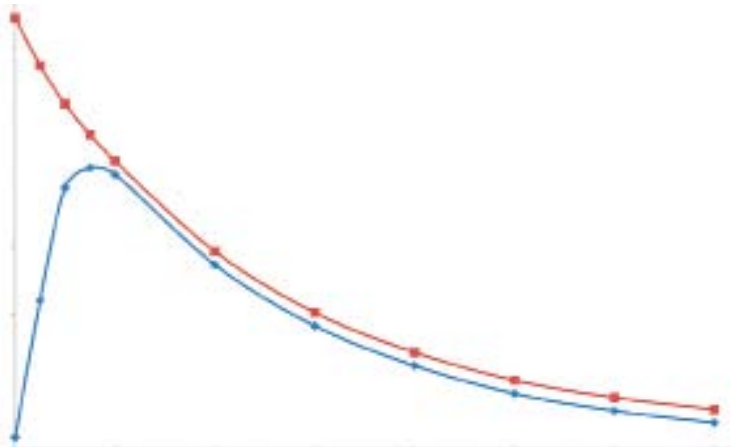
Akrediteerimine on üldjuhul soovituslik, kuid kui toksikoloogiaekspertiisi käigus tehakse mõõtmisi mõõteseaduse tähenduses, peab labor olema akrediteeritud. Akrediteerimine on protseduur, mille tulemusena autoriteetne organ annab ametliku tunnustuse, et labor on mingis valdkonnas kompetentne. Sisuliselt on tegemist eksamiga, mille käigus hinnatakse meeskonna koostööd ning tehniliste vahendite ja üksikliikmete individuaalse pädevuse vastavust kehtestatud nõuetele. Et saada akrediteeringut, peab labor vastama standardile EVS-EN ISO/IEC 17025 “Katse- ja kalibreerimislaborite üldnõuded”.

Akrediteeritavad meetodikad peavad olema valideeritud, peab olema väljendatud mõõtemääramatus ning labor peab osalema rahvusvahelistes võrdluskatsetes. Oluline etapp jälgitavuse saavutamisel on valideerimine – protsess, mille eesmärk on välja selgitada, kas meetodika vastab oma eesmärgile, st kas see kõlbab selleks analüüsiks, milleks seda soovitakse kasutada.

OLULISED ASPEKTID PROOVI VÕTMISEL

Proovi võtmisel tuleb kehtivaid õigusakte täpselt järgida. Proovi võtmise kord on kehtestatud Vabariigi Valitsuse määrusega “Vere- ja bioloogilise vedeliku proovi võtmise, säilitamise, uuringuks edastamise, uuringu tegemise ning nende toimingute tasustamise ja uuringu tulemustest teavitamise kord”.

- **Vereproovi** tohib võtta ainult tervishoiutöötaja või meditsiinilise haridusega EKEI töötaja.
- **Uriiniproovi** tohib võtta peale tervishoiutöötaja ka politseiametnik. Uriiniproovi võtmisega tohib politseiametnik tegeleda vaid juhul, kui prooviandja annab uriini vabatahtlikult. Uriiniproovi võtmisel tuleb jälgida, et proovi ei oleks võimalik välja vahetada või lahjendada. On olnud juhtumeid, kus võetakse kondoomiga kaasa nn puhas proov ja proovi andmisel valatakse see uriini topsi. Viimasel ajal on internetipoodides hakanud levima sünteetiline uriin, mida samuti kasutatakse oma proovi asemel. Käepärast ei tohi olla vett, millega on võimalik proovi lahjendada. Samuti ei tohi käepärast olla seepe, desolahuseid jm taolisi tooteid, mille lisamine uriini võib muuta ained mittemääratavateks.
- **Proov tuleb võtta võimalikult kiiresti.** Aine manustamisel (v.a veresoonde süstimisel) hakkab aine kontsentratsioon veres tõusma (absorptsioon), seejärel langema (kudedevaheline jaotumine ja elimineerimine). Aine süstimise korral hakkab aine verekontsentratsioon kohe eksponentsiaalselt langema. (Olaf H. Drummer 2001: 22–23. Anthony C. Moffat, M. David Osselton, Brian Widdop 2004: 172–173.)



Aine kontsentratsiooni muutumine veres. A – aine suukaudsel manustamisel (sinine joon). B – aine veresoonde süstimisel (punane joon). Y-telg – kontsentratsioon, x-telg – aeg.

Ainete elimineerimise kiirust iseloomustab poolväärtusaeg. Poolväärtusaeg on aeg, mille vältel aine kontsentratsioon vereplasmas langeb pooleni oma esialgsest väärtusest. See ei ole pool aine organismis olemise ajast, kuna, nagu ülal toodud joonistelt näha, ei muutu aine kontsentratsioon lineaarselt. Poolväärtusaeg sõltub ainest ja kõigub väga tugevasti, näiteks kokaiini poolväärtusaeg on *ca* üks tund, nordasepaamil kaks päeva, aga herooinil vaid paar minutit. Poolväärtusaeg ei ole aine suhtes konstantne, vaid kõigub nii sõltuvalt inimesest kui ka ühel inimesel. Pole ebatavaline, et ühe aine poolväärtusaeg varieerub terve inimese puhul 100%. (Olaf H. Drummer 2001: 25–27.) Enne ekskretsiooni ained sageli lagunevad või konverteeritakse teis(te)eks aine(te)ks. Seda protsessi nimetatakse metabolismiks. (Olaf H. Drummer 2001: 27.)

Valdav osa aineid ja nende metaboliite väljutatakse organismist neerude kaudu uriini. On aineid, mis on määratavad bioloogilistes vedelikes vaid metaboliitidena. Näiteks herooini poolväärtusaeg on nii lühike (paar minutit), et herooin ise ei ole määratav, määratavad on tema metaboliidid 6-monoatsetüülmorfiin ja morfiin. Kanepi suitsetamise korral on uriinist võimalik määrata vaid tetrahüdrokannabinooli metaboliiti karboksütetrahüdrokannabinooli. (Olaf H. Drummer 2001: 228–229, 188.)

Joobeseisundi tuvastamisel määratakse narkootilisi ja psühhotropseid aineid eelistatavalt uriinist, kuna uuritavate ainete ja/või nende metaboliitide kontsentratsioonid on uriinis

tavaliselt märksa kõrgemad kui veres ning on ka kauem määratavad. Narkootiliste ainete määratavuse aeg sõltub ainest, tarvitatud kogusest, tarvitamise sagedusest, konkreetsest inimesest ja ka meetodi määramispiirist. Kõige tundlikumaks meetodiks loetakse kromatomassispektromeetrilist meetodit.

Kirjanduses toodud andmed narkootiliste ja psühhotroopsete ainete määratavuse kohta uriinis erinevad suuresti (Olaf H. Drummer 2001, Anthony

C. Moffat, M. David Osselton, Brian Widdop 2004, Randall C. Baselt 2008).

- **Proov tuleb võtta õigesse proovinõusse.**

Etanooli määramisel on kõige olulisem proovimaterjal veri, mille etanoolisisalduse alusel saab inimese joobeseisundit määrata. Oluline on see, kas vere alkoholisisaldust määratakse täisverest või vereseerumist/plasmast. Vereseerum/plasma sisaldab rohkem vett, seetõttu ka rohkem alkoholi. Vereseerumi/plasma etanooli suhe täisvere etanooli suhtesse on 95% tõenäosusega vahemikus 1,10–1,30. Kuna see suhe ei ole absoluutne, vaid vahemikuna esitatav, on õigem määrata vere alkoholisisaldust täisverest. Pärast proovivõttu võib etanooli sisaldus proovis bakterite toimel muutuda. Vältimaks vere jagunemist plasmaks/seerumiks ja vere vormelementideks ning etanooli sisalduse muutumist bakterite toimel pärast vere võtmist, tuleb vereproov võtta NaF ja K-oksalaati sisaldavasse katsutisse. (Anthony C. Moffat, M David Osselton, Brian Widdop 2004: 57.)

- **Proovinõu tuleb üheselt markeerida.**

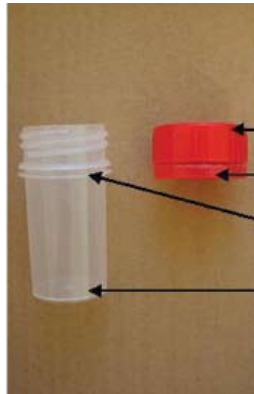
Proovinõu peab olema üheselt identifitseeritav, st korrektselt markeeritud. Peale proovi andnud isiku andmete peab proovinõul olema ka proovi võtmise kuupäev ja kellaaeg, muidu ei ole hiljem võimalik vahet teha ühe isiku eri aegadel antud proovidel vahet teha.

- **Proovinõu tuleb kindlalt sulgeda.**

Kuna tegemist on vedelikega, siis on alati oht, et proovinõu võib lekkida. Vereproov võetakse vaakumkatsutisse ja kuna need on juba eelnevalt suletud, siis nendega probleeme ei ole.

Uriinitopsidena kasutatakse spetsiaalseid ühekordselt suletavaid topse. Nende topside kork tuleb korralikult lõpuni kinni keerata, nii et korgi turvariba jõuab topsi turvaalasse. Selliselt suletud topsi avamisel eraldub korgi turvariba korgist ja jääb topsi turvaalasse kinni. Seega ei ole võimalik topsi märkamatuks avada ja proovi solkida või vahetada. Peale selle võib lõpuni kinnikeeramata tops uriini läbi lasta. Uriinitopside sulgemisel järgida juhust.

Uriinitopsi sulgemine



kork
korgi turvariba
topsi turvaala
topsi



Lõpuni kinni keeramata topsi. Korgi turvariba ei ulatu topsi turvaalasse.



Korgi turvariba ulatub topsi.

**KORRALIKULT SULETUD
TOPSI!**



Lahti keeratud topsi.

Korralikult suletud topsi ei saa märkamatult avada.

- Proovi transportimine.**

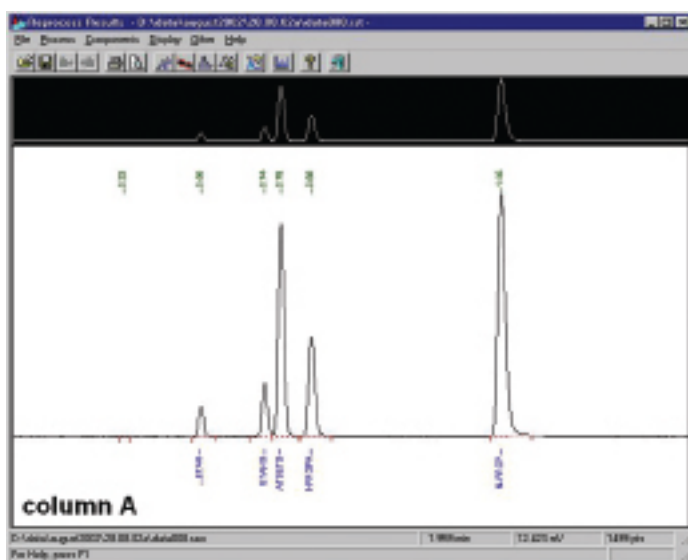
Proovi pakendamisel ja transportimisel on oluline, et proovi ei oleks võimalik ühelgi protsessi etapil välja vahetada. Kogu proovi liikumine peab olema dokumenteeritud.

JOOBSEISUNDI TUVASTAMISEL KASUTATAVAD LABORATOORSED MEETODID

Etanool ja teised alkoholid ning kergesti lenduvad ühendid

Kohtuekspertiisis peetakse rahvusvaheliselt parimaks alkoholide ja teiste kergesti lenduvate ühendite määramise meetodiks gaasikromatograafiat.

Kromatograafia on segu komponentide eraldamise meetod. Kromatograafiline analüüs tehakse kolonnis, mis on täidetud (või mille sisepind on kaetud) sorbendiga, mille läbi voolutatakse liikuvat faasi. Ainete eraldamine põhineb ainete erineval jaotumisel statsionaarse faasi (ehk sorbendi) ja mobiilse ehk liikuva faasi (eluendi) vahel. Kui proov viia kitsa ribana liikuvasse faasi, siis hakkavad proovi komponendid osalema kahes protsessis: liikuv faas kannab komponente läbi kolonni ja proovi komponendid hakkavad jaotuma liikuva ja liikumatu faasi vahel. Jaotustegurite erinevuse tõttu viibivad paremini sorbeeruvad komponendid liikumatus faasis kauem kolonnis kui komponendid, mille sorptsioon on väiksem ja mille liikuv faas kolonnist varem välja viib. Eelkirjeldatud protsessiga saavutatakse see, et esialgne segu lahutub üksikuteks komponentideks. Kromatograafilise kolonni lõppu paigaldatakse detektor, mis võimaldab segu komponente identifitseerida ja kvantitatiivselt määrata. Detektori signaali ajalist üleskirjutust nimetatakse kromatogrammiks. Igale ainele vastab maksimum – piik, mis on proportsionaalne komponendi kontsentratsiooniga. Retentsiooniaeg ehk aine kolonnis viibimise aeg on aeg, mis kulub aine sisestamisest tema piigi maksimumi väljumiseni kromatogrammil. Retentsiooniaeg on selles süsteemis individuaalne. (Mihkel Kaljurand, Ruth Kuldvee 1997: 3, 7, 11.)



Alkoholide kromatogramm.

Gaasikromatograafia puhul on mobiilne faas inertgaas. Kasutatakse nii täidis- kui ka kapillaarkolonne. Liikumatu faas võib olla nii tahke kui ka vedel. Enamasti kasutatakse statsionaarsete faasidena kõrgmolekulaarseid vedelikke ja kapillaarkolonne, sellisel juhul on kõrgmolekulaarne vedelik kantud õhukese kilena kolonni seinale. Gaasikromatograafias on aine kolonnis liikumise kiirus (ning seega ka aine kolonnis viibimise aeg – retentsiooniaeg) aine omadustest seotud eelkõige aine keemistemperatuuriga. Madala keemistemperatuuriga ained liiguvad kolonnis kiiremini, kõrge keemistemperatuuriga ained aeglasemalt. Kui statsionaarne faas on polaarne, siis sõltub segu komponentide lahutamine ka komponendi polaarsusest. Detektori valik gaasikromatograafias sõltub mitmesugustest faktoritest, nagu näiteks hind, kasutamise keerukus, selektiivsus, spetsiifilisus jne. On detektoreid, millega saab määrata enamiku gaasikromatograafia määratavaid aineid (näiteks FID – leekionisatsiooni detektor või MS – massispektromeeter), teistega vaid kindlat tüüpi aineid (NPD – lämmastik-fosfor detektor – saab määrata lämmastikku ja fosforit sisaldavaid ained, ECD – elektronihardedetektor – saab määrata halogeene sisaldavaid aineid). Enne kromatograafilist analüüsi on vaja uuritavad komponendid eraldada maatriksist (veri, uriin, vesi, pulber, õhk jne). Gaasikromatograafia saab määrata kergesti lenduvaid, kõrgetel temperatuuridel stabiilseid ühendeid, kuid ei saa määrata suure molekulmassiga ja väga polaarseid aineid. (Anthony C. Moffat, M. David Osselton, Brian Widdop 2004: 425–428, 437–439.)

EKEI keemiaosakonna toksikoloogiavaldkonnas kasutatakse alkoholide ja teiste kergesti lenduvate ühendite määramiseks automaatse aurufaasi sisestiga gaasikromatograafi. Sellel gaasikromatograafil on kaks eri polaarsusega spetsiifilist vere alkoholisisalduse määramise kolonni. Selline kahekolonniline automaatse aurufaasisisestiga gaasikromatograaf on tänapäeval kohtuekspertiisilaborites kõige levinum alkoholide ja teiste kergesti lenduvate ainete määramise meetod tänu eriti suurele spetsiifilisusele. Sisuliselt tehakse analüüs korraga kahe erineva meetodiga. Kahekolonnisel süsteemil on kolonnid erineva polaarsusega (statsionaarne faas on erinev) – seega ühe ja sama aine kolonnis viibimise aeg (retentsiooniaeg) on erinevas kolonnis erinev. Pole võimalik, et proov sisaldaks mingit teist, mõlemast kolonnist täpselt samal ajal väljuvat ainet. Sellega on tagatud maksimaalne spetsiifilisus.

Alkoholide ja teiste kergesti lenduvate ühendite määramiseks kasutatakse leekionisatsiooni-detektorit (FID), mis reageerib ainult põlevatele (valdavalt orgaanilistele) ühenditele. Kolonnist kandegaasiga väljunud põlevad üendid ioniseeruvad vesinik/õhu leegis ning tekitavad voolu, mis registreeritakse. (Anthony C. Moffat, M. David Osselton, Brian Widdop 2004: 438, Mihkel Kaljurand, Ruth Kuldvee 1997: 3, 7, 22, Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton 2007: 150–151.)

Alkoholide ja teiste kergesti lenduvate ühendite määramiseks lisatakse proovile sisestandardit. Uuritava aine kontsentratsioon arvutatakse sise-

standardi ja uuritava aine piikide aluse pindalade suhte järgi. Gaasikromatograaf on eelnevalt kalibreeritud sisestandardi suhtes. Kasutatakse erinevaid sisestandardeid, EKEI keemiaosakonnas on sisestandardina kasutusel n-propanool.

Alkoholide ja teiste kergestilenduvate ühendite määramine kujutab endast järgmist protsessi.

- **Suletud viaali**, milles on sisestandard ja proovimaterjal, kuumutatakse automaatses aurufaasisestis nii kaua, kui kergesti lenduvad ühendid lähevad aurufaasi ja tekib termodünaamiline tasakaal aurufaasi ja vedeliku vahel.
- **Kuumutamise teel** aurufaasi viidud komponentide segu sisestatakse gaasikromatograafi.
- **Gaasikromatograafi** kolonnis eraldatakse segu komponendid üksteisest.
- Kolonnis eraldatud ained lähevad **detektorisse**, kus nad registreeritakse.
- **Tarkvara arvutab välja** uuritava aine kontsentratsiooni eelneva kalibreeringu alusel.

NARKOOTILISED, PSÜHHOTROOPSED NING MUUD JOOBESISUNDIT PÕHJUSTAVAD AINED

Narkootiliste ja psühhotroopsete ainete nimekiri on kinnitatud Eesti Vabariigi sotsiaalministri määrusega. Seal loetletud ained on käideldavuse järgi jaotatud nelja nimekirja. Narkootilisi ja psühhotroopseid aineid võib kasutada ainult meditsiinilistel või teaduslikel eesmärkidel, nende ainete meditsiinivälisest kasutusest käsitatakse väärkasutamisenähtetena.

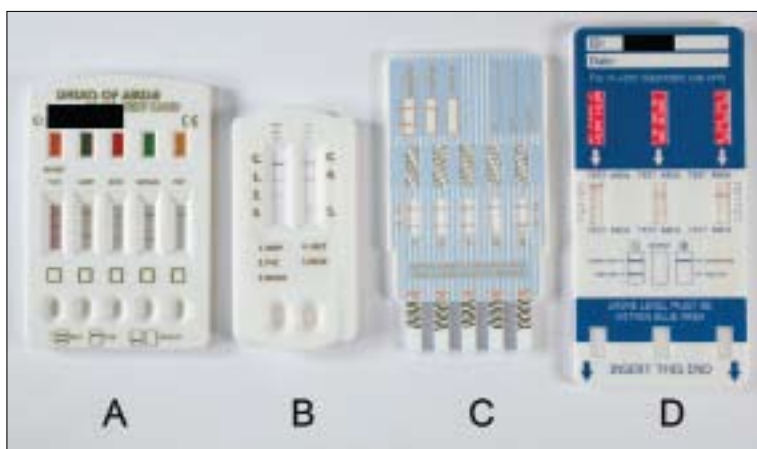
Neid aineid määratakse bioloogilistest materjalidest mitmes etapis.

1. etapp: sõeluuring

Esmalt tehakse eelinfo saamiseks immuunoanalüüsiga sõeluuring. Immuunoanalüüs baseerub antikehade seostumisel spetsiifiliste kemikaalidega. Antikeha ja kemikaali seostumine on analoogne luku ja võtme sobivusega. Mõni antikeha on nii spetsiifiline, et seostub ainult ühe ainega, nagu näiteks metamfetamiin. Teised seostuvad paljude sarnase struktuuriga kemikaalidega, nagu amfetamiin, metamfetamiin, efedriin, pseudoefedriin jne, kuid mitte struktuurilt täiesti erineva ainega, nagu näiteks morfiin. Negatiivne tulemus lülitab välja kõik ained, millega see antikeha peaks reageerima. Positiivse tulemuse korral viiakse läbi edasine analüüs täpsema meetodiga, välistamaks valepositiivseid tulemusi. (Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton 2007, 309.)

Kasutatakse väga paljusid, erinevatel detekteerimiseprintsipiidel põhinevaid immuunanalüüsi meetodeid, nagu näiteks One-Step tester (kiirtester, indikaatorvahend), ensüüm immuunoanalüüs (EIA), fluorestsents polarisatsioon immuunoanalüüs (FPIA).

Kiirtestreid on erinevaid – üksikud ribatestrid, ribatestrite paneelid (fotol C, D), üksikud kassetid, kassetide paneelid (fotol A, B). Üks testribaga võib olla mõeldud ühe aine määramiseks (fotol A – alates teisest ribast ja C ning D) või mitme aine määramiseks (fotol A – esimene riba ja B).



Kiirtestrid.

Testi tegemise protseduur

- Eemaldada tester pakendist.
- Kasta ribatester mõneks sekundiks uriini või tilgutada uriini kasseti prooviavasse (täpsemalt vaadata testri kasutusjuhendist).
- Tulemused tuleks lugeda peale viie minuti möödumist ning mitte hiljem kui kümme minutit uriini kastmise/tilgutamise momendist. Hilisem hindamine võib anda vale tulemuse.

Negatiivne tulemus – testrile ilmub kaks joont. Juhul kui ribaga on võimalik määrata mitu ainet, siis määratavate ainete arv + üks joon. Ülemine joon on kontrolljoon, kui seda ei ilmu, on tegemist praaktestriga. Alumise joone ilmumine näitab, et proov testitavat ainet ei sisalda.

Positiivne tulemus – testrile ilmub ainult ülemine (kontroll-)joon. Alumist joont ei ole.

Eesti Vabariigis kehtivate seaduste alusel on politseiametnikel õigus kontrollida uriiniproovi indikaatorvahendiga, st kiirtestritega. Kiirtestrid võivad reageerida mõne teise ainega, mis selles proovis võib juhuslikult olemas olla, st võivad anda valepositiivse tulemuse. Kõik positiivsed tulemused tuleb kinnitamiseks saata Eesti Kohtuekspertiisi Instituuti.

Kiirtestritega ei saa määrata kõiki narkootilisi ja psühhotroopseid aineid. Kui on põhjust arvata (käitumine, eelinfo), et isik on tarvitanud narkootilisi või psühhotroopseid aineid, aga kiirtestrid annavad negatiivse tulemuse, tuleb proov kontrollimiseks saata Eesti Kohtuekspertiisi Instituuti.

2. etapp: kinnitus

Sõeluuringu positiivse tulemuse korral tehakse edasine analüüs täpsema meetodiga. Kõige täpsemaks meetodiks loetakse kromatomassispektromeetrilist meetodit, aga võib kasutada ka teisi meetodeid (TLC, GC-NPD, GC-ECD). Kõige sagedamini kasutatakse kinnitusmeetodina gaasikromatograaf-massispektromeetrilist meetodit.

Kuna narkootilisi ja psühhotroopseid aineid ei saa analüüsida otse verest, uriinist vm proovimaterjalist, tuleb uuritavad ained kõigepealt proovimaterjalist eraldada, st tuleb sooritada ekstraktsioon. Ekstraktsiooni all mõistetakse protseduuri, kus orgaaniline lahus või vesilahus, ekstrahent, viiakse kontakti prooviga, nii et proovi huvipakkuv komponent lahustub ekstrahendis. Proovi ülejäänud komponendid, mis huvi ei paku või segavad, jäävad proovi koostisse. Ekstraktsioonimeetodeid on kaks – vedelik-vedelik ekstraktsioon või tahke-faas ekstraktsioon.

Vedelik-vedelik ekstraktsioon

Meetod põhineb erinevate analüütide lahustuvuse omadustel ning pH erinevustel. Uuritavad ained jagunevad happelisteks ja aluselisteks. Happelised on näiteks barbituraadid ja enamik bensodiasepiine. Aluselised on opiaadid, amfetamiin, kokaiin jne. Ekstraktsiooni korral tuleb pH valida vastavalt aine omadustele. Puhvriga viiakse proovimaterjali pH sobivaks uuritava aine iseloomuga ja segatakse segunematu orgaanilise solvendiga. Tavaliselt kasutatakse mittepolaarseid solvente, nagu heksaan, tolueen, dietüüleeter, diklorometaan, kloroform või nende segu. Uuritav aine läheb orgaanilisse solvents. Orgaaniline kiht eraldatakse, aurutatakse kuivaks, lahustatakse uuesti ja analüüsitakse.

Tahke-faas ehk tahke-vedelik ekstraktsioon

Tahke-faas ekstraktsiooni juures kasutatakse kolonne, milles on väike kogus suure mahutavusega kas hüdrofoobseid ja/või katioon-vahetus funktsionaalseid gruppe sisaldavat täitematerjali – tahket faasi. Proovi kolonnist läbilaskmisel jaotub proov proovimaatriksi ja tahke faasi vahel, mis tagab uuritavate ainete eraldamise. Tahke-faas ekstraktsioon sisaldab järgmisi etappe: proovi ettevalmistamine, kolonni konditsiooni viimine, proovi kolonnist läbilaskmine, kolonni pesemine solventidega, et eemaldada segavad looduslikud ained, analüüdi elueerimine. Iga individuaalne etapp sõltub eraldata-

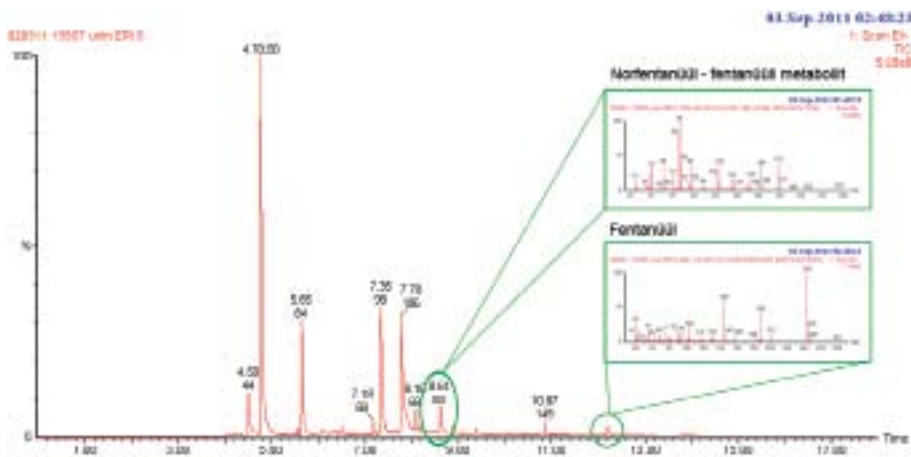
vast ainek, kolonni tüübist ja kasutatavast meetodist. (Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton 2007: 67–72.)

Elueeritud analüüt aurutatakse kuivaks, lahustatakse uuesti ja analüüsitakse.

Gaasikromatograafia-massispektrometria (GC-MS)

GC-MS on massidetektoriga varustatud gaasikromatograaf, mis lahutab segud ja võimaldab ainete identifitseerimise retentsioonaja järgi. MS-detektor võimaldab iga elueeritava aine kohta saada massispektri, mis on enamasti konkreetse aine spetsiifiline. Seega süsteemis GC-MS identifitseeritakse aineid nii retentsioonaja kui ka massispektri järgi.

Massispektrometria on analüüsimeetod, mille puhul uuritava aine molekulid viiakse gaasifaasi ning seejärel ioniseeritakse vaakumis. Tekkivad ioonid võivad omakorda laguneda (fragmenteeruda) ning tulemusena tekib hulk mitmesuguseid laetud ja neutraalseid fragmente. Spetsiaalse detektoriga mõõdetakse kõigi tekkivate ioonide massi ja laengu suhted m/z (neutraalsed fragmendid jäävad detekteerimata). Tulemuseks saadakse spekter, milles igale detekteeritud ioonile vastab kitsas maksimum ehk spektrijoon. Spekter esitatakse graafikuna, mille abstsissel on iooni massi ja laengu suhe m/z ning ordinaatteljel ioonide hulk (või selle suhe arvukaima iooni hulka).



Fentanüüli ja fentanüüli metaboliiti norfentanüüli sisaldava proovi kromatogramm ja fentanüüli ning norfentanüüli massispektrid.

Iooni, mille laeng on 1 ja mass on võrdne uuritava aine molekulmassiga, nimetatakse molekulaariooniks. Ülejäänud ioonid on tekkinud molekulaariooni fragmenteerumisel ja neid nimetatakse fragmentioonideks. Molekulaarioon on enamasti suurima massiga ioon spektris. Molekulaarioon on ka üks kõige informatiivsemaid ioone massispektris ning sel on aine identifitseerimisel kõige suurem osa. Aine molekul fragmenteerub talle omasel viisil, mis muudab aine massispektri väga iseloomulikuks ning selle tõttu on ainet massispektri järgi võimalik identifitseerida. Ainete massispektritest on tänapäeval koostatud spektriraamatukogu, mis hõlbustab tunduvalt ainete identifitseerimist. (Mihkel Kaljurand, Ruth Kuldvee 1997: 68–78, Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton 2007: 249, 255–257.)

Retentsioonaja, samuti ka spektriraamatukogus puuduvate massispektrite kindlakstegemiseks analüüsitakse GC-MS-i standardaineid.

Vedelikkromatograafia

Vedelikkromatograafia on kromatograafiline tehnika, mille korral liikuva faasina kasutatakse vedelikke. Vedelikkromatograafias puuduvad aine molekulmassi piirangud, seetõttu on võimalik määrata ka kõrgmolekulaarseid aineid. Samuti saab vedelikkromatograafia termolabiilseid ja suure polaarusega aineid määrata, mida ei saa teha gaasikromatograafia. Vedelikkromatograafias kasutatakse kõige sagedamini diodrividetektorit (DAD), mis mõõdab ainete neeldumist.

Vedelikkromatograafia-massispektromeetria (LC-MS, LC-MS/MS)

Vedelikkromatograafis toimub segu lahutamine ja massidetektoris ainete identifitseerimine. Eespool on kirjeldatud kromatograafi ja massidetektorit üldiseid põhimõtteid. MS-i korral on võimalik isoleerida üks väljavalitud ioon ja seda omakorda ioniseerida, mistõttu valitud ioon laguneb ioonspetsiifilisteks fragmentideks. Selline ühe iooni isoleerimine vähendab teiste ainete, sealhulgas maatriksi segavat mõju. See tõstab ainete identifitseerimise tõenäosust, vähendab sõltuvust MS-eelsetest etappidest ning võimaldab määrata väga väikeseid ainehulki. LC-MS/MS-i on viimasel ajal väga tormiliselt täiendatud ja on ka praegu pidevas arengus. Kasutatakse mitmesuguseid ioniseerimisallikaid (ESI, APCI jne) ja detektoritüüpe (*triple quadrupole*, *time-of-flight*, *ion trap* jne). (Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton 2007: 254–255.)

Toksikoloogias võimaldab LC-MS määrata selliseid aineid, nagu LSD, seenemürgid, taimemürgid, rotimürgid jne, mida GC-MS-ga üldjuhul määrata ei saa.

KÜSIMUSED EKSPERDILE

Vastavalt sellele, mida soovitakse teada, on ekspertiisi küsimused järgmised.

- Kas ekspertiisiks esitatud vereproovis leidub etanooli? Kui jah, siis millises koguses (mg/g)?

Või

- Kas ekspertiisiks esitatud uriiniproovis leidub narkootilisi ning psühhotroopseid aineid või muid joovet tekitavaid aineid? Kui jah, siis millise ainega on tegemist?

Narkootiliste ja psühhotroopsete ainete tarvitamise kahtluse korral tuleb eraldi ära märkida GHB tarvitamise kahtlus. GHB määramiseks kasutatakse ainult selle aine tuvastamiseks mõeldud spetsiifilist meetodikat. Tegemist on väga töömahuka meetodikaga, mida lihtsalt igaks juhuks ei ole mõtet teha.

Vere etanoolisisaldus esitatakse koos mõõtemääramatusega.

Mõõtmine on menetluste kogum, mille eesmärk on mõõdetava suuruse väärtuse määramine. Mõõtmistulemus on mõõtmise teel saadud mõõdetava suuruse väärtus. Mõõtmistulemus erineb tõelisest väärtusest. Tõeline väärtus on ideaalsuurus, mida enamasti ei saa eksperimentaalselt määrata, saab anda ainult hinnangu selle suuruse väärtuse kohta. Mõõtmistulemus on tõelise väärtuse parim hinnang. Mõõtmistulemuse ja mõõdetava suuruse tõelise väärtuse vahe on mõõtmistulemuse viga. Kuna me ei tea tõelist väärtust, on ka mõõtmistulemuse viga ideaalsuurus, me saame selle vea suuruse kohta anda ainult hinnangu. Seda hinnangut nimetatakse mõõtemääramatuseks. Mõõtemääramatus ei võrdu veaga, vaid on hinnang mõõtetulemuse veale. Mõõtemääramatus koosneb paljudest komponentidest. Mõõtemääramatust, mis on saadud paljude komponentide väärtuste põhjal, nimetatakse liitmääramatuseks. Liitmääramatus on mõõtemääramatuse esmane väljund. Kuna me ei tea mõõdetava suuruse tõelist väärtust, siis ei tea me ka seda, kas me saime tõelisest väärtusest suurema või väiksema väärtuse. Sellepärast on vajalik liitmääramatuse asemel esitada vahemik (+/-), mis teatud usaldatavusega hõlmab mõõtesuuruse väärtuse. Vastava vahemiku moodustamiseks kasutatakse laiendmääramatust. Laiendmääramatuse saame liitmääramatuse korrutamisel katteteguriga k. Kattetegur 2 annab väärtuste vahemiku normaaljaotuse korral usaldatavuse tasemega 95%. (Rein Laaneots 1998: 24–32, Rein Laaneots, Olev Mathisen 2002: 57–101.)

- **Näide:** proovi etanooli kontsentratsioon = $(0,20 \pm 0,05)$ mg/g, $k = 2$ tähendab, et selle proovi etanooli kontsentratsioon on 95% tõenäosusega vahemikus $(0,15-0,25)$ mg/g. Kuna kehtestatud piiriks on 0,20 mg/gja proovi sisaldus võib 95% tõenäosusega olla ükskõik milline väärtus vahemikus $(0,15-0,25)$ mg/g, siis ei saa öelda, et see isik on kehtivat seadusandlust rikkunud.

KOKKUVÕTE

Joobeseisundi tuvastamisel on oluline koht võitluses narkootiliste ainete tarvitamise vastu, samuti ohutu liikluse tagamisel ja isiku ning varavastaste kuritegude vähendamisel. Joobeseisundi tuvastamine on meeskonnatöö, mille juures meeskonna iga lüli peab kehtestatud korrast kinni pidama. Kui proov ei ole võetud, markeeritud ja transporditud vastavalt kehtivatele seadustele, võib analüüsi tulemus küll õige olla, aga advokaadil on alati võimalus vaidlustada seda, et protseduurireeglitest pole kinni peetud ja selle kaudu vaidlustada ka kogu analüüsitulemust. Kui proovi võtmisel venitatakse, võivad uuritavad aineid bioloogilistes materjalides olla juba mittemääratavad.

Kasutatud kirjandus

- Anthony C. Moffat, M. David Osselton and Brian Widdop. 2004. Clarke's Analysis of Drugs and Poisons in pharmaceuticals, body fluids and postmortem material, Third edition. London Chicago Pharmaceutical Press.
- Eesti Kohtuarstlik Ekspertiisibüroo. 2007. Kohtuarstiteadus. Tallinn Europrint.
- Mihkel Kaljurand, Ruth Kuldvee. 1997. Instrumentaalanalüüs III. Tallinn TTÜ.
- Olaf H. Drummer, Moris Odell. 2001. The Forensic Pharmacology of Drugs of Abuse. Great Britain Arnold.
- Randall C. Baselt. 2008. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. Eighth Edition. California Biomedical Publication.
- Rein Laaneots. 1998. Mõõtmine. Tallinn TTÜ.
- Rein Laaneots, Olev Mathiesen. 2002. Mõõtmise alused. Tallinn TTÜ.
- Robert J. Flanagan, Andrew Taylor, Ian D. Watson, Robin Whelpton. 2007. Fundamentals of Analytical Toxicology. Great Britain John Wiley & Sons, Ltd.

KIUEKSPERTIIS

Helen Rebane, Kai Tõns

Kõik tekstiilmaterjalid ja neist valmistatud tooted koosnevad kiududest. Tekstiilmaterjalide tootmiseks kasutatakse tänapäeval võrdväärselt nii looduslikke kui ka keemilisi kiude. Tekstiilkiududest või -materjalidest tehakse mitmesuguseid igapäevaelus kasutatavaid tooteid, nagu rõivatekstiilid, millega inimene on end iidsetest aegadest kaunistanud ja ilmastikutingimuste eest kaitsnud. Valmistatakse ka sisustus- ja kodutekstiile (autoistme- ja põrandakatted, voodipesu, padjad, tekid, mööbel, kardinaid jne), tehnilisi materjale (kõied, polsterdused jms), mis koosnevad kiududest, mille põhifunktsiooniks on enamasti materjalide tugevdamine, isoleerimine, püsivuse andmine jne. (Veinjärv 2010: 81.)

AJALUGU

Üheks vanemaks kiutaimeks maailmas (ca 5000 aastat eKr) peetakse lina. Lina ja muude taimede niine kiud on juba aastatuhandeid kuulunud rõivaste, kodu- ja tehniliste tekstiilide valmistamiseks kasutatavate toorainete hulka. Linakiu ketramis- ja kudumisostkustest annavad teada ka Šveitsist leitud kiviaegsed riidekangad. Keskaja Euroopas oli lina tähtsaim rõivaste valmistamise tooraine.

Lambavill on teatavasti vanim teadaolev loomne tekstiilkiud. Esimesed kodustatud lambad on teada ca 9000 aastat eKr Kagu-Aasiast ja Zargosi mäe nõlvadelt. 5000–4000 aastat eKr pärinevaid lambavillast tekstiile on leitud nii Hiinast kui ka Egiptusest. Sel ajal ja veel mitu aastatuhat hiljem tegelesid villa ketramise ja kudumisega naised, kes andsid selle oskuse põlvest põlve edasi. Aastal 1794 toimetati Austraalsesse esimesed meriino lambad. Tänu soodsale kliimale, mis võimaldab lambaid aasta ringi väljas pidada, on Austraalia maailma suurim villatootja, talle järgnevad Hiina ja Uus-Meremaa.

Arvatakse, et puuvillataim ja puuvilla kasvatamine on pärit Indiast. Juba 5000–3000 aastat eKr on Indiast veetud puuvilla Araabiasse, Aasiasse ja Hiinasse. Aastal 1793 leiuas Eli Whitney seadme, mis eraldas puuvillakiust seemned. Seade lihtsustas puuvilla töötlemist märgatavalt. Puuvill on kogu maailmas jätkuvalt kõige tähtsam tekstiilkiud.

Siidi avastas 2640. aastal eKr juhuslikult Hiina keisrinna Si Lung Shi, kes kogemata pillas siidilibrika kookoni tee sisse, seritsiin pehmenes ja kookonist eraldus väga peen siidiniit. Tänu sellele avastusele leiutas keisrinna siidi kerimise ja ta kuulutati jumalannaks. Siid püsis Hiina õukonnas hoolikalt kaitsitud saladusena umbes 3000 aastat. Siid oli Hiinale oluline tuluallikas, seda müüdi kulla hinnaga. Euroopasse toodi siidi kaamelikaravanidega mööda 10 000 kilomeetri pikkust Siiditeed.

Teaduse, tehnika ja tehnoloogia areng toob uued tuuled ka tekstiilkiudude kasutamise ajalukku. Aastal 1664 mainib inglasest teadur ja looduseuuri ja Robert Hook raamatus "Micrographia" võimalust valmistada kiude keemilisel teel. 1899. aastast algab keemiliste kiudude tööstuslik tootmine. 1930. aastal polüamiidi ja 1944. aastal polüestri leiutamiselega tulevad tekstiilmaterjalides laialdaselt kasutusele keemilised kiud.

Praegusajal on järsult kasvanud nõudlus eriomadustega tekstiilkiudude järele viinud uute keemiliste kiudude väljatöötamiseni ja tootmiseni, nagu

- parandatud tarbimisomadustega kiud (tule-, kuumuse- ja kemikaalikindlad);
- looduslikke kiudusid imiteerivad kiud (villa imiteerivad akrüülikiud, siidi imiteerivad viskoosikiud);
- eriotstarbelised (nt kõrgsuutlikud, süttimiskindlad ja vett-tõrjuvad) kiud, nn õõnsad kiud meditsiiniliseks kasutamiseks, heade tugevusomadustega kiud (nt *lyocell* telkide, õmblusniitide, töö- ja kaitserõivaste). (Boncamper 2000: 323.)

Kohtuekspertiisi seisukohalt on oluline kiudude olemasolu tuvastamine (sünnimuskoha vaatlus, kiudude võtmine), kiudude eristamine (looduslikud ja keemilised kiud), uurimistulemuste interpreteerimine ehk tuvastamine (mikroskoopia, FTIR, MSP) ning arvamuse andmine. (Palu 1997: 96.)

Esimesed viited kiuekspertiisile leiame aastast 1970, mil Eesti NSV Siseministeeriumi operatiivtehnilises osakonnas (OTO) oli võimalik tuvastada pürolüüsigaasikromatograafiameetodil looduslikke ja sünteetilisi kiudaineid, samuti kiudainete segusid (nt villa ja lavsaani, villa ja puuvilla) kvantitatiivselt ja kvalitatiivselt. (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

1970.–1980. aastail kasutati kiudude võrdlusuurimiseks stereomikroskoopia MBS10, bioloogilist mikroskoopi BIOLAM ning polarisatsioonmikroskoopi POLAM R113 suurendustel kuni 150 korda. Uuritavatele kiududele tehti ka tilkreaktsioonanalüüsi, mille käigus reagentide (nt NaOH, H₂SO₄ jt) pealekandmise korral reageerivad kiud värvuse või struktuuri muutusega. Tekstiilkiudude värvimiseks kasutati 1970ndail aastail mitmesuguste toimeainetega protsesse (nt otse-, küüpvärve jne), kemikaale ja pigmente. Kemikaalid ja pigmendid sisaldasid raskemetalle ja ka muid keskkonnakahjulikke ühendeid, mille tõttu kiud reageerisid tilkreaktsiooni käigus muutustega, mis võimaldas erinevate protsessidega värvitud kiude üksteisest eristada. Tänapäe-

val kasutatakse kiudude värvimiseks valdavalt üht liiki värve, nn aktiivvärve. Aktiivvärvide eelised on keskkonnasäästlik tootmine (nt madalad temperatuurid, värvid püsivad kangas jm). Ent seetõttu pole enamasti võimalik kiude tilkreaktsiooniga tuvastada ning kasutusel on uued meetodikad ja seadmed, nt infrapunaspektromeeter.

1994.–1995. aastal eraldati Soomest seoses sealse kriminaalpolitsei ekspertiisilabori kolimisega kasutatud infrapunaspektromeeter Perkin Elmer, mis oli valmistatud 1970ndate aastate keskel. Igapäevaseks kasutamiseks tuli Eesti ekspertidel välja töötada sellele aparaadile kohandatud meetodika.

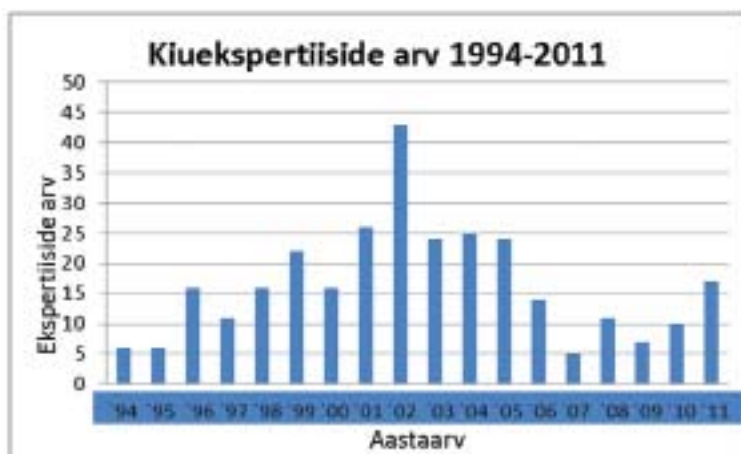
2000. aastal kaasajastati PHARE projekti raames keemia- ja bioloogiaosakonna aparatuuri. Selle projektiga hangiti Perkin Elmer FTIR-spektromeeter Spectrum 2000 GX, millele on liidetud mikroskoop – FTIR Multiscope, mida kasutatakse kiududes orgaaniliste elementide tuvastamiseks. Uuendati ka mikroskoobiparki: soetati stereomikroskoobid (Leica MZ6; Leica MZ7,5; Leica M300), bioloogiline mikroskoop (Olympus CX21) ja polarisatsioonmikroskoop (Olympus BX50).

Projektiga hangiti ka skaneeriv elektromikroskoop (SEM) Zeiss EVO LS 25 ja röntgenanalüsaator Oxford INCA XMax, mida kasutatakse peamiselt lasujälje ekspertiisis. Samuti kasutatakse seda tekstiilkiudude pealispinna detailiseeritud vaatlemiseks ja elementide määramiseks.

Aastal 2011 osteti uus elektronmikroskoop (SEM) koos röntgenanalüsaatori ja lasujäägi analüüsi tarkvaraga Zeiss EVO LS 25 Oxford INCA ning röntgenanalüsaatori Oxford INCA X-Max analüüsi tarkvaraga. (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

Statistika

Kohtuekspertiisi Büroos ning Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Büroos aastatel 1994–1998, Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskuses 1998.–2007. ning Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis 2008.–2012. aastal tehtud kiuekspertiiside kohta saab infot järgmiselt jooniselt. (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)



1994.–2011. aastal tehtud kiuekspertiiside statistika.

Euroopa Kohtuekspertiisi Instituutide Ühendus

European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) kiu töögrupp ehk European Fibres Group asutati 1992. aastal. Töögrupi peamine ülesanne on eri liiki kiudude (looduslikud, keemilised ja tehiskiud, vt osa “Kiudude klassifitseerimine”) prepareerimine, tuvastamine, avastamine ja uurimine erinevate meetoditega ning teadustöö arendamine. 2008. aastast moodustati European Fibres Groupi juurde töörühm, mis on spetsialiseerunud inim- ja looma karvade tuvastamisele ja uurimisele. 2011. aastast ühendati kiu ning loomsete- ja inimkarvade töörühmad ühise nimetaja alla – European Textiles and Hair Group. Eesti on ENFSI täisliige alates 1998. aastast.

2011. aastast korraldatakse Kohtuekspertiisi Instituudis kohtuekspertiisi päevale pühendatud teaduslikke konverentse. Keemiaosakonnast esines värvkatte- ja kiuekspert Kai Tõns teemal “Võimalikkusest kiuekspertiisi valdkonnas”. (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

KIUEKSPERTIIS

Tekstiilkiudusid kasutatakse tõendusmaterjalidena ja asitõenditena põhiliselt vägivaldsete isikuvastaste kuritegude, samuti ka röövimiste, sissemurdmiste, plahvatuste, süütamiste jt kuritegude avastamisel ning liiklusõnnetuste uurimisel. Tekstiilkiududest tõendusmaterjalid toetavad praeguste võimaluste juures enamasti teisi asitõendeid, kuid mõnel juhul võivad tekstiilkiud olla ka asitõend, millele kuriteo lahendamisel põhiliselt toetutakse.

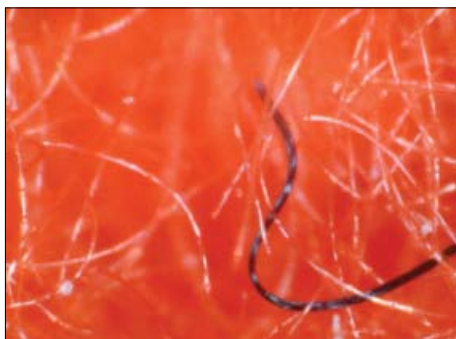
Iga kuriteo toimepanemisel jäetakse jälgi. Nendeks jälgedeks, nii nagu näiteks sõrmejäljed ja jalanõude tallamustri jäljed, võivad olla ka tekstiilkiud ja -materjalid. Jälg sisaldab informatsiooni selle jätnud objekti tunnustest.

Tekstiilse päritoluga jäljed, mida saab kasutada tõendusmaterjalina kuritegude lahendamisel, võivad olla:

- tekstiilse päritoluga makrojäljed, so esemed või fragmendid, mis on jälgitavad ilma optiliste abivahenditeta, nagu sündmuskohale jäetud riietusesemed, nõõrijupp, rõivaesemelt ärarebenenud kangatükk, nõõp koos kiulise materjaliga, juuksed jm;
- tekstiilse päritoluga mikrojaljed on objektide vahel toimunud kokkupuute ajal vastastikku üle kandunud tekstiilkiud, mida kogutakse kleeplindile, vt osa “Ettevalmistus teipimiseks”. (Palu 1997: 96.)



Mikrojälgedega tekstiilne materjal.



Mikroskoobiga tuvastatud ülekandunud kiud.

Kiuekspertiisi tulemused sõltuvad otseselt uurimisobjektide võtmise kvaliteedist. Potentsiaalsete tõendusmaterjalide olemasolu tuleb osata hinnata juba kuriteopaigal ehk sündmuskohal. Kiudude ja kiufragmentide abil võib kahtlustatava siduda näiteks

- ohvriga (nt vastastikku ülekandunud kiudude alusel);
- sündmuskohaga (nt sissemurdmiseks kasutatud avause äärtele on jäänud kiuladestusi sissemurdja riietest; sündmuskohalt leitud kahtlustatava kinnas, mask, pluusi nõõp koos niidijuppidega);
- kuriteo sooritamise vahendiga (nt kannatanu riietest võib kiude kanduda noaterale; kannatanu kaelale võib jääda kiude

kägistamisvahendilt; otsasõidul võib kannatanu riietest kiude kanduda autole);

- kuriteo sooritamisel kasutatud esemega (nt röövija kodus olevatele kääridele võib jääda näomaski kiude maskile silmaavade lõikamisel; näomaski materjali kiude võib jääda kahtlustatava juustele või riietele jne);
- muude kuriteoga seonduvate küsimustega (nt poolpõlenud riidejäänuste abil esialgsete riietusesemete liigi ja otsatarbe tuvastamine jne). (Robertson 1992: 447.)

UURIMISOBJEKTIDE AVASTAMINE JA HINDAMINE

Kahe objekti kokkupuutel toimub alati nende objektide materjali kiudude vastastikune ülekanndamine. Ülekandunud kiudude kaudu sobivad objektide omavaheliseks seostamiseks tekstiil- ja mittetekstiilmaterjalidest esemed, mille pealispinnale võõrkiud üle kanduvad ja kinnituvad.

Parimad uurimisobjektid, millelt eraldunud ja ülekanndunud kiudude kaudu saab kontakti tuvastada, on materjalid, mis eraldavad kiudusid kergesti ja on tumeda, intensiivse värviga. Uurimisobjektile ülekanndunud kiude, mis on fluorestseeruvad ehk optiliselt helenduvad, on kerge tuvastada.

Mõned kiuliigid ja tekstiilmaterjalid ei sobi üldjuhul kahe objekti omavahelise kontakti tuvastamiseks. Nendeks on laialt levinud kiud, näiteks värvusetud või helesinise värvusega puuvillakiud, teksamaterjalide kiud, aga ka värvusetud või nõrgalt värvunud (nt valkjasroosad, helekollased) kiud, mis on mikroskoobi all vaadeldes värvusetud ja mida on seetõttu kiuteipidelt võimatu avastada. Tekstiilmaterjalidest ei ole sobivad materjalid, mille pealispind on sile ja läikiv, millelt kiud kergesti ei eraldu ning millele võõrkiud ei kinnitu. Materjalide kiueraldumisvõimet saab ligikaudselt hinnata kleelindi abil.

Sobivad ei ole ka tekstiilmaterjalid, mis on valmistatud paljude ja väga erinevate kiudude segust, nn utiilvillast. Kuna need materjalid koosnevad paljudest erinevatest kiutüüpidest, on materjali ja sellelt ülekanndunud kiudude võrdlusuurimine tülikas ja sageli on võimatu mingeid järeldusi teha. Rõivasesemetelt, mis on kaetud rohke vere-, pinnase- jm ladestustega, ei saa eraldada ülekanndunud kiudude ladestusi. (Palu 1997: 96.)

Üksikutel juhtudel võib ka värvusetute kiudude võrdlusuurimine võimalik olla, näiteks tumedatelt riidesemetelt piisavalt pikkade värvusetute kiudude võrdlusuurimine, ehkki kiu värvus ja värvaine kui olulised võrreldavad tunnused jäävad uurimata. Juhul kui kannatanut torgati noaga läbi kannatanul seljas olnud valge polüestersärgi, mille kiud võisid jääda noa lõiketerale, on oluline võrdlevalt uurida kahtlustatava elukohast leitud noal olnud värvusetuid kiudusid ja kannatanu polüestersärgi kiudusid. Võrreldakse näiteks kiu-

dude diameetreid, ristlõike kuju, kiudude matistavate osakeste olemasolu ja paiknemist, kiudude murdumisnäitajaid, interferentspilti polariseeritud valguses ja ultraviolettkiirguses jm iseloomustavaid näitajaid. (Palu 1997: 96.)

Uurimisobjektide valimisel ja võtmisel tuleb läbi mõelda järgmised põhimõttelised küsimused.

- Toimunud kuriteo asjaolud: mis tegelikult juhtus, kas ja kuidas toimus kontakt?
- Kas kontakti tuvastamine aitab lahendada kuritegu?
- Milliseid rõivaid kandsid kannatanu ja kahtlustatav kokkupuute ajal?
- Kas kannatanu ja kahtlustatava riided võisid olla kokkupuutes enne või pärast kuriteo ajal toimunud kontakti?
- Kui kuriteopaigaks (või kuriteoga seotud) on elamu või sõiduk, siis kes on selle kasutaja ja kas kahtlustatav või kannatanu on seal varem viibinud?
- Kui palju aega on möödunud kuriteo toimumisest kahtlustatava tabamiseni? Kui palju aega on möödunud põgenemiseks kasutatud auto leidmiseni? Sündmuse toimumise ja tekstiilobjektide võtmise vaheline aeg on vajalik taustainfoks, sest suurem osa ülekandunud kiududest eemaldub või paikneb ümber mõne tunni jooksul peale kokkupuudet.
- Kas uurimisobjekte on peale kuriteo toimumisel toimunud kontakti kantud, pestud, keemiliselt puhastatud?
- Kas kuriteoga seotud rõivad, auto istmekatted jne eraldavad kiudusid ja kas ülekandunud kiud nendel kinnituvad? Jne. (Palu 1997: 96.)

Toimunud kuriteo asjaolude tundmine on vajalik selleks, et valida uurimisobjekte, mille abil saab kurjategijat, kannatanut ja sündmuspaika omavahel seostada ja vältida selliste objektide uurimist, mille abil pole võimalik midagi tõendada. Objektid, mis on võetud kuriteopaigast, kahtlustatava elukohast või mujalt juhuslikult ja läbimõttlemata, ei pruugi olla sobivad tõendusmaterjalid ega vii soovitud tulemuseni. Kui kahtlustatava ja kannatanu rõivad ning sündmuskoha objektid on juba enne kuriteo toimumist olnud kokkupuutes (nt kahtlustatav ja kannatanu on istunud ühes ja samas sõidukis; nende riided on rippunud ühes nagis jm), ei ole kontakti tuvastamisel kiudude ülekandumise kaudu mõtet. (Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat. 2001: 118.)

Ettevalmistus teipimiseks

Teibitavate objektide käsitlemisel võetakse arvesse kiudude ümberpaiknemise ohtu, mistõttu tuleks tegutseda nii, et oleks välistatud igasugune võrreldavate objektide otsene või kaudne kokkupuude. Selleks, et ära hoida kiudude kaudset ülekandumist töölaual või kitli kaudu ja seega valede ekspertiisitulemuste saamist, tuleb eri inimestelt või eri kohtadest võetud rõivastelt vm esemetelt eraldada võõrkiud soovitatavalt erinevates ruumides või erineval ajal. Kiudude võtja peaks vahetama laborikitleid, näiteks kontaminatsiooni vältimiseks erinevate isikute vahel ning pesema käed enne ja pärast objektide teipimist.

Lauapind, millele ekspertiisobjektid asetatakse, puhastatakse etanooliga niisutatud kiude mitte andva lapiga ja vajadusel kaetakse lauapind aluspaberiga (nt määrdunud esemete korral). (Palu 1997: 96.)

Kaasavõetavad objektid

Uurimisobjektile on silmaga nähtavad üksikud kiud, niidijupid, vajadusel ka muud uurimisele huvi pakkuda võivad osakesed korjatakse ära pintsettidega ning pakendatakse paberkotti või ümbrikusse, mis pannakse omakorda ümbrikusse, ja nende leidmise asukoht jäädvustatakse. (Palu 1997: 96.)

Sündmuskohalt kaasavõetavad tekstiilesemad pakitakse paberkotti iga ese eraldi ja tähistatakse vastavate kirjetega, näiteks uurimisobjekti number (nt objekt nr 1), eseme kirjeldus (nt D. S. jope, nuga vm) ja proovivõtja allkiri. Märjad või niisked esemed kuivatatakse politseiosakonnas toatemperatuuril ja seejärel pakitakse iga ese eraldi paberkotti, mis suletakse kleelindiga.

- **NB!** Vältida tuleks ülekandumist ehk kontamineerumist – erinevate isikute riietusesemed ei tohiks kokku puutuda, ka mitte kolmandate isikute või objektide kaudu. (Palu 1997: 96.)

Esemete teipimine

Kiudude võtmiseks kasutatakse spetsiaalset kiuteipi, mitte daktüloskoopilist või muud teipi. Daktüloskoopilisel teibil on liiga palju liimi, mille tõttu sellelt on raske kiude lisauuringuteks eraldada. Nn kontoritepidel võib liimi olla liiga vähe, mille tõttu väheneb kiudude teibile nakkuvus.

Esemetelt, mida ei saa saata laborisse (nt autod, uksepiidad, vaipkatted) võetakse kiuladestused, kasutades spetsiaalset kiuteipi, millest lõigatakse rullist umbes 15–20 sentimeetri pikkune kiuteibi riba, mille otsad keeratakse kahekorra. Uurimisobjekti teipimiseks hoitakse kiuteibi riba otstest, surutakse seda nõrgalt teibitavale pinnale ning tõstetakse üles. Nii liigutakse süstemaatiliselt mööda pinda, kuni kiuteibi nakkumine oluliselt väheneb. Kiu-

ladestustega teibi riba surutakse, liimipind allpool, vastu läbipaistvat kilepin-da (nt kilekaaned) või murtakse pikuti pooleks, jälgides, et ei jääks õhumulle ega kortse, ja kinnitatakse ettenähtud alusele (nt sündmuskoha jälgede kaardile). Kiuteibi riba märgistatakse vastava kirjega (objekti nimetus jm). Seejärel võetakse uus kiuteibi riba ja toimitakse analoogselt eelpool kirjeldatu-le, kuni kogu uurimisobjekt on teibitud.

Objektilt võetakse võrdlusproov, mis hõlmaks kõiki materjalikoostise kiude ning materjali nakkumisproov, milleks vajutatakse kiuteibi riba tugevasti vastu materjali ning kinnitatakse samuti kilele või alusele.

Erinevatelt objektidelt võetud kiuteibi ribadega kiled või alused pakitakse igaüks eraldi ümbrikusse ja tähistatakse vastavate kirjetega (uurimisobjekti number, kirjeldus ja proovivõtja allkiri).

Kiuladestuste eraldamine spetsiaalse tolmuimeja abil

Kiuladestusi eraldatakse ka spetsiaalse tolmuimeja abil, mis eraldab materjalilt ka sellele tugevalt kinnitunud võõrkiud. Sel viisil toimides ei ole pindade suurus takistuseks. Võõrladestuste kogumiga tolmuimeja otsik pakitakse hermeetilisse kotti ja tähistatakse vastavate kirjetega (uurimisobjekti number, kirjeldus ja proovivõtja allkiri).



Tolmuimeja otsik.

Juustest tekstiilkiudude eraldamine

Juustes leiduvad tekstiilkiud (näiteks juustes leiduvad mütsi või maski kiud) eraldatakse kiuteibiribaga nõrgalt vajutades. Võetakse umbes 15–20 sentimeetri pikkune spetsiaalne kiuteibi riba ja sellega kergelt vajutades töödeldakse juuste pinda süstemaatiliselt kuni riba nakkumise tunduva vähenemiseni. Seejärel kinnitatakse riba läbipaistvale kilele (nt kilekaantele) või muratakse teibiriba pooleks, kiuladestused seespool ja kinnitatakse ettenähtud alusele (nt sündmuskoha jälgede kaardile). Teipimise asemel juukseid vahel ka kammitakse nn kiukammiga. Erinevatelt objektidelt võetud kiuteibiribadega kiled või alused pakitakse igaüks eraldi ümbrikusse ja tähistatakse vastavate kirjetega (uurimisobjekti number, kirjeldus ja proovivõtja allkiri).

Tekstuuri jäljendid

Kiudude, kangatükkide jm tekstiilmaterjalide tekstuuri jäljendid ja nende paiknemine sündmuskohal jäädvustatakse fotografeerimise teel. Näiteks kui inimesele auto otsa sõidab, võib sõidukile jääda teatud materjalist riietuse-
seme tekstuuri- või hõõrdejälj.



Tekstiilmaterjali tekstuuri jäljend auto esiosal.

Muud tähelepanekud

Võrdluskiudusid ei võeta eseme määrdunud piirkondadest. Enne teipimist harjatakse määrdunud (nt porist) proovi ettevaatlikult või puhastatakse seda tolmuimejaga.

Võrdlusmaterjali proovide võtmisel lõigatakse või rebitakse tekstiilmaterjalist välja kiude nii, et kõik käsitletava objekti eri liiki ja värvusega kiud oleksid esindatud.

Seejuures tuleks arvesse võtta, et kiudude värvaine kontsentratsioon võib eseme piirides olla erinev (pleekinud ja mittepleekinud, kulunud ja vähem kulunud piirkonnad) ning tegelikkusele ei pruugi vastata ka toote materjali koostist näitav silt.

Iga võrdlusmaterjali proov pakitakse eraldi ja suletakse pakend hoolikalt. Soonkinnisege pakendid tuleb kinnitada ka kleplindiga.

METOODIKA

Kirjeldatava meetodikaga käsitletakse kiuekspertiiside tegemist Eesti Koh-tuekspertiisi Instituudis. Kiuekspertiisiga loetletakse kiuladestustega teipi-del kõik esinevad kiud ja tuvastatakse objektide sama- või eriliigilisust ning kontakti.

Kohtuekspertiisis rakendatakse tekstiilkiudude tuvastamise meetodikaid, mis on väga olulised tekstiilkiudude omaduste ja iseärasuste mõõtmiseks. Need on stereo-, bioloogiline-, polarisatsioon- ja fluorestsentsmikroskoop, ultraviolet- ehk UV-kapp, tilkreaktsioonanalüüs, Fourier' teisendusega inf-rapunaspektromeeter ehk FTIR, mikrospektrofotomeeter ehk MSP ja ska-neerivelektronmikroskoop ehk SEM/EDX. (Robertson 1992: 447.)

Tekstiilkiudude uurimine kohtuekspertiisis koosneb kiudude tuvasta-misest (identifitseerimisest) ja võrdlusuurimisest. Tuvastamise käigus kiud klassifitseeritakse omaduste järgi väiksematesse gruppidesse, (vt osa "Kiu-dude klassifitseerimine"), milleks on vajalik kiudude füüsikaliste ja keemi-liste omaduste uurimine, kaasates mikroskoopiat ja muid instrumentaalseid meetodeid. Kiudude võrdlemine seisneb uuritava kiu (nt kuriteopaigast lei-tud kiud) ja võrreldava kiu omaduste seostamises.

Analüüsi ülesanne on tuvastada kontakt, juhul kui tekstiilmaterjalide või tekstiilmaterjali ja eseme vahel on toimunud kiudude vastastikune ülekanne. Uuringu käigus püütakse uuritava ja võrreldava kiu vahel leida võimalikult palju sarnasusi. Arvamust võrreldavate kiudude samaliigilisuse kohta ei saa anda enne, kui kõik uuringud on tehtud ja ühtegi erinevust mikroskoopiliste, optiliste ja keemiliste omaduste vahel ei leitud. (Palu 1997: 96.)

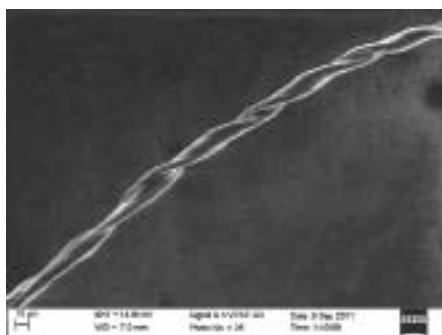
Kiudude klassifitseerimine

Kiud on jagatud kahte suuremasse gruppi: looduslikud ja keemilised. Sellest lähtuvalt on võimalik mõista kiudude erinevusi ja sarnasusi ning neile iseloomulikke omadusi.

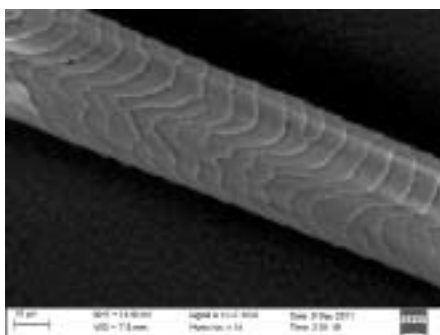
Looduslikud kiud on loodusest valmiskujul saadavad kiudained, näiteks taimsete kiude kasutamiseks inimene kogub, eraldab ja puhastab neid käsitsi, nt puuvill, lina, siid jm.

Loomsed kiudained moodustuvad loomade elutegevuse tagajärjel. Loomsed kiud jagunevad villa-, karva- ja siidikiududeks. (Veinjärv 2010: 81; Sissejuhatus tekstiilmaterjaliõpetusse.)

Enamik looduslikke kiudusid identifitseeritakse mikroskoobiga nähtavas valguses morfoloogiliste tunnuste uurimisel. Näiteks linavarre pealispinnal on sõlmekujulised moodustised; siidikiud on sileda pealispinnaga ja veidi varieeruva diameetriga ühe kiu piires; puuvillakiud (CO) on spiraalse keeruga lindi kujulised; loomsed karvad on mikroskoobiga vaadeldes sakilise servaga ja kiu pealispinnal on nn soomused, mille kuju muutumine kiu pikkuses ja paiknemine kiul on loomsete karvade uurimisel kõige tähtsam tunnus, villakiul soomuseline muster. (Palu 1997: 96.)



Spiraalse keeruga puuvilla kiud.



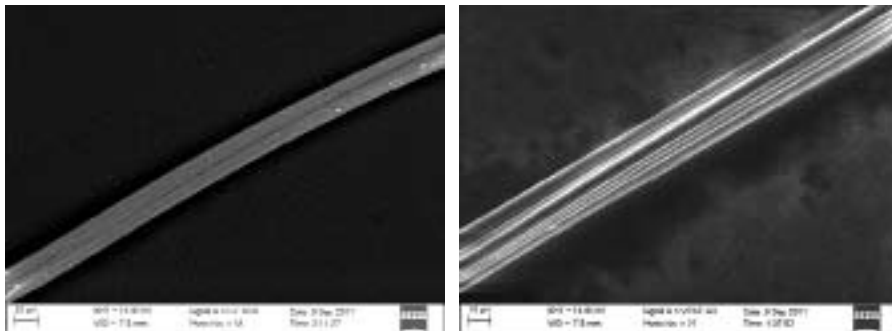
Villakiu soomuseline muster.

Keemilised kiud saadakse looduslike või sünteetiliste orgaaniliste polümeeride töötlemisel. Neid jagatakse selle järgi tehis- ja sünteetilisteks kiududeks. Tehiskiud, näiteks viskoos, atsetaat, *lyocell* jm, saadakse looduslikke polümeere keemiliselt muundades. Sünteetiliste kiudude tootmiseks valmistatakse madalmolekulaarsetest lähteainetest kõrgmolekulaarseid ühendeid, millest on võimalik valmistada tekstiilkiude, nagu polüamiid, polüester jm. (Palu 1997: 96.)

Erinevad tootmis- ja töötlemisviisid annavad keemilistele kiududele erinevaid omadusi, mida identifitseeritakse ehk tuvastatakse mikroskoobiga nähtavas valguses morfoloogiliste tunnuste uurimisel, nt polüesterkiud

(PE) on mikroskoobiga vaadeldes siledapinnalised; viskoosiu (VI) pind on sile ja seal võib esineda täppe või piki kiu pinda kulgevat viirutust. Keemiliste kiudude koostist määratakse infrapunasppektomeetriga (FTIR). (Greaves, Saville 1995: 92.)

Mida rohkem tunnuseid uuritakse, seda suurema tõenäosusega saab väita, et võrreldavad kiud on sama- või eriliigilised ja kas nende pärinemine ühest ja samast objektist on või ei ole võimalik.



Polüesterkiud ja viskooskiud.

KIUDUDE UURIMINE MIKROSKOOPILISELT

Kiudude uurimine nähtavas valguses

Kiudude tuvastamise ja võrdlusuurimise esimese etapina uuritakse neid alati mikroskoopiliselt. Kiudude täpsemaks tuvastamiseks ja/või võrdlusuurimiseks tehakse sarnastest kiududest preparaadid, mida uuritakse läbivas valguses mikroskoopiliselt, keemiliste kiudude puhul ka polariseeritud- ja fluorestsentsvalguses.

Stereomikroskoobiga (50-kordse suurendusega) kiudude võrdlemisel uuritakse näiteks järgmisi omadusi: kiu liiki, läbimõõtu, morfoloogilisi tunnuseid ja värvust.

Leitud kiudude ja võrdluskiudude eelnimetatud tunnuste võrdlusuurimisel annab ekspert oma teadmiste ja kogemuste toetudes hinnangu, kas võrreldavad kiud on sama- või eriliigilised. (Greaves, Saville 1995: 92.)

Kiudude uurimine bioloogilise mikroskoobiga

Kiudude uurimiseks läbivas valguses kasutatakse bioloogilist mikroskoopi. Mikroskoopiliselt vaatlusel on võimalik eristada looduslikud ja keemilised kiud ning uurida nende järgmisi tunnuseid:

- **kiu värvus** võib olla ühtlane/ebaühtlane kogu kiu ulatuses. Kiu värvuse ühtlane/ ebaühtlane jaotus sõltub värvimisprotsessist

(nt polümeermassis värvitud, kangana värvitud, kangale trükitud vm) ja kasutatud värvainetest;

- **Kiudude läbimõõt** võib olla ühtlane (tavaliselt keemilistel kiududel) või ebaühtlane (enamasti looduslikel kiududel). Kiudude läbimõõdu mõõtmiseks kasutatakse mikroskoobi objektiivis olevat suhtelist mõõteskaalat.

Kiu pealispinna läige oleneb nii kiupinna siledusest, kiu ristlõikepinna kujust kui ka kiu läbipaistvusest. Eriomane läige on siidi-, lina- ja sünteeskiududel.

Loomset päritolu karvadele on iseloomulik teatud kindlat tüüpi soomuste paiknemine ja kuju. (Veinjärv 2010: 81.)

Looduslikele kiududele iseloomulike tunnuste põhjal määratletakse täpsemalt kiu liik (nt puuvill, lina, siid), tuginedes erialases kirjanduses toodule. (Palu 1997: 96.)

Keemiliste kiudude puhul määratakse arvatav ristlõike kuju vastavalt erialases kirjanduses toodule. Mateeritud pinnaga keemilistel kiududel on eriomased matistavad osakesed, mis on iseloomuliku suuruse, kuju ja jaotusega. (Greaves, Saville 1995: 92.)

Lisaks võib täheldada mõnd erisust, nagu töötlemise käigus tekkinud eritunnused, kulumine, temperatuurikahjustused jne, mida võib tuvastada ka elektronmikroskoobis. (Robertson 1992: 447.) (Vt osa “Skaneeriv elektronmikroskoopia”.)

Kui võrreldavate kiudude tunnused on sarnased, jätkatakse keemiliste kiudude puhul uuringuid polariseeritud valguses, kasutades polarisatsioonmikroskoopi.

Kiudude uurimine polariseeritud valguses

Kiu optilised omadused sõltuvad kiu molekulaarsest koostisest ning makromolekulide orientatsioonist ja paiknemisest kiu telje suhtes (need näitajad tulenevad kiu tootmisprotsessist). Järelikult, kui võrreldavate kiudude keemilised ja füüsilised omadused on samad, aga kiu läbimõõt ja ristlõike kuju on erinevad, on erinevused ka kiudude interferentspildis. (Robertson 1992: 447.)

Igale kiutüübile on iseloomulik kindel interferentspilt ning uuritavate kiudude interferentspilti võrreldakse tuntud keemiliste kiudude interferentspiltidega, et määrata kiu liiki (ning tõdeda nende sarnasust). FTIR-analüüsiga määratakse kiudude lõplik polümeeritüüp. (Palu 1997: 96.)

Juhul kui võrreldavate keemiliste kiudude interferentspilt on sarnane, jätkatakse fluorestsentsmeetodiga.

Kiudude uurimine fluorestsentsvalguses

Tavalises (läbivas) valguses samasuguse värvusega kiud võivad erineda fluorestsentsvalguses. Paljudes tekstiilkiududes sisalduvad värvained on võimelised neis neeldunud valgusenergia toimel helenduma. (Robertson 1992: 447.)

Fluorestsentsi tuvastamiseks kiududes kasutatakse kolme filtrit: punast, sinist ja rohelist. Kui võrreldavate kiudude fluorestsents erineb vähe, kontrollitakse võrdluskiudude fluorestsentsi, et määrata nende kogumis esinevat varieerumist.

KIUDUDE UURIMINE FÜÜSIKALISTE JA KEEMILISTE MEETODITEGA

Kiudude uurimine UV-kapis

Kui uuritavad kiud on paigutatud UV-kappi, on neis võimalik tuvastada optiliste valgendite olemasolu, mida saab kindlaks teha kiudude sinaka fluorestseerumise järgi. (Palu 1997: 969.)

Optilised valgendid on ained (värvained, optilised valgendajad ja teised viimistlus- ja puhastusained), mis lisatakse tootmise ajal kiumassi, et muuta kiud valgemaks. Rõivaste kandmisel kiudude fluorestseeruvus muutub – tavaliselt väheneb.



Uuritav kangas päevalguslambi valguses.



Uuritav kangas UV-valguses, milles optiliselt pleegitatud kangas sinakalt fluorestseerib.

Tilkreaktsioonanalüüs

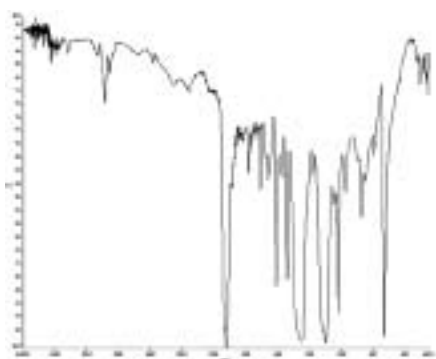
Tilkreaktsioonidega on võimalik määrata keemiliste kiudude polümeeri tüüpi ja võrreldavate kiudude värvainete sarnasust või erinevust. Reagentide toimet jälgitakse stereomikroskoobiga, vaadeldes kiu lahustumist või mittelahustumist ning jälgides esilekutsutud värvusemuutusi.

Esmalt hinnatakse võrreldaval kiul reaktiividest põhjustatud muutusi. Seejärel tehakse katsed uuritavate kiududega. Juhul kui uuritavaid kiude on vähe, siis võib kasutada vaid neid reaktiive, mis andsid võrdluskuidudel täheldatavad muutused.

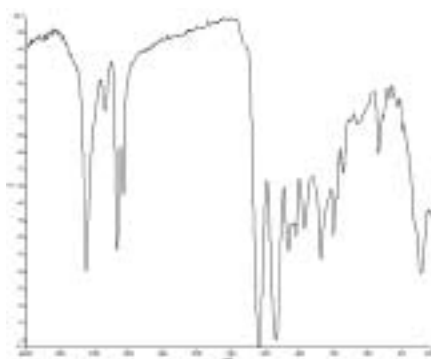
KIUDUDE UURIMINE INSTRUMENTAALSETE MEETODITEGA

FTIR-analüüs

Keemiliste kiudude võrdlusuurimiseks kasutatakse infrapunaspektromeetrit (FTIR), mille abil on võimalik identifitseerida ehk määrata keemilise kiu polümeeri tüüpi.



Infrapunaspekter polüesterkiust.



Infrapunaspekter polüamiidkiust.

Skaneeriv elektronmikroskoopia

Skaneerivat elektromikroskoopiat (SEM) kasutatakse kiudude pealispinna detailiseeritud vaatlemiseks, näiteks elementide määramiseks, mis on kiududele lisatud tootmise käigus või siis lisandunud rõivaeseme kandmisel, puhastamisel jne; samuti tekstiilmaterjalide kahjustusi uuritakse kiudude tasemel.

Skaneerivas elektronmikroskoobis vaadeldakse kiudude omadusi, mis on jälgitavad väga suurte suurendustega (kuni 20 000 korda), näiteks loomsete karvade soomusekujulist pealispinda; mõne keemilise kiu pealispinnal esinevaid tunnuseid, mis võimaldavad neid kiudusid identifitseerida, näiteks viskoosi pikitriibud.

MSP-analüüs

Tekstiilkiudude värvusi võrreldakse võrdlusmikroskoobiga, ultraviolettmikroskoobiga ja mikrospektrofotomeetriga (MSP).

Värvuse mõõtmine mikrospektrofotomeetriga annab lisakindlust nähtava valguse piirkonnas toimuvale värvuse võrdlusele. Inimese silm on võimeline eristama paarsada värvust (subjektiivne omadus), kuid ei suuda eristada sama tooni värvuseid, mida saadakse erinevate värvainete kokkusegamisel. Tekstiilmaterjalide värvimisel kasutatavaid värvaineid on palju ja nende segamisel saadavaid värvainekombinatsioone tohutult.

Mikrospektrofotomeetrit saab kasutada värvuse võrdlusuuringutel valgust läbi laskvate tekstiilkiududele lähiultravioletti ja nähtava valguse piirkonnas. Aparaat mõõdab värvuse spektri ka selliste heledate (valkjate) toonide puhul, mida inimsilm näeb värvusetutena.

KÜSIMUSED EKSPERDILE?

Tüüpilised küsimused kiuekspertiisi määramisel on järgmised.

1. Isikute (nt ohver, kannatanu) puhul:

- Kas kodanik A riietusesemetel esineb kiuladestusi, mis on samaliigilised kodanik T riietusesemete materjalide kiududega?
- Kas kodanik T riietusesemetel esineb kiuladestusi, mis on samaliigilised kodanik A. riietusesemete materjalide kiududega?
- Kas kodanike A ja T riietusesemed on olnud omavahelises kontaktis?

2. Isiku ja eseme (nt kuriteo sooritamishahendi) puhul:

- Kas kodanik N riietusesemetel esineb kiuladestusi, mis on samaliigilised sõiduauto (mark, registrinumber) istmekatete materjali kiududega?
- Kas kodanik N riietusesemed ja auto (mark, registrinumber) on olnud omavahelises kontaktis?
- Kas esitatud esemel (nt noal, kurikal vm) esineb kiuladestusi, mis on samaliigilised kodanik N riietusesemete materjalide kiududega?

3. Teiste asjaolude selgitamise puhul (nt sündmuskohaga või kuriteo sooritamisel kasutatava esemega):

- Kas sündmuskohast leitud vöö võis kuuluda esitatud mantliga ühte komplekti?
- Kas sündmuskohalt leitud nõõp koos õmblusniidi juppidega võib pärineda kodanik M pluusilt?

- Kas sündmuskohalt leitud rebenenud riidetükk võib pärineda kodanik L kleidist?
- Kas sündmuskohalt leitud kootud sall on valmistatud esitatud lõngast?
- Kas esitatud müts on üle värvitud? Kui jah, siis milline oli selle esialgne värvus?
- Kas kannatanu peopesast leitud juuksed on samaliigilised kahtlustatavalt võetud võrdlusprooviga?
- Mis liiki tekstiilkiude esineb kodanik R sõrmeküünte all?
- Mis liiki tekstiilkiude esineb noa teral?
- Millist tüüpi riietusesemetest võivad olla pärit põlenud tekstiilmaterjalide jäänused?

Ekspertiisi tegemiseks esitatavad ja võrreldavad objektid määratletakse küsimustes alati täpselt (eseme nimetus, värvitoon, vigastuste kirjeldus jm).

EKSPERDIARVAMUS

Kiuekspertiisis võrreldakse kiudusid ja tekstiilmaterjale, mille tulemusena objekte omavahel seostatakse.

Tegurid, mis suurendavad tekstiilkiududest tõendusmaterjali väärtust objektide seostamisel, on järgmised:

1. Avastatakse palju ülekandunud kiudusid, mis on samaliigilised võrdlusmaterjaliga.
2. Avastatakse ülekandunud kiude ja võrdlusmaterjali kiude, mis on paljude tunnuste alusel samaliigilised. Võrreldavate tunnuste arv sõltub nii uurimisobjektide omadustest kui ka kogustest, uurimise meetodikast kui ekspertiisilabori seadmetest ja tehnilistest võimalustest.
3. Avastatakse kiudusid, mis on uurimisobjektidelt vastastikku üle kandunud.
4. Kiudude ülekandumine tuvastatakse paljude uurimisobjektide vahel, näiteks tuvastatakse, et isikute kontaktil on vastastikku või ühepoolset üle kandunud paljude rõivaesemete kiud.
5. Ülekandunud kiud, mille abil seostatakse objekte omavahel, on haruldased ehk väikese levikuga. (Veinjärv 2010: 81.)

Kiuekspertiisiga ei ole võimalik vastata järgmisele küsimustele:

- Millal kiud on uuritavale objektile üle kandunud (kas uuritava sündmuse ajal, enne seda või peale sündmuse toimumist)?
- Millise värvusega tekstiilmaterjalist kiud pärinevad (kas ühevärvilisest või kirjust)?
- Millise koostisega tekstiilmaterjalist kiud pärinevad (kas ühte liiki või mitut liiki kiududest koosnevast materjalist)?
- Millisest konkreetsest riietusesemest kiud pärinevad?

Neid asjaolusid tuleks arvestada eksperdiarvamuse andmisel tekstiilkiu ekspertiisi tulemuste põhjal. (Palu 1997: 96.)

Ekspertiisiakti arvamusalikus osas tuuakse ära esemetele ladestunud kiudude kogu spekter ja/või antakse hinnang võrreldavatele objektidele ladestunud kiudude ja uuritavate objektide (nt võrdluseks olevate riietusesemete) koostisesse kuuluvate kiudude sama- või eriliigilisuse kohta.

Kiudude samaliigilisus ehk kiudude ühesugune liigiline kuuluvus tähendab, et võrreldavad kiud on sarnased kõigi uuritavate tunnuste poolest, nagu kiu värvus, kiu pealispinna tunnused, läbimõõt, interferentspilt, polümeerne koostis.

Kiudude eriliigilisus tähendab, et mõni võrreldavate kiudude uuritud omadustest on võrdlusmaterjalist erinev.

Kiuekspertiisi lõppeesmärk on uuritavate objektide omavahelise kontakti tuvastamine. See on võimalik juhul, kui mõlemale arvatavas kontaktis olnud objektile on üle kandunud teise objekti materjali koostise kiududega samaliigilisi kiude, st on toimunud kiudude vastastikune ülekanne.

Sõltuvalt eksperdi hinnangust võrreldavate kiudude kohta, võib arvamus olla järgmiste väidete vormis:

- objektilt ei leitud tuvastamiseks kõlbulikke kiuladestusi;
- leitud kiuladestused on eriliigilised võrreldava objekti koostisesse kuuluvate kiududega;
- leiti kiuladestusi, mis on samaliigilised võrreldava objekti koostisesse kuuluvate kiududega;
- võrreldavad objektid ei ole olnud kontaktis;
- võrreldavad objektid on tõenäoliselt olnud kontaktis;
- võrreldavad objektid on olnud kontaktis.

KOKKUVÕTE

Tekstiilkiu ekspertiisi praegusi meetodeid tuleb täiustada põhimõttel, et nende abil peab saama paremini uurida mikrokoguseid ning uurimiseks kuluv aeg ja rutiinise töö osakaal peab vähenema. Suurt tähelepanu tuleb pöörata meetodite standardiseerimisele ja tulemuste esitamise parandamisele.

Uue tehnikaga peab saama kiudusid täpsemini võrrelda, tänu millele lisanduvad kiududele individualiseerivad tunnused ja suureneb kiudude väärtus tõendusmaterjalina. Selle näiteks on ekraaniga varustatud võrdlusmikroskoop, millega saadakse võrreldavate kiudude kujutised ekraanile ühel ajal. See annab võimaluse kiudude samaaegseks võrdlemiseks, samuti diskusiooniks. Kiuladestuste uurimist on võimalik lihtsustada automatiseeritud süsteemi – Fibre Finderiga. Tänu automatiseeritud süsteemile on võimalik kleeplintidele võetud kiuladestustelt võrdluskiududega sarnaste kiudude otsimiseks kulutatavat aega tunduvalt vähendada.

Ekspertiisi- ja kriminalistikaalase tegevuse arengule aitab kaasa ekspertiide koolitamine (nt ENFSI Euroopa tekstiili ja karvade grupi iga-aastane kohtumine, töögruppides osalemine, uurimistööd kiududest jm) ja menetlejatele koolituste ning praktiliste ülesannete korraldamine, et parendada tekstiilkiududega seonduvat uurimist kuriteopaigal.

Kasutatud kirjandus

- Palu, E. Tekstiilkiudude uurimine kohtuekspertiisis. Diplomitöö. Tallinn, 1997. 96 lk.
- Robertson, J. Forensic Examination of Fibres. London: Taylor & Francis, 1992. 447 lk.
- Boncamper, I. Tekstiilkiud. Käsiraamat. Tln.: Infotrükk, 2000. 323 lk.
- Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat. Nõuandeid esimesena kohale saabunud politseinikule. Juhised kriminalistidele ja teistele politseiametnikele. Tallinn: Rootsi Kriminaaltehnika Laboratoorium, 2001. 118 lk.
- Veinjärv, A. Loomsete kiudude/karvade tuvastamise meetodika. Magistritöö. Tallinn, 2010. 81 lk.
- P. H. Greaves, B. P. Saville, Microscopy of Textile Fibres. UK, 1995. 92 lk.
- Introduction to Hairs and Fibres. Hungary, 2005.
- Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011, Tallinn 2011. 156 lk.
- Sisesejuhatus tekstiilmaterjaliõpetusse <http://ekool.ttk.ee/>.

VÄRVKATTEEKSPERTIIS

Helen Rebane, Kai Tõns

Värvkatteekspertiisi ülesanne kriminalistikas on tuvastada värve ja värvkatteosakeste olemasolu objektidel (nt sõiduvahenditel, ustel jm) ning määrata värvkatte liik.

Värve, mida kasutatakse meid ümbritsevate esemete viimistlemiseks, jaotatakse järgmiselt:

- sisetööde värvid (seinte, uste, mööbli jm värvimiseks);
- välistööde värvid (välisfassaadide, aedade jm värvimiseks);
- puidukaitsevärvid (uste, aknaraamide jm värvimiseks);
- metallivärvid (sõiduvahendite, liiklusmärkide jm värvimiseks).

VÄRVIDE JA VÄRVKATTE EKSPERTIISI AJALUGU

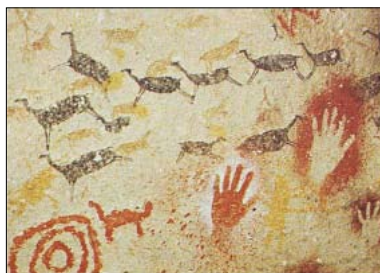
Värvide ajalugu

Värv on läbi aegade olnud tähtis element kodu ja lähiümbruse kaunistamisel. Soov kaunistada oma kodu värvide ja muustritega ning kujundada lähiümbrust, et see peegeldaks meie maitsemeelt ja stiili, näib olevat põhiinstinkt, mis viib meid tagasi meie kaugete esivanemate koopajooniste juurde.

Umbes 3000. aastal eKr kasutasid muistsed egiptlased hauakambrimaalingute juures pigmentidena peamiselt punast, kollast ja pruuni muldvärvi.

Sellele, kuidas püsivalt ühendada klaasimassi ja metalli, tulid meistrid juba üle paari tuhande aasta tagasi. Emailikunsti juured ulatuvad Vahemere äärde – Küprosele. Peagi õpiti emaili kasutama mujal Euroopas, ka Bütsantsis, Kiievi-Venemaal ja Armeenias. Hiinas ja Jaapanis oli emaili kõrgeaeg XV–XVII sajandil, seal tekki- sid oma koolkonnad, mida siia maani elus hoitakse.

Dekoreerimiseks sobivad kõik metallid, mille sulamistemperatuur ületab



Koopamaalingute stiliseeritud kujundid.

emaili oma (umbes 750–900 kraadi Celsiuse järgi), traditsiooniliselt eelistatakse kulda, hõbedat, vaske.

Lääne-Rooma riigi languse järel alanud keskajal (V–XVI sajand) valdasid pigmentide valmistamise saladusi koloristide gildid. (Sepp, K. Värvusõpetus ja kompositsioon.)

Renessanss (XIV–XVII saj) tõi kaasa värvide kombinatsioonid. Renessanssarhitektuurile olid omased värviküllased fassaadimaalingud, kuid Eesti alal piirduti üksnes fassaadidetailide kaunistamisega, näiteks Raekoja plats 18 Tallinnas.

Mitmekesisist värvigammat armastas ka barokkstiil (XVII–XIX saj). Näiteks Kadrioru lossi fassaadid olid kujundatud ookerpunase ja loodusvalgega. (Hoonete värvimine. Ajalugu, värvitüübid ja ettevalmistustööd.)



Kadrioru loss.

XIX sajandi keskel sünteesiti kivisöetõrvast aniliinvärvid, mis oli tähelepanuväärne samm värvide tootmises. Nende intensiivsed, elavad toonid panid aluse arvukatele värvikombinatsioonidele ja laiendasid värvide kasutusala.

Modernistide seisukohalt oli oluline vabastada hooned üleliigsetest kaunistustest, seega sai suuresti valitsevaks valge värvitoon. (Sepp, K. Värvusõpetus ja kompositsioon.)

Esimesed viited värvkatteekspertiisile leiame aastast 1970, mil Eesti NSV Siseministeriumi operatiivtehnilise osakonna (OTO) juures oli võimalik pürolüüsgaasikromotograafiameetodil tuvastada autoemaile. Nimetatud meetodi puhul toimub, olenevalt liigist, erinevalt autoemali lagunemisest terminiline lagunemine pürolüsaatoris. See võimaldab saadud pürogrammide järgi eristada üksteisest õli- ja nitrovärve ning sünteetilisi värve. (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

1970.–1980. aastatel kasutati värvkatete uurimiseks stereomikroskoopi MBS 10 suurendusega kuni 150 korda. Uuritavatele värvkatetele tehti ka tilkreaktsioonanalüüsi, mille käigus kanti reagent (nt NaOH, H₂SO₄ jne) uuritavale proovile. Proovi uuriti mikroskoobi all, jälgides proovi värvuse ja/või struktuuri muutusi.

1994.–1995. aastal eraldati Soomest seoses sealse kriminaalpolitsei ekspertiisilaboratooriumi kolimisega kasutatud infrapunaspektrofotomeeter Perkin Elmer, mis oli valmistatud 1970ndate aastate keskel. Igapäevaseks kasutamiseks tuli Eesti ekspertidel välja töötada sellele aparaadile kohandatud meetodika.

2000. aastal sai keemia- ja bioloogiaosakond PHARE projekti raames järgmised seadmed:

- uue **infrapunaspektrofotomeetri** Perkin Elmer FTIR-spektromeeter Spectrum 2000 GX ja mikroskoobi – FTIR Multiscope, mida kasutatakse värvkatetes sisalduvate sideainete, täiteainete ja pigmentide tuvastamiseks;
- **stereomikroskoobid** (Leica MZ6, Leica MZ7,5, Leica M300). (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

Statistika

Kohtuekspertiisi Büros ning Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Büros aastatel 1994–1998, Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskuses aastatel 1998–2007 ning Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis aastatel 2008–2012 tehtud värvkatte ekspertiiside kohta saab infot jooniselt 1.

European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) värvkatte ja klaasi töögrupp (European Paint and Glass Group) asutati 1992. aastal. Värvkatte töögrupp pöörab peamiselt tähelepanu eri liiki autovärvkatetele ja nende kihtide tuvastamisele, avastamisele ja uurimisele mitmesuguste meetoditega, samuti teadustöö arendamisele ning autovärvkatete andmebaasi koostamisele ja tuvastamisele.

Eesti on ENFSI täisliige alates 1998. aastast (Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156).



Joonis 1. Aastail 1994–2011 tehtud värvkatteekspertiiside statistika.
(Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011. 2011: 156.)

VÄRVKATTEEKSPERTIIIS

Värvkatteekspertiise määratakse peamiselt liiklusvariide, tapmiste, mitmesuguste varguste ja sissemurdumiste korral. Värvitud pindadega esemed ja nendelt pindadelt eraldunud värvkatteosakesed, aga ka värvide materjalid võivad kanda sooritatud kuritegudesse puutuvat informatsiooni ja olla seega uuritavates juhtumites asitõendid (Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat. 2001: 118).

Värvkatteekspertiisis mõeldakse värvide all kattevärve, mis on valmistatud kilet moodustavate lakkide kui sideaine (nt värnitsa, nitrolaki, alküüdvaikude jt) põhisel.

Värvkatteekspertiise määratakse eesmärgiga

- tuvastada värvkatteosakeste olemasolu esitatud objektil;
- määrata konkreetse värvkatteosakese liik (nt sõiduvahendi värvkattekiht (krunt, värv, lakk), majapidamises kasutatav värv jne);
- määrata värvkatete sama- või eriliigilisust. Värvkatete samaliigilisus ehk ühesugune liigiline kuuluvus tähendab, et võrreldavad värvkatted on sarnased kõigi uuritavate tunnuste, nagu värvkattekihtide arvu, nende värvitooni, struktuuri, paksuse, keemilise koostise jne poolest;
- tuvastada kontakt kahe objekti vahel;
- tuvastada võrreldavate objektide ühist päritolu.

(Caddy 2001.)

Ekspertiisi objektideks võivad olla

- värvkattega esemed – nt sõiduvahendid, šefid, ukсед, aknaraamid, tööriistad ja koduse majapidamise esemed ning muud kuriteo sooritamise vahendid;
- värvitud esemete pindadelt eraldunud värvkatteosakesed;
- värvitud pindadega või värvidega kontaktis olnud esemed (nt kannatanu riided, sissemurdmise vahendid);
- värvid – vedelad, pihustatavad, pastataolised või tahked värvitooted (värvipurk värviga, spreivärv, värvipulber vm);
- värvitoodete komponendid (sideained, pigmendid, täiteained jt), mida kasutatakse konkreetse värvitoote valmistamiseks (vt osa “Värvide koostis”);
- mitmesuguseid polümeerseid ühendeid sisaldavad tooted (nt liimid, silikoonid, lakid, hermeetikud ja muud ehitustegevuses kasutatavad ained). (ENFSI European Paint Group, 2008.)

Värvkatteekspertiisi kasutatakse sagedasti koos teiste ekspertiisiliikidega. Näiteks kahe liiklusvahendi oletatava kontakti puhul võrdleb liiklusekspertiis sõiduvahenditel olevaid vigastusi ühitamise teel ning värvkatteekspertiis ülekandunud värvkatteosakeste sama- või eriliigilisust, mõlemal juhul võib kontakt tuvastatud saada. Sellisel juhul kinnitab värvkatteekspertiis liiklusekspertiisi. Sissemurdmiste puhul võrdleb jälje ekspertiis murdmisriista jälge kontrollitava tööriistaga, värvkatte ekspertiis aga ülekandunud värvkatteosakeste sama- või eriliigilisust. Mõlemad ekspertiisid täiendavad teineteist. (Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat. 2001: 118.) Iga kuriteo toimepanemisel jäetakse jälgi, mis sisaldavad informatsiooni selle jätnud objekti tunnustest. Nii nagu näiteks sõrmejäljed ja jalanõude tallamustri jäljed, võivad jälgedeks olla ka värvid ja värvkattega esemed.

Värve hinnatakse mitme parameetri järgi. Värvide omadused võib tinglikult jagada kolme gruppi.

1. Füüsikalised omadused:

- viskoossus, mis on seotud aine voolavusega ning mille all mõeldakse vedeliku võimet seista vastu kaju muutustele, näiteks lahusti;
- tihedus, mille kaudu väljendatakse värvi kaalu mahuühiku kohta (kg/l);
- värvi kvaliteeti, näiteks säilivusomadusi mõjutavad lisaained.

2. Optilised omadused: värvus ja läige, mida mõjutavad pigmentide omadused, näiteks peegeldavad läikivamad pinnad paremini valgust.

3. Mehaanilised omadused: nakkuvus aluspinnaga, värvikile elastsus ja tugevus, vastupidavus UV-kiirgusele, kemikaalidele, ilmastikule, kuumusele ja korrosioonile, mida mõjutavad lisaained.

(ENFSI European Paint Group, 2008.)

VÄRVIDE KOOSTIS

Värvid täidavad kahte peamist ülesannet – kaunistamine ja kaitse. Värvkate kaitseb pinda kulumise eest, aeglustab vihmavee imendumist ning tõkestab pinnakihi erosiooni. Enamik traditsioonilistest värvidest koosneb pigmentidest, sideainetest, lahustist ja lisaainetest.

Pigment

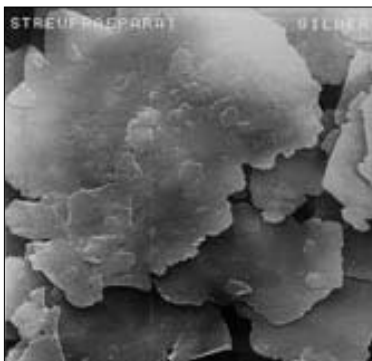
Pigment on mittelahustuv pulbriline aine, mis annab värvile tooni ja kattevõime. Pigmentide toonid erinevad üksteisest näiteks osakeste suuruse, keemilise koostise (sünteetiline või looduslik) ning efektpigmenti osakeste või nende puudumise poolest. (Värvipigmentide omadused ja ajalugu, Viikipeedia, 06.01.2011.)



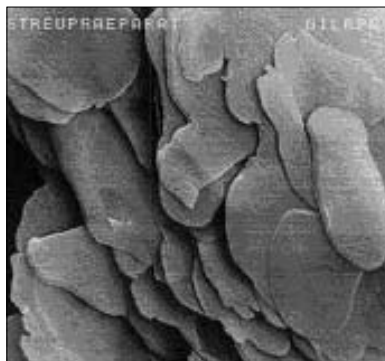
Pigmentiosakeste suurus ja efektpigmentiosakeste sisaldus mõjutavad värvipigmentide toone.

Pigmentid jaotatakse peamiselt järgmiselt.

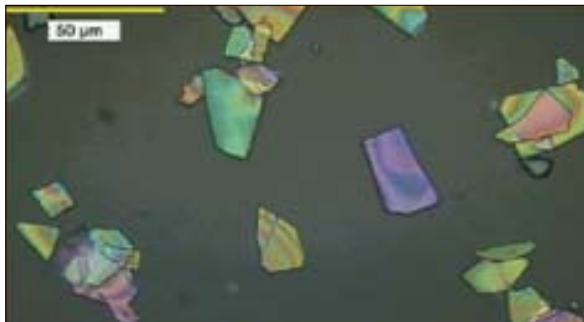
1. **Looduslikud pigmentid**, mida on kasutatud alates ca 3000. aastast eKr Egiptuse hauakambrimaalingute juures. Põhiliselt kasutati punaseid, kollaseid ja pruune muldvärve, ka areensulfaadist saadud kollast või kõrgel temperatuuril lagundatud ränikivist, vasest ja kaltsiumist saadud sinist ja ka rohelist pigmenti.
2. **Süntetilised pigmentid**, mille avastas Diesbach Saksamaal 1704. aastal. XIX sajandil sünteesiti Preisi sinist pigmenti ning peaaegu igal aastakümnel avastati mõni keemiline ühend, millest hiljem saadi pigment. Sajandi lõpuks olid paljudel looduslikel värvipigmentidel odavamad alternatiivid (Värvipigmentide omadused ja ajalugu, Vikipeedia, 06.01.2011).
3. **Efektpigmentiosakesed**, mida kasutatakse tänapäeva liiklusvahendite värvimisel. Efektpigmentiosakesed on sagedasti kasutatavad lisaained, mis annavad värvile läiget ja vastupidavust ning mis jaotatakse järgmiselt:
 - ebahürtlase sakilise servaga (ingl *corn flakes*) ja sileda servaga alumiiniumpigmentid (ingl *dollar flakes*);
 - metalloksiidiga kaetud vilgud, mis on silikaatse koostisega mineraalid ehk mikahelbed, millel on klaasi- või pärlmutterläige;
 - metalloksiidiga kaetud alumiiniumihelbed (Al_2O_3);
 - metalloksiidiga kaetud ränioksiidihelbed. (ENFSI European Paint Group, 2008.)



Ebahürtlase sakilise servaga efektpigmentiosakesed.



Sileda servaga efektpigmentiosakesed.



Metalloksiidiga kaetud vilgud (mikahelbed), mis on optilise efektiga ehk muudavad värvust.

Sideaine

Sideaine moodustab lahusega nakkuva kile, milles paiknevad pigmendid ja värvi muud koostisosad. Sideainelt eeldatakse eelkõige optilist sügavust ja head katmisvõimet, millest sõltub ka värvi vastupanuvõime ilmastikumõjudele. (Hoonete värvimine. Ajalugu, värvitüübid ja ettevalmistustööd.)

XI sajandi Euroopas hakati värvide sideainetena kasutama taimede viljadest ja seemnetest saadud õlisid, vaike, vahasid ja sahhariide.

Enamasti liigitatakse värve sideaine (nt linaõli, akrülaat-, alküüdvaik, nitrotselluloos, epoksiid, uretaanvaik jm) ja/või kasutatava lahusti (nt vee-põhine, tärpentiin jm) järgi.

Lahusti

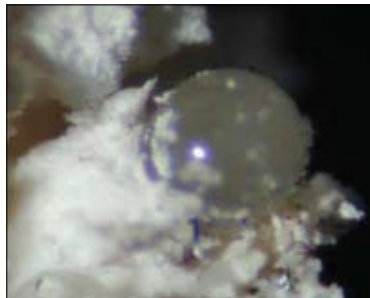
Lahusti muudab värvi vedelamaks ning hõlbustab selle tungimist aluspinda. Pinnale kandes aurustub lahusti värvist. Paljudes looduslikes värvides (nt lubi-, liim- ja muldvärvides jm) on lahustiks vesi, linaõlivärvides aga tärpentiin, dietüleenglükool, toluen jm. (Värvimaailma koduleht.)

Lisaained

Värvi lisaainetena kasutatakse näiteks

- mangaandioksiidi, mis kiirendab linaõlivärvi kuivamist;
- tsinkoksiidpigmenti, mis loodusliku fungitsiidina kaitseb mädaniku ja hallituse vastu;
- kriiti, mis täiteainena muudab värvi paksemaks ja aitab pigmenti koos hoida.

Täiteaineid kasutatakse ka teekattemärgistustes. Helenduvad teekattemärgistused sisaldavad efektiivsusestena klaasist kuulikesi. (ENFSI European Paint Group, 2008.)



Helenduv teekattemärgistus ja teekattemärgistuses sisalduv klaasist kuulike.

AUTODE VÄRVKATTED

Suurema osa värvkatteekspertiisist hõlmavad autode värvkatte ekspertiisid. Allpool tuleb juttu autode tööstuslikus värvimises kasutatavate värvkattekihtide koostistest (sideained) ja kihtide järjestusest. Autode värvimise ajalugu ulatub tagasi eelmise sajandi lõppu, alates aastast 1888, kuid esimesed autod said oma kena välimuse veel tänu tõllalakkidele. Spetsiaalselt autodele mõeldud värvid ja lakid arendati välja alles eelmisel sajandil:

- 1920ndail aastail töötati välja nitrotselluloosvärvid;
- 1930ndail aastail võeti kasutusele alküüd-, akrüül- ja polüuretaanvärvid;
- 1950ndail aastail võeti kasutusele epoksiidvärvid;
- 1960ndail aastail töötati välja 2K polüuretaan-akrüülvärvid ja ka ühekihiline metallikvärv;
- 1970ndail aastail tuli turule kahekihiline lakiga kaetud metallikvärv;
- 1990ndate aastate algusest on olemas veepõhised autovärvid.

(Automaaler. Autode värvimise ajalugu.)

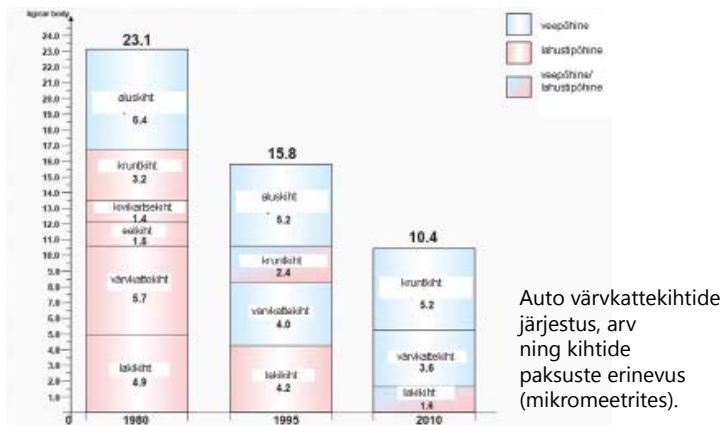
Värvkatte moodustavad kihid – laki-, värvi- ja kruntkiht.

Lakk on vedel aine, mille kuivamisel moodustub kelme, mis pinnale kantuna kaitseb niiskuse, tolmu, õhusaaste jm eest.

Värv on pigmenti ja sideainet sisaldav vedel, pastataoline või tahke aine, mis pinnale kantuna moodustab tahke kelme, kaunistab pinda ja kaitseb seda kahjustavate tegurite eest.

Krunt on värvitavale pinnale kantav ettevalmistuskiht, millega kaetakse maalimiseks või värvimiseks kasutatava materjali (nt puidu, metalli, lõuendi vm) pind, et vältida värvi sideaine sisseimbumist ja kahjustusi, et tagada värvi säilimine. (Vahuri, 2005: 106.)

Liiklusvahendite värvkatted koosnevad peamiselt laki-, värvi- ja krundi-kihist.



Liiklusvahendite värvkattekihtide järjestus ja arv, kihtide paksus ja peamised sideained on viimasel kahekümne aasta jooksul palju muutunud. 1980ndatel kaeti sõiduautod peamiselt kuue värvkattekihiga: lahustipõhine lakikiht paksusega 4,9 μm , lahustipõhine värvkattekiht paksusega 5,7 μm , lahustipõhine eelkiht paksusega 1,5 μm , lahustipõhine kivitaitsekiht paksusega 1,4 μm , lahustipõhine kruntkiht paksusega 3,2 μm ja veepõhine aluskiht paksusega 6,4 μm .

1995. aastal kaeti sõiduautod peamiselt nelja värvkattekihiga: lahustipõhine lakikiht paksusega 4,2 μm , veepõhine värvkattekiht paksusega 4,0 μm , veepõhine või lahustipõhine kruntkiht paksusega 2,4 μm ja veepõhine aluskiht paksusega 5,2 μm .

Tänapäeval kaetakse sõiduautod peamiselt kolmekihilise värvkattega – vee- või lahustipõhine lakikiht paksusega 1,6 μm , veepõhine metallikvärvi kiht paksusega 3,6 μm , veepõhine kruntkiht paksusega 5,2 μm .

Laki-, värvkatte- ja kruntkihtide sideained valmistatakse veepõhiselt või lahustipõhiselt. (ENFSI European Paint Group, 2008.) Tänapäeval toodetakse sõiduautode tarbeks värve, lakke ja krunte üle maailma. Näiteks vees lahustuvate ehk veepõhiste kruntvärvide tootmine on enam levinud Euroopa riikides. Keskkonnakaitse normid ja nõuded, millega kaitstakse nii inimese vahetut elukeskkonda kui ka loodust tervikuna inimtegevuse negatiivsete mõjude eest, on väga kesised Aasia, Lõuna-Ameerika ja Aafrika riikides. Nendes riikides on valdav lahustipõhine tööstus, mis on väga mürgine. (ENFSI European Paint Group, 2008.)

Kruntvärvide tootmine jaotub järgmiselt.

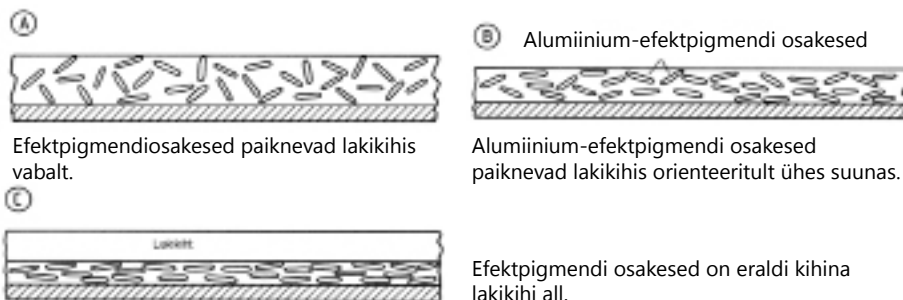
- **Euroopas** – 52% veepõhised; 46% lahustipõhised, 2% pulberkruntvärvid;
- **Aasias** – 95% lahustipõhised; 5% veepõhised kruntvärvid;
- **Aafrikas** – 71% lahustipõhised; 50% veepõhised ja 19% pulberkruntvärvid;
- **Põhja-Ameerikas** – 65% lahustipõhised; 30% veepõhised ja 5% pulberkruntvärvid;
- **Lõuna-Ameerikas** – 83% lahustipõhised; 17% veepõhised kruntvärvid. (ENFSI European Paint Group, 2008.)

Tänapäeva liiklusvahendeid kaetakse efektpigmentdiosakesi sisaldavate värvkattekihtidega ehk metallikvärvi kihiga (vt osa “Värvide koostis. Pigmentid”). Värvikiht, milles on kasutatud efektpigmentdiosakesi, on läikivam ja vastupidavam.

Värvkatetes, kus kasutatakse efektpigmentiosakesi, esineb kolme kihti-
de järjestust:

- lakikiht on paks ning efektpigmentiosakesed paiknevad lakikihis vabalt;
- lakikiht on suhteliselt paks ning efektpigmentiosakesed paiknevad lakikihis valdavalt ühes suunas orienteeritult;
- pealmine kiht on lakikiht ja efektpigmentiosakesed paiknevad tihedalt üksteise kõrval eraldi kihina lakikihi all.

(ENFSI European Paint Group, 2008.)



VÄRVKATTEPROOVIDE KOGUMINE

(Liiklus)politseinik kogub värvkatteosakesed, mis sarnaselt võrdluseks võetud värvkatteproovidega pakendatakse eraldi paberümbrikutesse, pitseeritakse nõuetekohaselt ning varustatakse selgitavate kirjetega (objektilt proovi võtmise koht, objekti pinna värvus, võtja nimi ja võtmise kuupäev). Kogutud värvkatteproovid pakendatakse volditud märkmepaberisse, et vältida värvkattetükikeste väljapudenemist. Märkmepaber värvkatteosakestega suletakse, pakitakse omakorda paberümbrikusse ning soonkinnisega pakendisse või kasutatakse jäika taarat, näiteks suletavaid puhtaid plastmasstopse.



Soonkinnisega pakend, paberümbrik ja volditud pabertasku värvkatteosakestega.

Värvkatteosakesi ei tohi

- koguda kleeplindile (teibile, tõmmiskilele vm), kuna väiksemaid värvkattetükke on raske liimist eraldada ja puhtaid analüüsitulemusi saada;
- pakkida lahtiselt ümbrikusse, kuna ümbrike nurkade ja liimühenduste pidavus ei ole alati kindel, mistõttu värvkatteosakesed võivad enne ekspertiisi jõudmist ümbrikest välja pudeneda.

Objektid, millelt värviproovid võeti, fotografeeritakse ning fotol märgistatakse ja nummerdatakse proovi võtmise kohad.

Sündmuskohalt värvkatteproovide kogumine

Värvkatteproovide kogumine ja pakendamine on ekspertiisi seisukohalt väga oluline.

Sündmuskohalt (liiklusõnnetuse, sisseмурdmise vm) puhul leitud

- **lahtised värvkatteosakesed** kogutakse (nt pintsettidega) hoolikalt kokku ja pakitakse nii, et suuremad osakesed ei mureneks. Kogutud proovid pannakse volditud märkmepaberitesse ja pakendatakse paberümbrikusse;
- **värvkatteladestustega väiksemad objektid** (nt mitmesugused tööriistad, vm värvidega kontaktis olnud esemed) esitatakse sellisel kujul, nagu need leiti. Objektid tuleb pakkida soovitatavalt paberümbrikusse või -kotti nii, et oleks tagatud värvkatteladestuste säilimine;
- **suurtelt pindadelt** (nt liiklusvahenditelt, seifidelt, ustelt, aknaraamidelt, tööriistadelt ja koduse majapidamise esemetelt ning muudelt kuriteo sooritamise vahenditelt); värvkatteproovi võrdluseks võtmisel tuleb jälgida, et kaasa tuleksid kõik värvkattekihid kuni aluspinnani välja. Soovitatav on võtta värvkatteproovid võimalikult suurte tükkidena ja vältida värvkatte liigset pudistamist või kraapimist (vt osa “Liiklusvahenditelt värvkatteproovide kogumine”).

Liiklusvahenditelt värvkatteproovide kogumine

Liiklusvahenditelt (nt sõiduauto, kaubik vm) võrdluseks värvkatteproovi võtmisel tuleb jälgida, et kaasa tuleksid kõik värvkattekihid kuni aluspin-nani välja.

Liiklusvahenditelt võtab (liiklus)politseinik värvkatteproovi vigastuse kohast. Kui see pole võimalik, siis võimalikult selle koha lähedusest või samalt detaililt, millega on toimunud kokkupõrge. Juhul kui seda kohta pole võimalik tuvastada, siis tuleb värvkatteproove võtta erinevatest kohtadest. Kui on palja silmaga näha, et objektile on tehtud värviparandused, siis tuleb värvkatteproov võtta mitmest kohast.

Liiklusvahendite detailid võivad erineda värvkattekihtide arvu ja kihtide koostise poolest. Näiteks pamperil (stangel) ei pruugi olla lakikihti ja aluskihti, autoukse sees võib värvikiht olla teise koostisega kui auto ülejäänud värv; autode värvimisel kaetakse autode teatud keredetailid korrosioonikaitsekihiga, ukseingi ümbrus aga kriipimisvastase kaitsekihiga, rattakoopa-serv kivikaitseservaga jm.



Kriipimisvastane kaitsekiht ja kivikaitseserv.

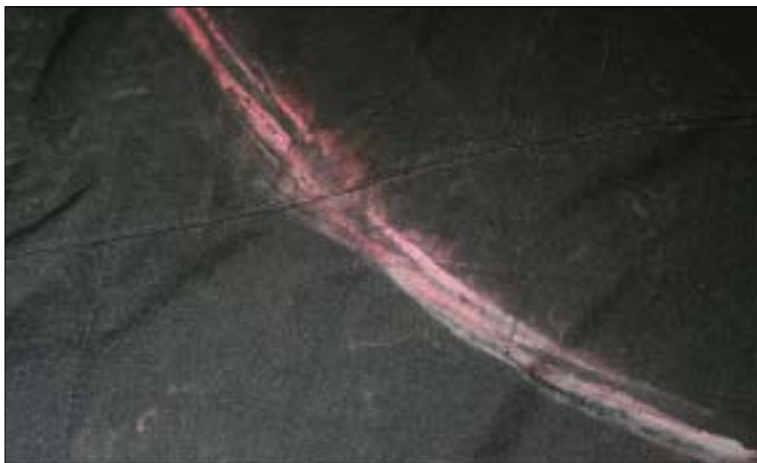
Mõnikord on ülekanud värvkatteladestused vaevumärgatavad. Sellisel juhul võiks võimaluse korral saata ekspertiisi auto detaili. Kui samas asjas on määratud ka liiklusekspertiis, siis vaatavad mõlema ala eksperdid liiklusvahendid üle ning värvkatteekspert võtab värvkatteproovi.

Objekti reklaamkleebistel olevate vigastuste puhul tuleks võrdlusproov võtta kleebiselt. Juhul kui tegu on määrdunud värviga (nt porine), võetakse võrdlusproovid eseme määrdumata värvkattega piirkonnast.

Objektid, millelt võetakse värviproovid, fotografeeritakse ning fotol märgistatakse ja nummerdatakse proovi võtmise kohad.

Riideesemetelt värvkatteproovide kogumine

Riideesemete puhul, millel on esmase visuaalse vaatluse käigus (selleks võib kaasata kriminalistikaspetsialiste) avastatud värvkatte hõõrdejälj (nt liiklusvahendilt löögi saanud jalakäija riideesemel), pööratakse tähelepanu esmastele võimalikele liiklusvahendi löögi kohtadele. Liiklusvahendilt saadud löögi kohtades tuvastatakse riideesemetel tavaliselt nähtavad muljumis- ja/või hõõrdejäljed.



Hõõrdejäljed riietel.

Riideesemete visuaalse vaatluse käigus

- kogutakse lahtised värvkatteosakesed hoolikalt kokku (nt pintsettidega), et võrrelda neid kahjustatud objektile alles jäänud värvkattega. Kantakse hoolt, et säiliksid lahtimurtud värvitükkide murdunud servad. Pakitakse nii, et välditakse suuremate osakeste purunemist. Kogutud proovid pakendatakse volditud märkmepaberisse ja paberümbrikusse või kasutatakse jäika taarat, näiteks suletavaid puhtaid plastmasstopse;
- värvkattega sarnased hõõrdejäljed kaetakse puhta paberiga, mis kinnitatakse niidiga või nõõpnõeltega ja seejärel pakendatakse riietusesemed paberkotti.

Märjad (ka veremärjad) riideesemed kuivatatakse enne ekspertiisi saatmist toatemperatuuril, sest niisked riideesemed lähevad pakis hallitama, hallitus segab värviladestuste avastamist ja hilisemat uurimist.

Objektid, millelt võeti värviproovid, fotografeeritakse ning fotol märgistatakse ja nummerdatakse proovi võtmise kohad.

METOODIKA

Kohtuekspertiisis rakendatakse värvi ja/või värvkatteladestuste tuvastamise meetodit, mis võimaldab mõõta ja võrrelda värvi omadusi. Ekspertiisiks esitatud objekte uuritakse stereomikroskoobi, infrapunaspektromeetri ehk FTIR-iga ja skaneeriva elektronmikroskoobiga ehk SEM-iga.

Tehnika areng on aidanud kaasa värvkatteekspertiisi arengule. Tänu värvide koostistes kasutatavate sideainete ja pigmentide laiale valikule on võimalik värvkatete koostist tuvastada erinevate meetoditega.

Värvkatete uurimine mikroskoopiliselt

Värvkatete uurimises on alati esimene etapp nende mikroskoopiline uurimine.

Värvkatteproove tuvastatakse stereomikroskoobi abil. Täpsemalt uuritakse värvkatteproovide järgmisi omadusi:

- kihtide järjestust ja arvu;
- iga värvkattekihi paksust, värvust, tekstuuri, vöörosi jm;
- pealispinna üldist välimust (läikiv, matt, pooriline, kortsuline, sile jm);
- pealispinna eritunnuseid (värvuse moonutused, lisandid, murenemised, efektpigmentiosakesed jm);
- proovitüki elastsust, jäikust jm;
- vöörladestuse olemasolu, selle värvust, tekstuuri jm eritunnuseid.

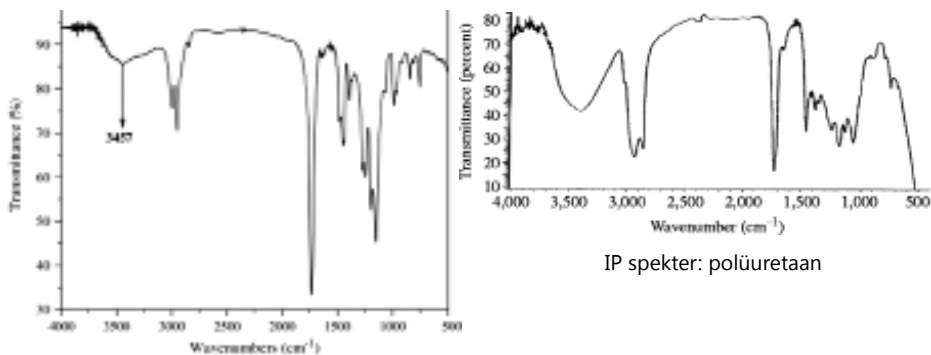
Uuritava ja võrdlusproovi võrdlemiseks tuleb mikroskoopiline võrdlusuuring teha nende ligilähedastes kogustes kõikide eelmainitud omaduste kohta. Vöörladestuses on tihti segunenud laki- ja värvkattekiht, mistõttu vöörladestusekihi värvus ei pruugi mikroskoopilisel vaatlusel alati määravaks olla, seega jätkatakse uuringuid tilkreaktsioonanalüüsi, FTIR-analüüsi ja elementanalüüsiga.

Tilkreaktsioonanalüüs

Tilkreaktsioonide käigus hinnatakse võrdlevalt uuritava ja võrdlusproovi värvuse tekkimist reaktiivil toimel (sarnane või erinev).

FTIR-analüüs

FTIR infrapunaspiktromeetri meetodiga identifitseeritakse värviproovide orgaanilisi täiteaineid, sideaineid ning anorgaanilisi ja orgaanilisi pigmente.



IP spekter: polüakrüül

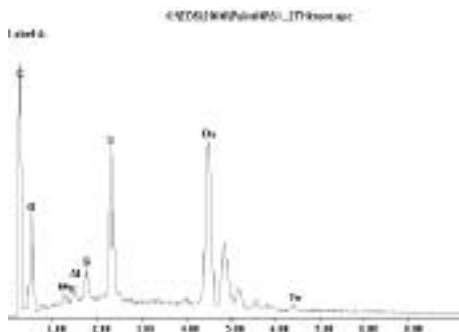
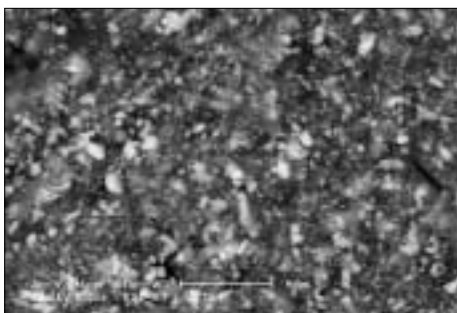
IP spekter: polüuretaan

Skaneeriv elektronmikroskoopia

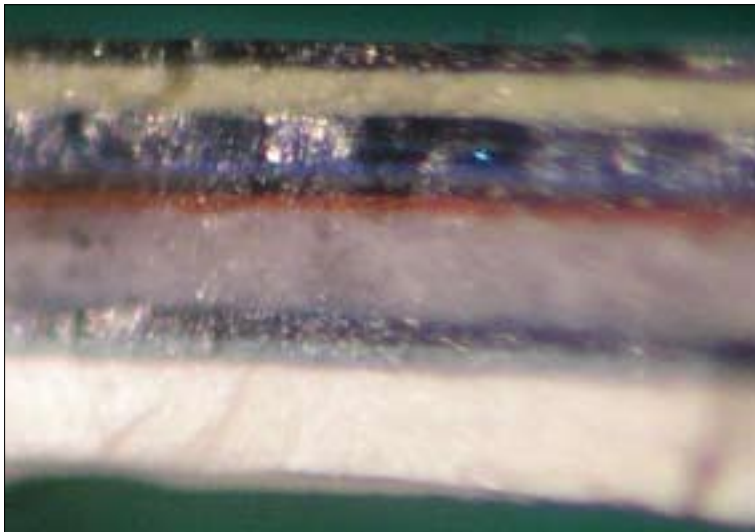
Skaneerivat elektronmikroskoopiat (SEM) kasutatakse värviproovides sisalduvate keemiliste elementide kvalitatiivseks määramiseks ning elementide kontsentratsioonide võrdlemiseks.

Skaneerivat elektronmikroskoopiat kasutatakse

- värvkatete värvi- või lakikihis olevate efektpigmentdiosakeste kuju vaatlemiseks ja koostise analüüsimiseks;
- värvkattekihtides sisalduvate keemiliste elementide kvalitatiivseks määramiseks ning elementide kontsentratsioonide poolkvantitatiivseks võrdlemiseks;
- ristlõike kihtide detailiseeritud vaatlemiseks, mis võimaldab tuvastada värvkatteproovi kihtide arvu ja paksust.



Värvkattekihst SEM foto ja värvkattekihi elementanalüüs.



Värvkatteproovi ristlõige.

KÜSIMUSED EKSPERDILE

Tüüpilisemad küsimused värvkatte ekspertiisi puhul on järgmised:

- Kas esitatud objekt on värvkatteosake?
- Kas esitatud objektil (nt riietel) leidub värvkatteosakesi või -ladestusi?

Võrreldavate objektide ühtse liigilise kuuluvuse määramiseks võimalikud esitatavad küsimused on järgmised:

- Kas sündmuskohalt leitud värvkatteosakesed on samaliigilised kahtlustatava sõiduauto Opel Vectra, registrinumber 123 ABC, parempoolse poritiiva värvkattega?
- Kas ekspertiisiks esitatud sõiduautolt Audi A8, registrinumber 111 AAA, võetud värvkatteproov on samaliigiline kaubikult Ford Transit, registrinumber 999 VVV, võetud värvkatteprooviga?

Riidesemete puhul esitatakse näiteks järgmised küsimused:

- Kas kannatanu riidesemetel esineb värvkatteosakesi? Kui jah, siis missuguseid?
- Kas kannatanu riidesemetel olevad värvkatteosakesed võivad pärineda liiklusõnnetuses kahtlustatava auto värvkattest?

Ekspertiisi tegemiseks esitatavad ja võrreldavad objektid määratletakse küsimustes alati täpselt.

Küsimuste esitamine värvkatete, värvkatteosakeste ja värvide keemilise koostise kohta ei ole otstarbekas, välja arvatud juhul kui kriminaalasja asjaoludest lähtuvalt on vaja keemilist koostist uurida.

EKSPERDIARVAMUS

Värvkatteekspertiis on kriminalistikaekspertiis, mille lahendamisel rakendatakse mitmesuguseid materjaliuuringuid. Kriminalistika identifikaatiooni-teooriast lähtuv väljend “keemiliselt koostiselt identne” ei ole kriminalistika mõistes võrdväärne identsusega. See on seletatav asjaoludega, et värvitooted on masstoodang ja me ei tea, kui suures ulatuses ja koguses ühesuguse koostisega värve ja värvkatteid on olemas. Seepärast ei ole paljudel juhtudel võimalik tuvastada võrreldavate värvkatete päritolu konkreetsest objektist, vaid ainult suuremast kogumist ja samasuse tuvastamine jääb liigilise kuuluvuse tuvastamise tasemele.

Kui esitatud objektid võimaldasid kasutada kõiki ekspertiisiliigi uurimis-meetodeid ja tulemused on kokkulangevad, antakse arvamus kujul: “Võrreldavad objektid on samaliigilise kuuluvusega kõikide võrreldavate tunnuste (kihtide arv, nende värvitoon, struktuur, paksus, sideaine ja keemiline koostis jne) poolest.”

Kategoorilise positiivse arvamuse värvkatteproovide ühtse päritolu kohta võib anda, kui võrreldavatel värvkatteproovidel esinevad peale ühesuguste liigitunnustele veel mingid ühesugused individualiseerivad nn (eri)tunnused (nt ebatavaline pinnatekstuur, erilised ladestused/määrduused/kriimustused, tavalisest erinev kihtide arv ja iseloom – nt parandatud/üle värvitud värvkate).

Esemete omavahelise kontakti tuvastamine on võimalik, kui mõlemale arvatavas kontaktis olnud objektile on üle kandunud teise objekti värvkattega samaliigilisi värvkatteladestusi. Näiteks kui omavahel kokku põrganud sõiduautodelt leitakse kummaltki teise osapoole värvkatteosakesi (st vastastikku ülekandunud värvkatteosakesi) või sõrgkangilt leitakse uksepiida värvkatteosakesi (ja vastupidi), antakse arvamus kujul: “Võrreldavad objektid on olnud omavahel kontaktis.”

Kui mõni uuritud omadustest on erinev võrdlusmaterjalist, siis hinnanguskaalat ei kasutata ja arvamus esitatakse kujul: “Võrreldavad värvkatted ei ole samaliigilised (st on erinevad).”

Juhul kui värvkatteproov oli liiga määrduanud, teise värvkattega segunenud (nt löögi tagajärjel) või mingil muul põhjusel ei olnud seda võimalik uurida, siis antakse arvamus kujul: “Värvkatteproov oli liiga kahjustunud, et seda oleks olnud võimalik identifitseerida.”

Värvkatteosakeste alusel ei saa öelda, mis värvi või mis marki autolt need pärinevad. Siingi on erandjuhud, näiteks siis, kui sündmuskohalt leitakse suur värvkattetükk, milles on esindatud kõik värvikihid. Siis on teoreetiliselt võimalik välja selgitada, mis marki liiklusvahendilt see võis pärit olla, muidugi juhul, kui tegemist oli originaalvärvkattega.

Värvkatteekspertiisiga ei pruugi alati leida lahendust kontakti toimumise kohta, kuid samaliigilisuse tuvastamisel annab see mitmekülgse uurimise seisukohalt juurde nii liiklus-, jälje kui ka DNA-ekspertiisi tulemustele.

KOKKUVÕTE

Värvkatteekspertiisi meetodeid tuleks täiustada eesmärgil, et nende abil saaks paremini uurida mikrokoguseid ning väheneks uurimiseks kuluva aja ja rutiinse töö osakaal. Suurt tähelepanu tuleks pöörata meetodite standardiseerimisele ja tulemuste esitamise parandamisele.

Uue tehnikaga peaks saama värvkatteproove täpsemini võrrelda, et oleks võimalik uurida värvkatete uusi individualiseerivaid tunnuseid ja tänu sellele suureneks värvkatete väärtus tõendusmaterjalina. Uued tehnilised vahendid võiksid olla näiteks järgmised:

- ekraaniga varustatud võrdlusmikroskoop, millega saadakse võrreldavate värvkatete kujutised ekraanile ühel ajal, mis annab võimaluse värvkatete võrdlemiseks ühel ajal, samuti annab see diskussioonivõimaluse;
- andmebaas European Car Automotive Paint (EUCAP), mis annab võimaluse mõõdetud infrapunaspektrite põhjal välja selgitada originaalvärvkattega sõiduautode mark ja väljalaske aasta.

Autovärvide arengusuunad viitavad tulevikus isepuhastuvatele ja kriimustustest tasanduvatele värvidele.

Uue põlvkonna värvid sisaldavad toimeaineid, mis kaitsevad puitu mikroorganismide (nt hallituse ja vetikate) leviku vastu.

Ekspertiisi- ja kriminalistikaalase tegevuse arengule aitab kaasa ekspertide koolitamine (nt ENFSI värvkattegrupi iga-aastane kohtumine, töögruppides osalemine jm) ja menetlejatele koolituste ning praktiliste ülesannete korraldamine, et parendada värvkatetega seonduvat uurimist kuriteopaigal.

Kasutatud kirjandus

- ENFSI European Paint Group, EUCAP (European Collection of Automotie Paints) Training Course, Germany. November 2008.
- Kriminalistikaekspertiis Eestis 1918–2011, Tallinn 2011, lk 156.
- Caddy, B. Forensic Examination of Glass and Paint. London: Taylor & Francis, 2001.
- Signe Vahuri, FT-IR spektroskoopia võimalused ja piirangud kunstiojektide uurimisel, magistritöö. Tartu 2005, lk 106.
- Sepp, K. Värvusõpetus ja kompositsioon, http://www.hariduskeskus.ee/opiobjektid/varvusopetus/vrvi_ajalugu.html. Vaadatud 30.08.2011.
- Automaaler. Autode värvimise ajalugu: <http://www.automaaler.ee/vana/ajalugu.htm>. Vaadatud 10.10.2011.
- Hoonete värvimine. Ajalugu, värvitüübid ja ettevalmistustööd. <http://www.nokitse.ee/failid/pdf/hoonete%20varvimine%20ajalugu%20ettevalmistamine.pdf>. Vaadatud 10.10.2011.
- Värvimaailm. <http://www.varvimaailm.ee/default.asp?ID=1314>. Vaadatud 01.09.11.
- Värvipigment. Vikipeedia (06.01.2011). <http://et.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4rvipigment>. vaadatud: 03.09.2011.
- Sündmuskoha tehnilise uurimise käsiraamat. Nõuandeid esimesena kohale saabunud politseinikule. Juhised kriminalistidele ja teistele politseiametnikele. Tallinn: Rootsi Kriminaaltehnika Laboratoorium, 2001. 118 lk.

LASUJÄÄGIEKSPERTIIS

Meelis Toomet

Tulirelva kasutamisega on seotud enamasti rasked kuriteod, mistõttu tuleb uurida põhjalikult peale tulirelva ka kõiki tulirelva tekitatud jälgi. Tulirelva ja selle kasutamisega on seotud hulk kriminalistikaekspertiise ja ekspertiisi-meetodeid. Näiteks kuulil ja padrunikestal olevate mehaanilise tekkega jälgedele identifitseerimine ühendab need konkreetse relvaga, DNA- ja sõrmejäljeekspertiis proovib tuvastada relvaga kontaktis olnud isikut. Lähilaskude puhul saab hinnata lasu kaugust. Kuid see ei ole veel kõik.

Tulirelvast laskmisel jääb ümbritsevatele objektidele palja silmaga nähtamatu jälg, mida nimetatakse lasujääkideks. Selle jälje tuvastamiseks ja võrdlemiseks kasutatakse lasujäägiekspertiisi. Lasujäägiekspertiisi meetod on välja töötatud eelkõige vajadusest tuvastada jälge, mis jääb tulirelva kasutajale, kuid see on kasutatav ka muude objektide korral. Ühest vastust küsimusele, kes vajutas päästikule ehk kas kahtlusalune on kasutanud tulirelva, ei saa paljudel juhtudel siiski lasujäägiekspertiisi abil anda. Lasujääkide jälg jääb mitte ainult tulistajale, vaid kõikidele ümbritsevatele objektidele, sealhulgas kõrvalseisjatele. Samuti võib toimuda lasujääkide hilisem kontaminatsioon.

Kahtlusaluselt leitud lasujäägid ei pruugi pärineda uuritava kuriteosündmuse käigus toimunud lasust, vaid eelnevatest laskudest või ainult kokkupuutest tulirelvadega. Siiski on lasujäägid teiste jälgedele hulgas üks oluline jäljeliik, mille olemasolu või puudumine võib sõltuvalt juhtumi asjaoludest ja ütlustest osutada kaalukaks tõendiks. Seda näiteks juhtudel, kui DNA ja sõrmejälgedele uurimine ei anna tulemusi. Samuti ei ole kõik lasujäägid ühesuguse koostisega ning võivad sisaldada konkreetsele laskemoonale iseloomulikke eritunnuseid. See asjaolu annab võimaluse eritunnuseid võrrelda ning näiteks lasujääkide ühise päritolu välistada. Lasujäägiekspertiisi abil proovitakse leida kinnitust enesetapuversioonile või vastupidi – viiteid mõrvaversioonile. Lasujääkide kindlakstegemist peetakse tänapäeva meetodeid kasutades piisavalt spetsiifiliseks ja usaldusväärseks.

Lasujäägiekspertiisi kasutatakse peamiselt tulirelva jälje tuvastamiseks tulistamises kahtlustatava isiku kätelt või riietelt. Harvem kasutatakse tulirelva jälje tuvastamist objektidelt, et kindlaks teha kohta, kus tulistamine aset leidis. Lasujäägiekspertiisi ülesanne ei ole lasukauguse hindamine – selleks kasutatakse tulirelvaekspertiisi meetodeid.

Lasujääkideks nimetatakse spetsiifiliste tunnustega mikroskoopilisi osa-

kesi, mis paiskuvad tulirelva kasutamise käigus relvast välja ja ladestuvad ümbritsevatele objektidele, kaasa arvatud tulistaja kätele ja riitele. Lasujäägiosakeste hulgas on põlenud või poolpõlenud püssirohuosakesi, kuuli materjali osakesi, padruni süütesegu põlemisjääkidest pärinevaid osakesi, tahma, relvaõlijääke, relvatoru materjali osakesi. Lasujääkide tuvastamiseks kasutatakse peamiselt süütesegu põlemisjääkidest ja kuuli materjalist pärinevaid osakesi. Süütesegu põlemisjäägid on spetsiifilise koostisega ja iseloomulikud ainult tulirelva padrunile. Samas ei ole neid tavaliselt võimalik eristada nn paukpadruni (pihtamislaenguta) põlemisjääkidest ning seetõttu võivad erijuhtudel nn lasujäägid pärineda ka relvast, mis ei ole tulirelv.

LASUJÄÄKIDE JÄLJE TEKKIMINE

Tulirelva kasutamisel paiskub tulirelvast välja iseloomuliku koostisega lasujäägi osakesi sisaldav gaasipilv. Relvast väljudes kondenseeruvad algselt auruks muutunud olekus lasujäägid kiiresti mikrokoopilisteks kerakujulisteks osakesteks. Kerajas kuju on põlemisjääkide üks iseloomulik morfoloogiline tunnus. Enamik lasujääkidest väljub relvatoru suudmest ning sihtmärgile jäetud jälge kasutatakse lähilasu korral lasukauguse hindamisel (tulirelvaekspertiisi meetod). Relvatoru suudmest väljuvad lasujäägid levivad ka kõige kaugemale (vähemalt üks meeter, sõltuvalt relva tüübist rohkemgi). Osa põlemisjääkide gaasist väljub padrunitõrjehõltsi (pilude) kaudu, jättes jälje tulirelva kasutaja kätele ja riitele või näiteks püssi kasutamisel näole. Peab arvestama, et mitte kõik tulirelva tüübid ei pruugi tulistaja kätele jälge jätta. Teadaolevalt jätavad tulistajale tugeva jälje püstolid ja revolverid, samas mitteamootaatsed jahi- ja vintpüssid ei pruugi tuvastatavat jälge jätta. Lasujäägiosakesed püsivad tulistaja kätel ja riitel mõnda aega. Tavalise elutegevuse käigus kaob enamik lasujäägiosakesi kätelt paari tunni jooksul. Riitel, surnukehadel ja objektidel sõltub lasujääkide säilimine välismõjudest (vihm, pesemine). Välismõjude puudumisel (nt kui riitusesemeid edaspidi ei kasutata) säilivad lasujäägid objektidel pikka aega ega lagune. Lasujääkide kindlakstegemiseks tuleb kahtlusaluse kätelt proovid võtta võimalikult ruttu. Tavaliselt kasutatakse ühe isiku puhul kahte proovi, üks võetakse paremalt ja teine vasakult käelt. Tulirelva jälje kindlakstegemiseks kasutatakse elektronmikroskoopia ja mikroanalüüsi meetodeid, millega tuvastatakse kahtlusaluse käelt võetud proovilt lasujääkidele iseloomulikud mikroosakesed.

AJALUGU

Esimesteks tulirelvadeks võib pidada kahureid, sealhulgas väikesemõõtmelisi käes hoitavaid kahureid, mille kasutusaeg jääb XIV sajandisse. Püssirohu süütamine löökmehhanismiga, kasutades elavhõbefulminaadil põhinevat süütesegu, leitud 1805. aastal (Wallace 2008: 15). Kriminallistika ajalugu on tunduvalt hilisem. Tulirelva jälje ehk lasujääkide tuvastamise ajaloost on teada püssirohus sisalduvate nitritite ja nitraatide kindlakstegemine värvusreaktsiooniga alates aastast 1911. Aastal 1914 kasutas Kuubalt pärit doktor Iturrioz riietelt püssirohujälgede proovi võtmiseks parafiini. Parafiini kasutamise tõttu nimetati meetodit parafiinikatseks. 1922. aastal kirjeldas doktor Benitez (samuti Kuubalt) sarnast meetodit kahtlusaluse käte parafiini abil püssirohu jälgede võtmiseks. 1931. aastal täiendas Teodoro Gonzales (Mehhiko) Iturrioz testi ja demonstreeris samuti selle kasutamist proovide võtmiseks käte. Kahtlusaluse käele kanti sulaparafiin, mille hangudes saadi tõmmis. Parafiinitõmmise pinda töödeldi seejärel keemiliselt, saades nitritite ja nitraatide olemasolul värvusreaktsiooni. Samal katsel oli ka teisi nimetusi – difenüülamiini katse, *dermal nitrate*'i katse, Gonzalese katse.

Põhjalikumad katsed näitasid siiski meetodi vähest spetsiifilisust ehk valepositiivseid tulemusi, millele Föderaalne Juurdlusbüroo (FBI) aastal 1935 tähelepanu juhtis. Positiivseid tulemusi võisid muuhulgas anda näiteks tubakas, tubakatuhk, kosmeetikavahendid, mõned värvid, uriin ja nitraate sisaldavad ained. Ametliku otsusega loobuti parafiinikatse kasutamisest tõendusmaterjalina Interpoli kongressil Pariisis 1968. aastal. 1960ndatel algas uurimustöö, et värvusreaktsioonide kaudu kindlaks teha tulirelvast pärinevaid metalle sisaldavaid osakesi (Harrisoni ja Gilroy meetod). Prooviti tuvastada plii, baariumi ja antimoni olemasolu, mis pärinevad padrundi süütesegust ja kuuli materjalist. Meetodi puudus oli vähene tundlikkus. Proov võeti selle meetodi jaoks alkoholis niisutatud tampooniga. Vähemal määral katsetati erinevaid spektroskoopilisi meetodeid, mille puudusteks jäid liigne keerukus ja vähene kättesaadavus. (Wallace 2008: 106–110.)

Läbimurre sobiva analüüsimeetodi otsingul saabus siis, kui prooviti mikroosakesi elektronmikroskoobiga analüüsida. Seda lasujääkide analüüsi meetodit kasutatakse kõige enam tänapäevani. Meetod tuvastab samuti metallilisi elemente ning võimaldab analüüsida ja vaadelda üksikuid mikroosakesi eraldi. See omakorda võimaldab tuvastada lasujääkidele iseloomulikke lisatunnuseid, mis parandab tulemuste usaldusväärsust. On võimalik loendada proovil leiduvate lasujäägi osakeste arvu ning seeläbi hinnata, kas lasujäägi jälg on tugev või nõrk. Meetod võimaldab vaadelda osakeste kuju ehk morfoloogilisi tunnuseid, mis on selle meetodi eelis võrreldes varasemate keemiliste meetoditega. Esimene mahukas elektronmikroskoopia meetodi baasuuring tehti 1977. aastal Ameerikas, Aerospace Corporationis, mis jäi pikaks ajaks kriminallistikalaborite metoodikate aluseks. Elektronmikroskoopia meetod

oli algselt samuti keerukas ja aeganõudev, kuna suurtel suurendustel tuli kogu proovi pind mikroskoobi abil manuaalselt läbi otsida. Seoses personaalarvutite kasutuselevõtmisega automatiseeriti proovi skaneerimine ja töötati välja eriotstarbelised tarkvarad, mis oluliselt vähendasid eksperdi käsitsitööd. Ühe proovi analüüsimiseks kulub tavaliselt siiski 2–3 tundi.

Laskemoona hulka on lisandunud uue koostisega raskemetallivabad süütesegud, mille tuvastamine on keeruline. Püssirohujälgede tuvastamist tulistaja käelt kasutatakse suhteliselt vähe.

Eestis alustati lasujäägiekspertiisi tegemist 2002. aastal, kui Kohtuekspertiisi ja Kriminalistika Keskusesse hangiti skaneeriv elektronmikroskoop koos lasujäägianalüüsi tarkvaraga. Varem telliti lasujäägi analüüsid (mida määrati suhteliselt harva) Soome Keskkriminaalpolitsei Kriminalistikalaborist.

LASUJÄÄGIEKSPERTIIS

Lasujäägiekspertiisi kasutatakse tulirelva kasutamise seotud juhtumite uurimisel. Tüüpilised olukorrad, mis võivad selliste juhtumite menetlemisel ette tulla, on järgmised:

- Tulistamises kahtlustatav tabatakse vähem kui kuue tunni möödudes tulistamise juhtumist. Lasujäägiproovid võetakse kahtlusaluse käelt. Tulemuste tõlgendamisel peab arvestama, et enamik lasujäägi osakesi hävib tulistaja käelt tavalise elutegevuse käigus esimeste tundide jooksul. Tähelepanu tuleb pöörata asjaoludele, kas kahtlusalune võis puhastada käsi või kasutada kindaid. Üle kahe tunnise ajavahemiku puhul on soovitatav võtta lisaproovid riietelt (varruka otstest).
- Kahtlusalune tabatakse rohkem kui kuue tunni möödudes ja leitakse kahtlusalusel arvatavalt kuriteo ajal seljas olnud riided. Proov võetakse varrukaotstelt või saadetakse üleriided laborisse, isoleerides varrukaotsad eelnevalt paberikottidesse. Puutumatuna säilitatud riietelt lasujäägid ei hävine.
- Enesetapaversiooni asjaolude selgitamine. Võimaliku mörva välisitamiseks võetakse proovid nii kannatanu kui ka kahtlusaluse käelt. Arvestama peab asjaoluga, et mörva korral võib ka kannatanu kätel leiduda lasujääke. Kui tulistatakse lähidistantsilt, võivad kannatanu käed jääda relvatoru suudmest väljuva lasujäägililve sisse. Lasujääkide puudumine kannatanu kätel seab enesetapaversiooni suure kahtluse alla, välja arvatud juhtudel, kui seda ei saa seletada relva tüübist või asendist tingitud iseärasustega, lasujääkide hävimisega välistingimuste tõttu või proovi võtmisega verrega kaetud nahalt.
- Tulistamise asukoha tuvastamiseks võetakse proovid ümbritsevatelt objektidelt. Tugev jälg võib leiduda kuni ühe meetri raadiuses tulirelvast.

KUIDAS LASUJÄAGIEKSPERTIISI TULEMUSI KASUTADA

Suurim tõenduslik väärtus on tulemusel, kui kahtlusaluse käteelt leitakse oht-ralt lasujäägiosakesi ehk tugev jälg. Selline tulemus viitab tulirelva kasutamisele ning juhuslik kontamineerumine ei ole tõenäoline. Kui lasujäägiosakesi leidub kas üksikuid või vähesel määral, ei saa tavaliselt välistada kontamineerumist ning sellisel tulemusel ei ole suurt tõenduslikku väärtust. Erandjuhtudel võib nõrk jälg osutada siiski oluliseks, kui näiteks kahtlusalusel ei ole tavaelus teadaolevalt vähimatki kokkupuudet tulirelvadega (vastuolu – kontaminatsiooni ei tohiks leiduda). Sageli tulirelva kasutataval, tulirelva omaval või kandvatel isikutel leidub tavaliselt kätel ja riietel üksikuid lasujäägi osakesi ehk nõrk jälg. Objektide korral näitab tugev lasujäägi jälg samuti, et lähiümbruses (ligikaudu ühe meetri raadiuses) on toimunud tulistamine. Nõrk jälg võib tähendada muuhulgas üksnes kontaminatsiooni.

Kokkuvõtvalt võib loetleda järgmised asjaolud, millega peab arvestama lasujäägiekspertiisi tulemuste tõlgendamisel.

- Teatud tulirelvatüübid ei pruugi tulistaja kätele ja riietele jälgi jätta. Nendeks on näiteks jahipüssid, vintpüssid ja muud mitteautomaatsed relvad.
- Tulirelva jälg säilib kätel välismõjude tõttu piiratud aja (kuni kuus tundi). Lasujäägid hävivad pesemisel kohe.
- Lähidistantsi korral võib lasujälgi leida nii tulistaja kui kannatanu käteelt.
- Tavaliselt ei ole võimalik eristada paukpadruni jäetud jälge pihtamisaenguga padruni jäljest.

Lasujäägiekspertiisi määramiseks vajalike proovide kogumise vahendid sõltuvad teatud määral labori kasutatavast meetodikast ja seadmetest ning see tõttu varustab kriminaliste proovivõtmise vahendite ja vastavate juhistega ekspertiisiasutus. Elektronmikroskoopia ja elementanalüüsi meetodi tarbeks kasutatakse lasujäägiproovide võtmiseks spetsiaalseid proovitopse. Proov võetakse proovitopsi alusel paikneva teibitükiga. Proovide võtmise juures tuleb erilist tähelepanu pöörata kontamineerumisohule. Lasujäägi analüüsi meetod on tundlik ja võib tuvastada ka tulirelvade, laskemoona ja hülsside käsitlemisel kätele üle kandunud lasujäägiosakesed. Proovi võtmisel tuleb jälgida, et proovi võtja ei oleks ise eelnevalt tulirelva kasutanud. Proovi võtja peab oma käed pesema ja kasutama ühekordseid kindaid. Proovipurk avatakse ainult proovi võtmise ajaks ja suletakse kohe pärast proovi võtmist. Tulirelvi, nende osi, laskemoona ja hülse tuleb asitõendite kogumisel käsitleda ja pakkida rangelt eraldi.

Oluline on dokumenteerida järgmine informatsioon:

- millal sündmus toimus (kuupäev, kellaeg);
- millal proovid võeti (kuupäev, kellaeg);

- kust proovid võeti (käed, kehapiirkond, objektid);
- kasutatud tulirelva tüüp;
- mitu lasku sooritati;
- kas esines kõrvalekaldeid proovi võtmise nõuetest või tingimustest;
- kas tulistamine toimus siseruumides või välitingimustel;
- kas kahtlusalune on teadaolevalt enne proovide võtmist käsi puhastanud;
- millistes tingimustes on hoitud surnukeha ja kas seda on eelnevalt puhastatud;
- kuidas on kahtlusaluse riideid pärast sündmust hoitud ja kasutatud.

LASUJÄÄGIPROOVI VÕTMINE

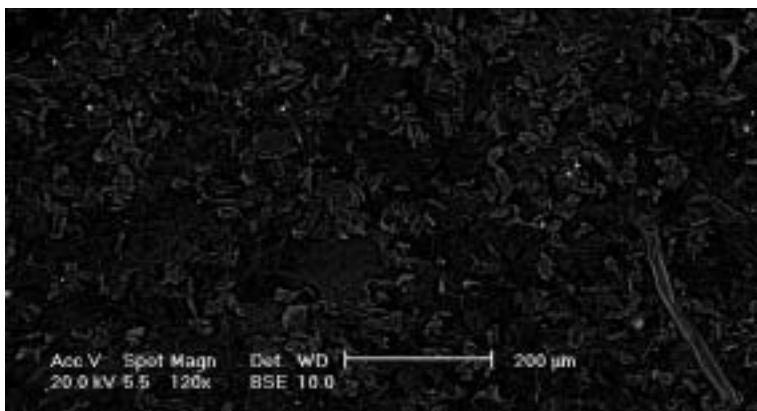
Lasujäägiekspertiis algab proovide võtmisega. Jälgede õige fikseerimine on oluline ja kriitiline etapp, millest lõpptulemus võib paljuski sõltuda. Proovide võtmiseks on olemas kriminalistikavahenditena turustatavad spetsiaalsed komplektid või kriminalistikalaboris komplekteeritud proovitopsid. Lasujäägiproovide võtmise komplektid sisaldavad lühijuhendit, kindaid, silte proovide tähistamiseks, vormi andmete dokumenteerimiseks ja proovitopse. Proovitopsi alusel paikneb teibitükk, mida korduvalt vajutatakse uuritava piirkonna eri punktidesse, kogudes niiviisi teibile objekti pinnal leiduvad mikroosakesed. Teibiga vajutatakse seni, kuni liimimisvõime on kadunud, st ligikaudu 50 korda. Proovide võtmisel tuleb rangelt vältida kontamineerumist. Riietelt võetakse proovid tavaliselt laboris. Proovitopsile kirjutatakse isiku nimi, kellelt proov võeti; koht, kust proov võeti (nt parem või vasak käsi), kuupäev ning kellaeg. Lasujäägiekspertiisi tegemiseks läheb tarvis sündmuse käigus kasutatud padrundi kesta. Padrunikesta puudumisel on võimalik võrdlusproov võtta tulirelvast või lähilasu korral lasuviigastuse ümbrusest.



Lasujäägi proovitops, noolega on näidatud teibitükk.

METOODIKA

Eksperitiisimeetoodika põhineb prooviks oleva teibitüki vaatlusel ja sellel leiduvate mikroosakeste analüüsimisel elektronmikroskoobiga. Meetoodika eesmärk on kindlaks teha, kas teibitükil leidub lasujääkidele iseloomulike tunnustega mikrokoopilisi osakesi või mitte. Lasujäägiosakeste läbimõõt on enamjaolt vahemikus 1–10 μm (juuksekarva läbimõõt on ligikaudu 100 μm). Proovipinna vaatlemisel kasutatakse ära asjaolu, et elektronmikroskoobi kujutisel paistavad raskemaid metallilisi elemente, nagu näiteks pliid, baariumi, antimoni, rauda ja vaske, sisaldavad osakesed heledate täppidena tumeda süsinikteibi taustal. Proovi pind skaneeritakse mikroskoobi all mitmesajakordse suurendusega ning selekteeritakse välja teatud heleduseläve ületavad osakesed, kasutades kujutise töötlust.



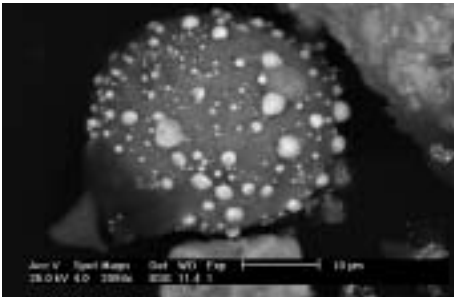
Lasujäägi proovi pind elektronmikroskoobis, heledad punktid on raskemaid metallilisi elemente sisaldavad osakesed.

Elektronmikroskoobi külge paigaldatud röntgenkiirguse analüsaatoriga analüüsitakse proovil leiduvate mikroosakeste keemiliste elementide sisaldust. Elektronkiirt on võimalik koondada väga väikeseks punktiks ning seetõttu on võimalik analüüsida kuni 0,5 μm suuruse läbimõõduga osakeste koostist. Samas alla 1 μm suurustel osakestel ei pruugi enam olla kõiki lasujääkide äratundmiseks vajalikke tunnuseid ning väiksemate osakeste uurimine oma enam suurt tähtsust. Proovil on tavaliselt tuhandeid huvipakkuvaid osakesi, mille manuaalne analüüsimine nõuaks väga palju aega. Seetõttu on kriminalistikalaborite jaoks välja töötatud spetsiaalsed tarkvaralahendused, mis võimaldavad arvuti juhtimisel proovil leiduvat suurt hulka mikroosakesi automaatselt analüüsida. Enamik proovil leiduvatest osakestest on tavaliselt ümbritsevas keskkonnas esinevad näiteks rauda, vaske, ehtmetalli jms sisaldavad osakesed. Lasujääkidele iseloomuliku koostisega osakesed selekteeritakse välja automaatse analüüsi tulemuste põhjal.

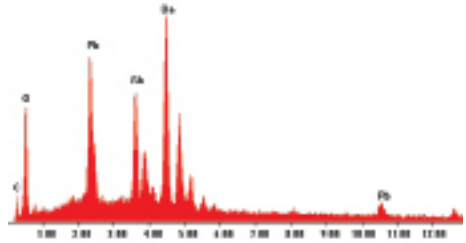


Skaneeriv elektronmikroskoop Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis.

Lasujäägiosakesed tuvastab lõplikult ekspert vaatluse ja manuaalse kordusanalüüsi abil. Lasujäägi osakestel on kaks tunnust: morfoloogiline ehk kuju tunnus ja koostise tunnus. Kuju tunnuseks on põlemisjääkidele iseloomulik kera kuju ja tilgakujulised laigud osakese pinnal. Koostise tunnusteks on lasujääkidele iseloomulike elementide kombinatsioonid.



Iseloomulike morfoloogiliste tunnustega lasujäägi osake elektronmikroskoobis.



Lasujäägile iseloomulik röntgenkiirguse spekter, piigid on tähistatud vastava keemilise elemendi sümboliga.

Erinevate padrunite tekitatud lasujääkide koostis varieerub, mistõttu padrunikesta olemasolul analüüsitakse alati selles leiduvate lasujääkide koostist ning võrreldakse kätelet leitud lasujäägi osakeste koostisega. Selgete erinevuste korral võib lasujääkide päritolu uuritavast padrunikestast välistada, samas peab arvestama, et eksisteerib n-ö mäluefekt. Mäluefekt seisneb selles, et lasujäägid võivad olla segunenud eelnevalt kasutatud padrunitest pärinevate erineva koostisega lasujäägiosakestega, mis raskendab nende võrdlemist ja eristamist konkreetse padrunikesta põlemisjääkidest. Üldjuhul ei ole võimalik lasujääkide koostise põhjal viidata mõnele kindlale padrunitübile

või valmistajatehasele. Ühesuguse koostisega süütesegu võidakse kasutada eri tüüpi padrunites. Samas võib esineda erijuhte, kui padruni põlemisjääkides leidub mõni harvaesinev eritunnus või näiteks omavalmistatud tulirelva konstruktsiooni eripärast tulenev lisatunnus. Mõnes riigis märgistatakse politsei kasutatav laskemoon, lisades süütesegusse markerelemente.

Kõige sagedamini esinevad keemilised elemendid lasujäägi koostises on plii, baarium ja antimon. Need pärinevad nn *sinoxid*-tüüpi süütesegust, mille põhikomponendid on pliistüfnaat, antimonsulfiid ja baariumnitraat. Seda tüüpi süütesegudes võidakse kasutada lisandeid, mis lasujääkides kajastuvad lisaelementidena, nagu näiteks alumiinium, tina (pärineb süütekapslit katvast tinafooliumist), tsirkoonium. Antimonsulfiidi asemel kasutatakse ka kaltsiumsilitsiidi. Vanemates padrunites võib leiduda elavhõbefulmiinaadil ehk paukelavhõbedal põhinevat süütesegu, mille lasujäägid sisaldavad näiteks antimoni, tina, väävlit, kaaliumit ja kloori (elavhõbe lendub). Järjest rohkem hakatakse kasutama nn pliivaba ja raskemetallivaba uue koostisega süütesegusid, mis võivad sisaldada erinevates kombinatsioonides titaani, tsinki, vaske, alumiiniumi, kaaliumi ja räni.

Näited lasujääkide koostistest ja padruni markeeringutest

Padruni markeering, valmistajatähis	Keemiliste elementide sisaldus lasujäägi osakestes
LAPUA	Pb, Ba, Sb, Al
C B C	Pb, Ba, Sb, Al
LAPUA	Pb, Ba, Ca, Si
G.F.L.	Pb, Ba, Sb, S
S&B 38 SPECIAL	Pb, Ba, Sb, Sn
9mm Mak	Pb, Ba, Sb, Sn, Zr
DAG99B0704 9X19SX	Ti, Cu, Zn
38 82	Hg, Sb, Sn, K, Cl

Lasujäägiekspertiisi akti kirjeldav osa on tavaliselt lühike. Loetletakse kõik ekspertiisiks esitatud proovid ja esemed ning esitatud sündmusega seotud andmed, nimetatakse kasutatud meetodikad ning võetakse kokku uuringu ja analüüside tulemused. Täpsem analüüsi protseduur ja põhimõtted, millest lähtutakse järeltulete tegemisel, on dokumenteeritud meetodika kirjelduses labori kvaliteedisüsteemi dokumentatsioonis ning ekspertiisiakti kirjeldavas osasse seda ei lisata. Proovide analüüsi tulemustest järeldatakse, kas proovil leidub lasujäägiosakesi või mitte ning kas nende koostis vastab sündmuskohalt võetud padrunistest või tulirelvas leiduvatele põlemisjääkidele.

EKSPERDIARVAMUS

Lasujäägi proovide analüüsi tulemusena saadakse teada, kas ja kui palju sel-
lel lasujäägile iseloomulikke osakesi leidub. Üldjoontes ütlevad tulemused,
kas proovil leidub lasujääke või mitte ehk kas uuritud pinnal leidub jälg või
mitte. Leidumise korral kujundatakse osakeste arvu põhjal eksperdiarva-
mus, kas tegemist on tugeva või nõrga jäljega, millest omakorda sõltub tu-
lemuse kaalukus tõendina.

Eksperdiarvamuses väljendatakse leitud lasujäägi osakeste kogust tavali-
selt järgmise nelja astmega.

1. Proovil leidub **üksikud mikroosakesi**, mis on iseloomulikud tulirelvast pärinevatele põlemisjääkidele. See tähendab, et proovilt leiti 1–3 lasujäägiosakest ning on võimalik, et need on sattunud sinna kontaminatsiooni käigus.
2. Proovil leidub **vähesel määral mikroosakesi**, mis on iseloomulikud tulirelvast pärinevatele põlemisjääkidele. See tähendab, et proovilt leiti 3–5 osakest ehk nõrk jälg ning päritolu ainult kontaminatsioonist pole kuigi tõenäoline.
3. Proovil leidub **mikroosakesi**, mis on iseloomulikud tulirelvast pärinevatele põlemisjääkidele. See tähendab, et proovilt leiti 5–10 osakest ehk keskmise tugevusega jälg. Tulirelva kasutamine on tõenäoline, samuti on võimalik, et kahtlusalune paiknes tulistamise vahetus läheduses.
4. Proovil leidub **ohtralt mikroosakesi**, mis on iseloomulikud tulirelvast pärinevatele põlemisjääkidele. See tähendab, et proovilt leiti üle kümne osakese ehk tugev jälg. Viitab tulirelva kasutamisele või paiknemisele tulistamise vahetus läheduses (relvatoru suudme lähedus).

Vastavalt kasutatud tulirelvale, sündmuse ja proovide võtmise asjaoludele võidakse arvamusele lisada järgmisi lisaselgitusi.

- Üksikute tulirelva padruni põlemisjääkidest pärinevate mikroosa-
kete leidumise korral ei ole välistatud nende sattumine uuritavale
pinnale kontamineerumise teel, st mitte vahetult tulistamise
käigus. Lisatakse, kui proovilt leiti ainult 1–3 lasujäägi osakest.
- Tulirelvast pärinevate osakeste väike kogus võib olla tingitud pikast
ajavahemikust tulistamise sündmuse ja proovide võtmise vahel.
Lisatakse, kui proovil leidis vähesel määral lasujäägi osakesi ning
proovide võtmise ja sündmuse vaheline ajavahemik oli üle kahe
tunni.
- Sõltuvalt tulirelva konstruktsiooni iseärasustest võivad
mitteautomaatsed püssid (sh sileraudne jahipüss) jätta tulistaja
kätele lasujääke vähe või üldse mitte. Lisatakse, kui proovidelt
lasujäägi osakesi ei leitud ning kasutati mitteautomaatset jahipüssi
või vintpüssi.

Lasujäägiekspertiisi meetodi alus on eeldus, et ümbritsevas keskkonnas ei leidu lasujääkidele iseloomulike tunnustega mikroosakesi ning muud protsessid peale tulirelva kasutamise ei tekita taolisi osakesi. Ekspertiisitulemusel on tähendus, kui on võimalik välistada kõik muud päritolud. Seetõttu on põhjalikult läbi uuritud kõikvõimalikud allikad, mis võivad anda sarnase või ligilähedase kuju ja koostisega osakesi. Üheks võimalikuks allikaks on ilutulestiku ehk pürotehniliste seadmete kasutamine ja nende põlemisjäägid. Põhjalikumad uuringud on näidanud, et ilutulestike põlemisjäägid ei tekita üldjuhul lasujääkidega sarnase koostisega osakesi. Pürotehniliste segude põlemisjäägid sisaldavad tunnuseid, mis võimaldavad neid lasujäägiosakestest eristada.

Teiseks võimalikuks allikaks on peetud mootorsõidukite piduriklotsi hõõrdkatte materjali, mis eraldub pidurdamisel peene tolmu ja võib sisaldada samu elemente, mis lasujäägiosakesed. Uuringud on näidanud, et piduritolmu osakestel puuduvad põlemisjääkidele omased morfoloogilised tunnused ning lasujääkidele sarnanevat kolmekomponendilist koostist esineb harva. Lasujääkidele sarnase kuju ja koostisega mikroosakesi ei ole muudest allikatest seni leitud.

KONTAMINATSIOONUURINGUD

Kontaminatsiooniuringuid tehakse eesmärgiga hinnata lasujäägi tunnustega mikroosakeste leidumise võimalikkust erinevates keskkondades ja inimesega kokkupuutuvatel objektidel. Aegade jooksul on läbi viidud palju uuringuid, et saada teada, kas juhuslikult valitud ja tulirelvadega mitte kokkupuutuvate isikute kätel võib leida lasujäägi osakesi ehk kontaminatsiooni. Samuti on uuritud kontaminatsiooni olemasolu politseisõidukite istmetel, politsei tööruumides, lasujäägi osakeste ülekandumist kätlemisel, kontaminatsiooni taset tulirelva kandvate isikute kätel, lasujäägi osakeste püsimist tulirelva kasutanud isiku kätel, võimalikku kontaminatsiooni avalikes kohtades ja ühissõidukites. Uuritud on veel kontaminatsiooni taset tulista ja läheduses (kõrval) seisvale isikul ning lasujäägi osakeste hõljumise aega siseruumides peale tulistamist.

Ühe hea näitena võib tuua ENFSI lasujäägi töögrupi korraldatud Euroopa ja Põhja-Ameerika laborite koostööna valminud uuringu, milles osales 20 kriminalistikalaborit eri riikidest ja analüüsiti kokku ligi tuhandet proovi. Uuringu käigus võeti lasujäägiproovid järgmistel gruppidel: politseiametnikud, jahimehed, automehaanikud ja juhuslikult valitud muude erialade esindajad. Analüüsi tulemused näitasid, et 97% juhuslikult valitud isikute (sh automehaanikud) kätel ei leitud lasujäägiosakesi. Ülejäänud 3%-l leidis valdavalt üksikuid lasujäägiosakesi ning mõnel juhul oli kontaminatsioon seletav tulirelvadega seotud hobidega. Politseiametnikel oli kontaminatsiooni tase kõrgem, Euroopas 12%-l ja Ameerikas 57%-l politseiametnikest leidis la-

sujäägi kontaminatsiooni. Kokkuvõtvalt näitavad tulemused, et tulirelvade-ga mitte kokkupuutuvatel isikutel on kontaminatsiooni leidumine väga vähe tõenäoline. (McCullough, 2008.)

KOKKUVÕTE

Kriminalistikaekspertiiside puhul on tavaliselt kaks arengusuunda. Üks suundadest on seotud eksperdi järelduste kvaliteedi parandamise ja eksperdiarvamuse sõnastusega. Eesmärk on anda võimalikult suure tõendusliku väärtusega infot üldarusaadaval kujul. Lasujäägiekspertiisi puhul ei ole kahjuks ette näha ühtegi võimalust väita midagi rohkemat, kui et leidub jälg. Ei ole kuidagi võimalik kindlaks teha, kas isik kasutas tulirelva või paiknes ainult tulistamise ajal tulirelva lähedal. Ühe võimalusena proovitakse kasutada tõenäosusteooriast ja statistikast tuntud Bayesi teoreemil põhinevaid arvutusi. Arvestades sündmuse asjaolusid ja muid algandmeid, proovitakse arvutada tõenäosus kahe püstitatud versiooni jaoks. Lasujäägiekspertiisi korral tähendab see arvutamist, milline versioon – kas isik kasutas tulirelva või ei kasutanud tulirelva – on tõenäolisem ning kui suur see tõenäosus on. Sellele lähenemisele leidub ka vastaseid, kes eelistavad nn *case by case* ehk üksikjuhtumite uurimisel saadud kogemustel põhinevaid subjektiivsemaid arvamusi.

Teine arengusuund on analüüsimeetodi arendamine ning selle usaldusväärsuse parandamine. Elektronmikroskoopia meetod on lasujääkide tuvastamisel olnud pikka aega parim analüüsimeetod ning jääb selleks arvatavasti ka edaspidi. Meetodit on kaua arendatud ning on saavutatud tase, kust ei ole palju edasi liikuda. Meetod on väga tundlik ja lasujäägipetsiifiline. Nõrk koht on pigem tulemuse tõenduslik väärtus. Probleemiks osutub see, et võetakse laiemalt kasutusele uue koostisega süütesegusid, millest teatud osa tuvastamine elektronmikroskoopia meetodiga on raskendatud või koguni võimatu. See tingib vajaduse otsida uusi sobivaid analüüsimeetodeid. Üks võimalus on orgaaniliste lasujääkide ehk püssirohujääkide kasutamine tuvastamisel, mida seni suhteliselt vähe praktiseeritakse.

Kasutatud kirjandus

- Wallace, J. S. 2008. Chemical Analysis of Firearms, Ammunition and Gunshot Residue. CRC Press.
- Schoeble, A. J. & Exline, L. D. 2000. Current Methods in Forensic Gunshot Residue Analysis. CRC Press.
- McCullough, J. 2008. Prevalence of GSR. Publitseerimata konverentsietekanne, ENFSI tulirelva/lasujäägi töögrupp, Dubrovnik. Forensic Science Laboratory, Dublin.

METALLIEKSPERTIIS

Meelis Toomet

Metalliekspertiis on üks materjali võrdlemise alaliike, kus uuritavaks materjaliks on metallisulamid. Ekspertiisiülesandeid võib jagada kaheks: võrdlusmaterjaliga ja ilma selleta. Võrdlusmaterjali olemasolu korral saab läbi viia materjali kriminalistikalise võrdlemise, mille käigus analüüsitakse ja võrreldakse liigitunnuseid. Tulemusena saadakse teave, kas materjalid on samaliigilised või erinevad. Samaliigilisus viitab võrreldud materjalide ühisele päritolule ning tulemus on seda kaalukam, mida rohkem on sellel materjalitüübil varieeruvaid võrreldavaid tunnuseid ja mida harvem esinev antud materjal on. Erinevuste korral on ühine päritolu välistatud. Teisel juhul võrdlusmaterjal puudub ning määratakse üksnes, mis tüüpi materjaliga on tegemist. Tulemus ei ole enamasti väärtuslik tõendina, kuid võib anda viiteid materjali või jälje võimalikule päritolule.

Kriminalistika alusprintsipi kohaselt jätab iga kontakt jälje. Jäljeks võib olla ka ülekandunud materjal. Materjali uuritakse juhtudel, kui jälje jätnud objekti ei ole võimalik visuaalsete jäljetunnuste kaudu või murdepindade põhjal identifitseerida. See tähendab, et kui ei saa kasutada identifitseerivaid jäljeekspertiisi meetodeid, uuritakse ülekandunud materjali. Materjali võrdlemisel saab hinnata jälje võimalikku päritolu ja teatud objektid välistada. Ülekandunud materjali põhjal ei ole jälje jätnud objekti võimalik üheselt identifitseerida.

Samaliigilisus

Metalliekspertiis põhineb samaliigilisuse määramisel. Samaliigilisus defineeritakse tunnuste abil, mida ekspertiisi käigus võrreldakse. Kriminalistikas on eesmärgiks võrrelda neid tunnuseid, mis varieeruvad samatüübilistel ja sama kasutusala materjalidel. Metalliekspertiisis on sellisteks tunnusteks sulami koostis, lisandite kontsentratsioonid, pinnakatted ja sisemise struktuuri iseärasused. Erinevused võivad tuleneda erinevatest tootjatest või harvemini ka erinevatest toodangupartiidest. Samaliigilisus tähendab, et võrreldud materjalid on kokkulangevad nende tunnuste ja parameetrite poolest, mida ekspertiisi käigus mõõdeti, analüüsiti ning võrreldi. Tulemuks on siiski päritolu kindlakstegemine mingist suuremast kogumist, parimal juhul suudetakse eristada näiteks toodangu erinevaid partiisid, mit-

te rohkem. Samad põhimõtted kehtivad ka muude materjalide kohta, nagu näiteks klaas ja värvkatted.

Materjali ülekandmise mehhanismid

Metallisulamid on enamjaolt kõvad materjalid, mille ülekandumine eeldab tugevat kontakti suure survejõu all või pörkumist suurel kiirusel. Üheks praktiliseks näiteks on siinkohal pihtamislaengu ehk kuuli jälg, mis tekib kõvadelt objektidelt pörkumisel. Pikemat aega kontaktaktis olemise korral võib tekkida näiteks ülekandumine hõõrdejäljena.

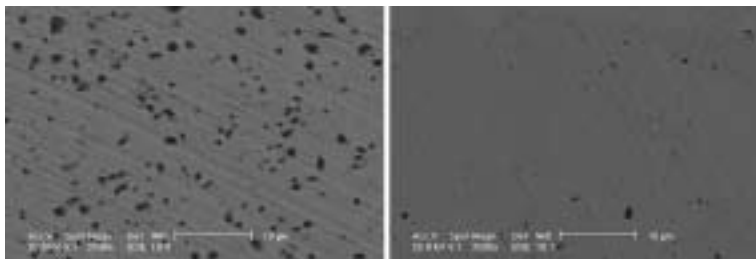
Materjali kandub üle metallide töötlemisel, lõikamisel ja keevitamisel. Sae või lõikeketta kasutamisel ei ole võimalik identifitseerida tööriista individuaalset jälge, kuid lõiketerale jääb lõigatud materjali. Kevitamisel lendub materjali pritsmeid muuhulgas riieteale. Tavaliselt on sellised olukorrad seotud sisseмурdmistega.

Objekti purunemisel võib materjali tükkidena paiskuda sündmuskohale või teisele objektile. Plahvatanud lõhkeseadeldise tükke võib olla vaja materjali põhjal kokku sobitada või võrrelda identifitseerimise eesmärkidel võrdlusobjektidega. Hinnaliste metallisulamite või metallist objektide varguse korral võib materjali jääda transpordivahendisse (ka hõõrdejäljena) ja kottidesse. Liiklusõnnetuse korral otsasõidul kannatanu riieteale tavaliselt metallijälge ei teki, sest sõidukitel esineb suhteliselt vähe värviga katmata metallist detaile.

MEETODID

Metallide võrdlemisel kasutatakse elementanalüüsi meetodit, mis põhineb röntgenspektri mõotmisel elektronmikroskoobi abil. Kuna kasutatakse elektronmikroskoopi, on võimalik muuhulgas analüüsida ja tuvastada mikroskoopilistest osakestest koosnevat jälge, mis ei ole palja silmaga märgatav. Täpsemaks kvantitatiivseks võrdluseks ja samaliigilisuse hindamiseks on vaja siiski suuremaid tükke läbimõõduga alates 0,5 mm. Väiksemate osakeste puhul piirdub uuring sulami tüübi määramisega. Meetod tuvastab metallisulamites leiduvaid lisandeid ja ebapuhtust, mille kontsentratsioon on üle 0,1%, ning võimaldab koostises tuvastada väikseid lisandite kontsentratsioonierinevusi. Metallisulamite koostis on homogeenne, seega välistavad ühise päritolu ka väga väikesed erinevused lisandite kontsentratsioonides või ebapuhtuses. Ekspertiisi kirjeldavas osas loetletakse ja kirjeldatakse kõik ekspertiisiobjektid ning kasutatud meetodid. Kinnitatud meetodikate korral on kasutatud seadmed, analüüsiparameetrid ja kirjeldus dokumenteeritud labori kvaliteedisüsteemi dokumentides meetodika kirjelduses ning ekspertiisiakti neid tavaliselt ei lisata. Ekspertiisiakti kirjeldavas osas esitatakse eks-

pertiisiobjektide analüüside tulemused ning selgitused selle kohta, milliseid materjali tunnuseid uuriti. Analüüside tulemustest tehakse lõppjärelendus samaliigilisuse kohta.

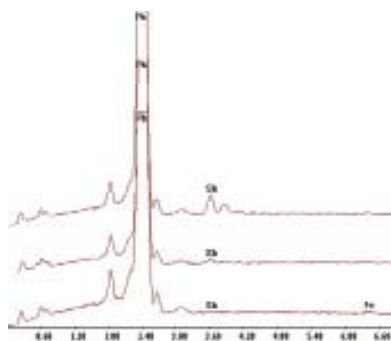


Metallisulami (kuuli materjal) struktuuri erinevused elektronmikroskoobis.

Kuulijäljed

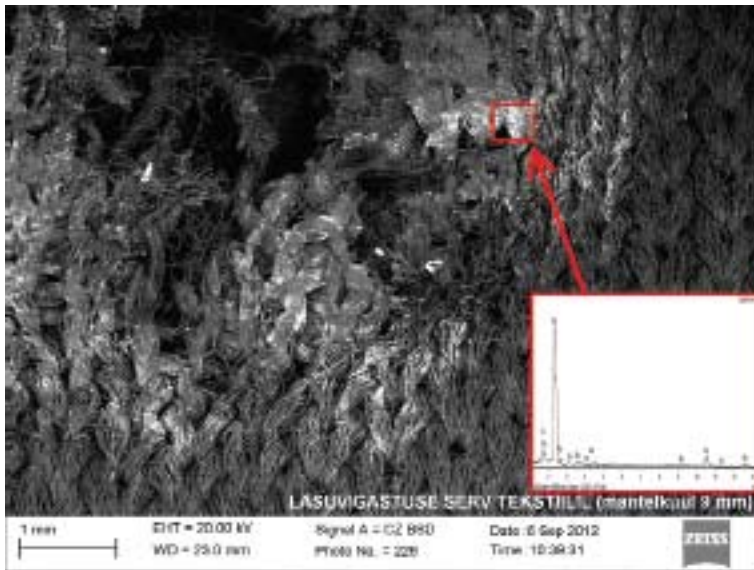
Metalli ja lasujäägi ekspertiisi on mõnel juhul võimalik kasutada kuulijälgede ehk lasuvigastuste kindlakstegemiseks. Kuigi lasuvigastusi puudutavad ekspertiisiülesanded, nagu lasukauguse määramine ja lasuvigastuse kindlakstegemine, lahendatakse enamikul juhtudel tulirelvaekspertiisi meetoditega, ei ole neid alati võimalik kasutada. Metallijälgede ekspertiisi ja mikroosakeste analüüsi kasutamine võib anda teatud juhtudel usaldusväärsemaid

tulemusi. Eespool kirjeldatud metalliekspertiisi ja mikroanalüüsi meetodeid on vaja kasutada tavaliselt juhtudel, kui lasuvigastus on objektidel (sh riidel) ning tegemist on kauglasuga ehk lasujäägid ei ole visuaalselt vaadeldavad. Mikroanalüüsi meetodid on kasutatavad samuti olukordades, kui vigastusega objekti ei ole võimalik sündmuskohalt kaasa võtta (nt hoonete seinad, ukсед). Ekspertiisi kasutatakse juhul, kui on kahtlus, kas on tegemist lasuvigastusega või mitte (nt kuuli pörke korral trajektoori kindlakstegemisel). Kauglasu puhul puuduvad lasuvigastuse ümbruses lasujäägiosakesed, kuid kuuli pörkel kõvade materjalidega, nagu metall, kivi, betoon (või neid läbistades), jääb pörkekohta kuuli materjalist jälg, mis võib olla palja silmaga vaadates nähtamatu. Kui jäljega objekti ei ole võimalik kaasa võtta, võetakse arvatavast pörkekohast lasujäägiproov prooviteibiga. Sõltuvalt objekti materjalist võib eelnevalt puhta noaga kraapida lahti jälje materjali. Pehme materjalide (riie, nahk, kummi, puit) korral jääb läbiva lasuvigastuse serva hõõrdering, mis sisaldab samuti kuuli materjali osakesi ja muid lasujäägiosakesi. Vigastust on võimalik analüüsida vahetult mikroskoobiga (välja-



Erinevad kuuli materjalide röntgenspektrid, näha antimoni kontsentratsiooni erinevused (väljendub piigi kõrguses).

lõigatult) või võetakse laboris lasujäägiproovi teibiga mikroosakeste proov. Hõõrdering leidub tavaliselt ainult esimesel sisenemisaval ning näiteks keha läbinud kuuli väljumisaval riietel hõõrdering puudub.



Lasuvigastuse serv tekstiilil (elektronmikroskoobi pilt).

EHTSUSE TÕENDAMINE. EUROMÜNDID

Kõikvõimalike võltsingute tuvastamise aluseks on samuti kriminalistikaline võrdlus. Võrreldakse visuaalseid kujutisi, valmistamise tehnoloogiat ja kasutatud materjale. Võrdlusmaterjaliks on ese, mis on defineeritud kui ehtne ehk originaal. Näiteks raha ja isikut tõendavate dokumentide puhul on alati võrdluseks näidis, mille on väljastanud vastavat õigust omav asutus. Müntide puhul on ekspertiisiülesanne teha kindlaks, kas münt on valmistatud rahapajas või see on jäljendatud.

Võltsingukahtlusega euromündid leiavad enamjaolt müntide töötledjad, kui nad sularaha sorteerivad, kuna tavakäibes ei pöörata mündi kontrollimisele tähelepanu. Sularaha töötlemisel eraldatakse mündid, mille mõni parameeter, nagu diameeter, paksus, mass ja materjali omadused, ei vasta mündi emiteerija kehtestatud spetsifikatsioonile. Nende hulgas võib olla nii kahjustatud münte, mis kulumise või deformeerumise tõttu ei vasta ettenähtud parameetritele, aga ka võltsmünte. Võltsingu kinnitab ekspertiisiasutus, milleks euromüntide puhul on nimetatud Rahvuslik Analüüsikeskus ning Eestis asub see Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis.

Paberrahaga võrreldes on müntidel vähem turvaelemente. Üks turvaelement on mündi materjal, kuna müntide valmistamiseks kasutatakse sulameid, mida ei saa vabalt hankida. Ühe- ja kaheeurosel mündil on materjali-

le lisatud eriline magnetiline omadus. Ekspertiisi käigus võrreldakse münti emiteerija kehtestatud spetsifikatsioonidega, mille hulgas on diameeter, paksus, mass, materjali elektrijuhtivus ja magnetmoment. Võltsitud müntidel tuvastatakse valmistajat iseloomustavad tunnused ja defektid. Tuntud võltsingute korral määratakse valmistaja tunnuste põhjal vastav võltsingu rahvusvaheline indikatiiv.

Enamik võltsitud euromünte on sarnaselt ehtsatega valmistatud pressiga ehk vermides. Leidub sulametalli valamise teel valmistatud valemünte, kuid nende kvaliteet on halb ning sel viisil ei saa valmistada suuri koguseid. Võltsmüntidel on kujutise kvaliteet ehtsa mündiga võrreldes tavaliselt halvem.



Kujutise erinevused võltsitud mündil (ülemine) ja ehtsal 50-eurosendisel mündil (alumine).

Võltsingute valmistamisel kasutatud vormi defektid on võltsmündi valmistajat identifitseerivad tunnused. Valmistajat iseloomustavaks lisatunnuseks on võltsmündi valmistamisel kasutatud materjal. Samade valmistajate tunnustega võltsmündid jaotatakse klassidesse, millel on oma tähis ehk indikatiiv. Vormi tunnused ja materjal võivad sama võltsija korral ajas muududa, kui võltsija vahetab tööriistu või materjale. Sellisel juhul tekib võltsmündi klassile uus variant. Võltsmüntidega seotud informatsioon kogutakse Euroopa Keskpanga hallatavasse infosüsteemi, kus on võimalik vaadata eri tüüpi võltsingute geograafilist jaotust. Lõppeesmärk on võltsimistöökodade paljastamine.

HÕÕGLAMBIEKSPERTIIS

Meelis Toomet

Liiklusõnnetuste asjaolude ja süüdlase väljaselgitamisel võib osutada oluliseks küsimuseks sõiduki signaal- ja valgustuslampide olek kokkupõrke hetkel.

Kõige levinum valgusallikas sõidukitel on hõõglamp. Hõõglampides kasutatakse spiraalikujust volframtraati, mille temperatuur valgust kiirgavas olekus on ligikaudu 2500 °C. Uurides lampide hõõgniite, võib olla võimalik kindlaks teha, kas need olid tugeva löögi mõjumise ja purunemise hetkel kõrgetemperatuurilises olekus või mitte. Lambi hõõgniit käitub löögi toime ja õhu kätte sattudes erinevalt sõltuvalt sellest, kas selle temperatuur on madal või kõrge.

Madalatemperatuuriline hõõgniit puruneb löögi toimele tükkideks ilma oluliste deformatsioonideta, kõrgetemperatuuriline ehk sisselülitatud hõõgniidi spiraalne osa venib löögi toimele enne purunemist oluliselt pikemaks. Lambi hõõgniidi deformeerimiseks või purustamiseks on vaja suurt inertsjõudu ning seetõttu on üldjuhul võimalik määrata ainult nende lampide olekut, mis paiknevad sõiduki kere ulatuslike deformatsioonide ja vigastuste piirkonnas. Ekspertiisimeetod on välja töötatud hõõglampide jaoks, LED-tehnoloogial põhinevate lampide olekut kokkupõrke hetkel ei ole võimalik määrata. Esilaternates kasutatavate gaaslahenduslampide (ksenoonlampide) oleku määramiseks puudub samuti üldtunnustatud ekspertiisimeetod (Rivers 2001: 12).

EKSPERTIISI OBJEKTID

Ekspertiisi objektid võivad olla kõik liiklusvahendi laternates leiduvad hõõglambid. Sõiduki esilaternates paiknevad tavaliselt halogeenlambid, mille hõõgniidid on kõige jämedamad ning vajavad tunnuste tekkimiseks kõige tugevamat lööki. Suunatule lambid töötavad tsükliliselt. Väljalülitatud tsükli ajal ei jõua suunatule lambi hõõgniit täielikult maha jahtuda, seega tsüklilisest tööst hoolimata võib olla võimalik määrata lambi olekut purunemise hetkel.

Lambi hõõgniidi olekut sõiduki kokkupõrke hetkel saab määrata siis kui

- lamp paikneb sõiduki kere deformatsioonide piirkonnas või mitte kaugemal kui ligikaudu 30 sentimeetrit;
- lambi klaaskolb on purunenud, hõõgniit või selle tükid on säilinud;
- lambi klaaskolb on terve, hõõgniit on purunenud ja/või ulatuslikult deformeerunud.

EKSPERDIARVAMUS

Ekspertiarvamus põhineb üldjuhul järgmistel tunnustel ja asjaoludel:

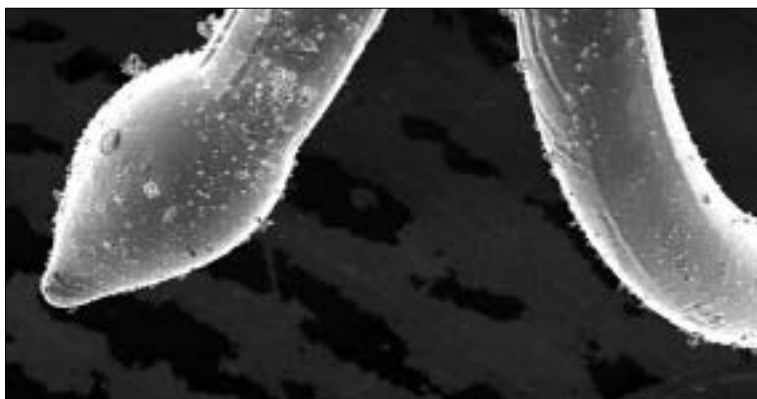
- lambi klaaskolb on purunenud, hõõgniit on oksüdeerunud, deformeerunud ja purunenud selliselt, et saab välistada hõõgniidi pingestamise pärast liiklusõnnetust;
- lambi klaaskolb on purunenud ja hõõgniit ei ole oksüdeerunud – lamp ei põlenud purunemise hetkel;
- lambi klaaskolb on rikkumata ja hermeetiline, kuid hõõgniit on plastselt deformeerunud sellises ulatuses, mille tekkimine ei ole tõenäoline tavakasutuse käigus või kõrvalekallete tõttu lambi tootmise protsessis – lamp oli kokkupõrke hetkel sisse lülitatud;
- lambi klaaskolb on rikkumata ja hermeetiline, kuid hõõgniit on purunenud mitmeks fragmendiks, purunemiskohtades puuduvad sulamisjäljed ning hõõgniidil puuduvad plastsed deformatsioonid – lamp ei põlenud kokkupõrke hetkel.



Paremal esilatena lähitulede hõõgniidi deformatsioon, vasakul väljalülitatud halogeenlambi purunenud hõõgniit.



Näide sõiduki vigastuste ulatusest, mille korral tekivad esitulede lampidel selged tunnused.



Hõõgniidi mikroskoopiline uurimine. Ülemisel fotol on kaarleegi toimel tekkinud sulamisjälg pingestatud hõõgniidi katkenud otsal. Alumisel fotol on lambi klaaskolbi purunemisel kõrgetemperatuurilise hõõgniidi külge sulanud klaasi tilgad.

KOKKUVÕTE

Analoogselt ruumide valgustuslampidega on ka mootorsõidukite valgustuslampide arengus võetud suund hõõglampide asendamisele valgusdiod- ehk LED-tehnoloogial põhinevate lampidega. LED-lambid töötavad madalal temperatuuril ning nende purunemisel ei teki tunnuseid, mis viitaksid sisse- või väljalülitatud olekule. Seega võib mootorsõidukite lampide uurimine olla kaduv ekspertiisiliik. Samas jätkub hõõglampide kasutamine sõidukites kindlasti veel aastakümneid.

Kasutatud kirjandus

- J. Stannard Baker, Thad L. Aycock, Thomas Lindquist. 1985. Lamp examination for on or off in traffic accidents. The Northwestern University Traffic Institute.
- R. W. Rivers, Frederick G. Hochgraf. 2001. Traffic accident investigators' lamp analysis manual. Charles C Thomas Publisher, LTD.

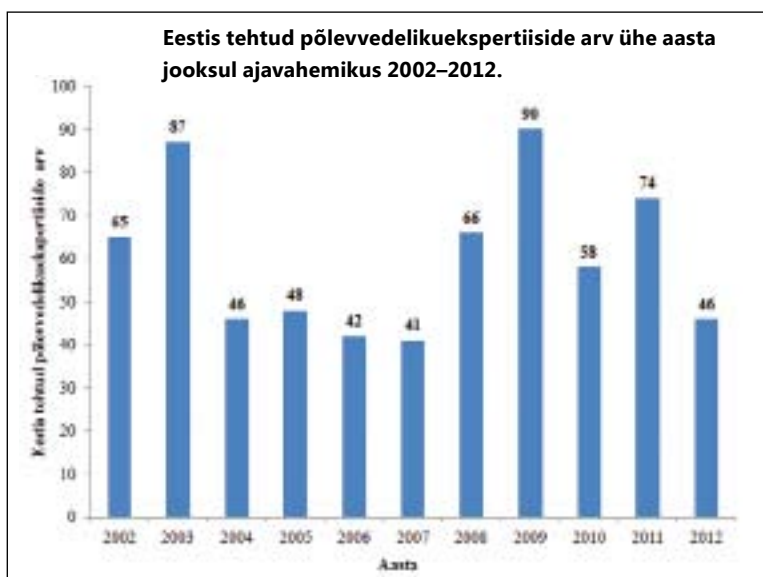
PÕLEVVEDELIKUEKSPERTIIS

Vardo Saarik

Levinud moodus tule tekitamiseks on põlevvedelike, eelkõige kergesti süttivate põlevvedelike süütamine. Põlevvedeliku süütamisest või süttimisest alanud tulekahjude uurimisel võib põlevvedelikuekspertiis aidata välja selgitada, miks tulekahju tekkis ning kas selle põhjus oli tahtlik, juhuslik või loomulik. Ekspertiisi tulemused mõjutavad eriti nende tulekahjude uurimist, mille korral kahtlustatakse kuritahtlikku põlevvedelikuga süütamist. Kui tulemused sündmuskohast võetud asitõendites põlevvedeliku olemasolu ei kinnita, pole võimalik tõestada, et tulekahju põhjustas põlevvedeliku süütamine.

Põlevvedelikuekspertiisil on kaks tähtsamat eesmärki. Esiteks tuvastada, kas ekspertiisiks esitatud asitõend sisaldab põlevvedelikku või kas see asitõend on põlevvedelik. Teiseks identifitseerida võimalikult täpselt asitõendis sisalduv või asitõendiks olev põlevvedelik.

Põlevvedelikuekspertiisi saab jagada viieks etapiks. Kõigepealt tehakse ekspertiisiks antud asitõendite esialgne ülevaatus. Teises etapis võetakse asitõenditeks olevatest vedelikest proovid või eraldatakse asitõenditest neis sisalduva võivad põlevvedelikud, millest võetakse proovid. Peale selle valmistatakse teises etapis vajaduse korral proove ette järgmiseks etapiks, milles



neid analüüsitakse. Neljandaks tõlgendatakse analüüsi tulemusi ning jõutakse järeldusteni. Lõpuks kirjutatakse ekspertiisiakt, mille sisu selgitamiseks võidakse ekspertiisi teinud isik või isikud kohtusse ülekuulamisele kutsuda. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 9–12.)

AJALUGU

Kuna enamik põlevvedelikuekspertiisiks esitatavatest asitõenditest on tulekahju tagajärjel tekkinud rusud (tulekahjurusud), siis on nende uurimise arengul eriline koht põlevvedelikuekspertiisi ajaloos. Allpool on esitatud osa tulekahjurusude uurimise arenguloo tähtsatest etappidest.

Kohtuekspertiisi ametlikumate liikide arendamine ning keemia ja instrumentaalanalüüsi progress võimaldasid alates 20. sajandi keskpaigast järk-järgult täiustada tulekahjurusude uurimist. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 23.)

Tulekahjurusude uurimine piirdus esialgu üksnes lõhnade tuvastamisega tulekahjukohas. Eelmise sajandi alguses oli tavaline, et tulekahju-uurijad nuusutasid sündmuskohas leiduvat tuhka. Kui tajuti põlevvedeliku olemasolule viitavat lõhna, võeti sealt rususid asitõendiks, ent pärast seda rususid rohkem ei uuritud. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 20, 23.)

20. sajandi keskpaiku võidi tulekahjurususid uurida üsna ebatavalisel meetodil. 1945. aastal ilmunud tulekahjude uurimist käsitlevas raamatus on selle autor Harry Rethoret kirjeldanud, kuidas saab põlevvedeliku olemasolu maitsmismeele abil tuvastada. Rethoret kirjutas ideest maitsta leivaraasukest, millega on eelnevalt puudutatud põlevvedeliku sisaldamises kahtlustatavat kohta. Rethoreti sõnul on leivas tuntav isegi väikeses koguses leiduva põlevvedeliku maitse. Raamatus soovitati enne põlevvedelikuga niisutatud leivaraasukeste mälumist närida mõnda aega värskeid leivaraasukest ja need seejärel välja sülitada, et saada suhu leiva rikkumata maitset. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 20.)

Märkimisväärsed uuendused põlevvedelike jälgede kindlakstegemisel tulekahjukohas olid alljärgnevad. 1945. aastal kasutati kemikaali Sudan III põlevvedelike olemasolu tuvastamiseks (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 27). See kemikaal reageeris teatud põlevvedelike olemasolule värvuse muutumisega. 1960. aastal rakendati põlevvedelike otsimiseks detektorit, mis reageeris aromaatsetele süsinikuühenditele (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 27). 1986. aastal hakati põlevvedelike jälgede leidmiseks esimest korda kasutama dresseeritud koeri (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 27, 147).

Tulekahjurusude laboratoorne uurimine algas põlevvedelike eraldamisega tulekahjurusudest. Esimeste lahutusmeetoditena kasutati destillatsiooni ja lahustiga ekstraheerimist. Rodolphe-Archibald Reiss kirjeldas oma 1911. aastal ilmunud raamatus, kuidas ta uuris tulekahjurususid veeaurdestillatsiooni

ning lahustiga ekstraheerimise abil. See on üks esimesi kordi, kus kohtuekspertiisikirjanduses on veeaurdestillatsiooni ja lahustiga ekstraheerimist kirjeldatud. Usutakse, et 1940. aastal eraldati tulekahjurusudest esmakordselt põlevvedelikku vaakumdestillatsiooni meetodil, mida kasutas doktor Vincent Hnizda. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 23, 28, 33.)

Pärast destillatsiooni ja lahustiga ekstraheerimise kasutuselevõttu tuli rakendusele uus meetod põlevvedelike eraldamiseks tulekahjurusudest – põlevvedelike aurustamine pealisruumi (ingl *headspace*). Donald Adamsi 1957. aasta teadusartiklis räägiti kergemini lenduvate põlevvedelike tulekahjurusudest dünaamilisse pealisruumi eraldamisest. 1968. aastal mainisid Bruce V. Ettling ning Mark F. Adams oma teadusartiklis, et nad võtsid tulekahjurusid sisaldavast purgist süstlaga kaks milliliitrit pealisruumi gaasikromatograafiliseks uurimiseks. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 23, 35–36.)

Kõige hilisema uuendusena hakati pealisruumis tegema sorptsiooni, et kontsentreerida tulekahjurusudest pealisruumi eraldunud põlevvedelikuaure sorbendi pinnale või sisemusse. 1977. aastal avaldasid John D. Twibell ja Janet M. Home esimese teadusartikli, milles kirjeldati, kuidas tulekahjurusude pealisruumis adsorbeeriti põlevvedelikuaure aktiivsõele, mis oli õhukese kihina ferromagnetilisele traadile kantud. Samal aastal kirjeldasid Joseph E. Chrostowski ning Ronald N. Holmes esimestena tulekahjurusudest dünaamilisse pealisruumi eraldatud põlevvedelikuaurude adsorbeerimist kookospähklist saadud aktiivsõele, mis oli asetatud ühekordselt kasutatavasse pipetti kahe klaasvillast prundi vahele. 1995. aastal publitseerisid Kenneth G. Furton jt esimese teadusartikli, milles demonstreeriti tahkefaasilise mikroekstraktsiooni (ingl *solid phase microextraction*, lühend SPME) kasutamist tulekahjurusude laboratoorsel uurimisel. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 23, 37, 41.)

Lahustiga ekstraheerimist, põlevvedelike eraldamist pealisruumi ning sorptsiooni läbiviimist pealisruumis selgitatakse põhjalikumalt lehekülgedel 299–301.

Tulekahjurusudest eraldatud põlevvedelike uuriti esialgu vaid nende nuusutamise kaudu, seega samal viisil, nagu rususid oli eelnevalt tulekahjukohtas uuritud. Aja möödudes töötati tulekahjurusudest lahutatud põlevvedelike uurimiseks välja sobivamad meetodid. Uuritavatel põlevvedelikel hakati määrama keemistemperatuuri, erikaalu ja refraktsiooniindeksit. 1958. aastal ilmunud Glenn D. Bennetti teadusartiklis on öeldud, et 1940. aastal tegi doktor Vincent Hnizda kindlaks tulekahjurusudest eraldatud põlevvedeliku keemistemperatuuri, erikaalu ning refraktsiooniindeksi. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 23, 29, 30.)

Donald Adams mainis oma 1957. aasta teadusartiklis esimest korda infrapunaspektrometria rakendamist asitõenditest lahutatud põlevvedelike analüüsimiseks (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 30). Hiljem kujunesid tulekahjurusude väga olulisteks uurimismeetoditeks gaasikromatograafia ja gaa-

sikromatograafiaga kombineeritud massispektromeetria. 1960. aastal avaldas Douglas M. Lucas esimese teadusartikli, mis tutvustas gaasikromatograafia rakendamist tulekahjurusude uurimisel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 30). 1977. aastal publitseeris Martin H. Mach teadusartikli, milles kirjeldati esimest korda gaasikromatograafilis-massispektromeetrilise analüüsi kasutamist tulekahjurusude uurimisel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 33).

Gaasikromatograafia ja massispektromeetria alustest räägitakse kohtutoksikoloogiat käsitletavas peatükis.

PÕLEVVEDELIKE OMADUSED

Põlemine saab toimuda vaid kindlatel tingimustel (Talvari 2009: 5). Põlemiseks on vaja põlevainet, oksüdeerijat, näiteks õhuhapnikku, ja süüteallikat, mis kuumutab põlevaine selle isesüttimistemperatuurini (Talvari 2009: 5). Põlevaine võib esineda tahkes, vedelas või gaasilises agregaatolekus (Talvari 2009: 28). Põlevvedelikud ehk vedelad põlevained on sellised vedelikud, mille aurud moodustavad õhuga sobivas vahekorras segunenult süttimisohtrliku segu.

Kõige enam levinud põlevvedelikud on nafta ja selle saadused (Talvari 2009: 30). Põlevvedelikke toodetakse peale nafta ka teistest maavaradest, näiteks kivisöest ja põlevkivist, saadakse taimedest, näiteks okaspuudest, ning toodetakse keemiliste reaktsioonide abil.

Leidub ainult ühest ainest koosnevaid põlevvedelikke, kuid peamiselt esinevad põlevvedelikud ainete segudena, mis võivad sisaldada kümneid või isegi sadu erinevaid ühendeid (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 11). Peaaegu kõik põlevvedelikud koosnevad orgaanilistest ühenditest, st ühenditest, mille molekulid sisaldavad süsinikku. Põlevvedelikes sisalduvatest orgaanilistest ühenditest on väga olulised süsivesinikud, sest neid ühendeid leitakse tulekahjurusudest eraldatud põlevvedelike uurimisel kõige sagedamini (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 58). Süsivesinikeks nimetatakse aineid, mis sisaldavad ainult süsinikku ja vesinikku, ning nad on nafta ja naftapõhiste põlevvedelike peamised komponendid. Kuna süsivesinikud ei lahustu või lahustuvad halvasti vees, siis ei lahustu või lahustuvad vees halvasti ka neist koosnevad põlevvedelikud. Samas leidub orgaanilisi ühendeid, nagu etanool ja atsetoon, mis lahustuvad vees hästi, järelikult lahustuvad vees hästi ka taolistest ühenditest koosnevad põlevvedelikud.

Põlevvedelikku ja ühte või mitut sellega mittesegunevat vedelikku sisaldavate segude puhul on kasulik teada põlevvedeliku ning segu teiste komponentide tihedust, kuna see võimaldab määrata põlevvedeliku asukohta segus (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 108). Paljudel põlevvedelikel, nende hulgas naftasaadustel, on veest väiksem tihedus (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 108). Veest ja sellega mittesegunevast põlevvedelikust koosnevates se-

gudes jääb veest väiksema tihedusega põlevvedelik vee peale, veest suurema tihedusega põlevvedelik vajub veest allapoole.

Mitmel põlevvedelikul on iseloomulik lõhn, mis võimaldab neid eristada. Seda omadust kasutatakse tulekahjukohas, et tuvastada põlevvedelike olemasolu ning selgitada välja, kust tasub võtta asitõendeid põlevvedelikueks-pertiisiks.

Kui põlemisprotsessis on põlevaineiks vedelik, tuleb arvestada, et tekkinud leegis ei põle vedelik, vaid hoopis selle aurud. Järelikult on põlevvedelike iseloomustamisel tähtis nende võime muutuda auruks ehk lenduvus. Vedelikud, kaasa arvatud põlevvedelikud, auruvad igal temperatuuril, kusjuures temperatuuri tõusuga nende lenduvus suureneb (Talvari 2009: 128). Lenduvusest tingituna võivad lahtistes anumates olevad põlevvedelikud täielikult aurustuda (Talvari 2009: 197).

Vedeliku lenduvuse määrab vedeliku aururõhk (Talvari 2009: 197). Iga vedelik aurustub määrani, mil selle aurude tekitatud rõhk saavutab vedeliku kohal tasakaalu, kus iga aurustuva vedelikumolekuli kohta üks aurustunud vedelikumolekul veeldub (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 116, 118). Taolisele tasakaaluolekule vastavat vedelikuauru nimetatakse küllastunud auruks ja selle rõhku küllastunud auru rõhuks (Talvari 2009: 197). Viimase suurus ei olene auru hulgest, vaid sõltub ainult temperatuurist ning vedeliku iseloomust (Talvari 2009: 197). Vedeliku küllastunud auru rõhk kasvab temperatuuri tõusuga (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 120).

Põlevvedeliku lenduvust saab iseloomustada ka põlevvedeliku keemistemperatuuriga. Selle all mõistetakse temperatuuri, kus aine läheb vedelast agregaatolekust üle gaasilisse agregaatolekusse (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 106). Keemistemperatuuril on vedeliku aururõhk võrdne vedelikku ümbritseva rõhuga (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 106). Mida madalam on põlevvedeliku keemistemperatuur, seda lendavam ja tuleohtlikum on põlevvedelik, sest madalama keemistemperatuuriga põlevvedelikul on kõrgeima aururõhu tõttu juba väiksematel temperatuuridel suurem aurude kontsentratsioon pinna kohal.

Mitmekomponendiliste põlevvedelike oluline omadus on nende koostise muutumine lahtiselt seismisel, mille puhul kergemini lenduvad ühendid hakkavad kiiremini auruma, mis suurendab raskemini lenduvate ühendite sisaldust põlevvedelikus.

Tuleohutuse tagamiseks on põlevvedelike käitlemisel vaja tingimata teada nende tuleohtlike omadusi, näiteks leekpunkti, süttimis- ja isesüttimistemperatuuri ning süttimise kontsentratsioonipiire. (Talvari 2009: 128.)

Leekpunkt on minimaalne temperatuur, mille juures vedeliku aurude segu õhuga on võimeline süttima välise süüteallika (näiteks leegi või sädeme) mõjul. Leekpunkti juures süttivad vedeliku aurud hetkeliselt ning vedeliku kohal tekkinud leek kustub kohe, kui eemaldada väline süüteallikas. (Talvari 2009: 128.)

Leekpunkti kasutatakse vedelike süttivuse ja tuleohtlikkuse hindamiseks. Teede- ja sideministri 14. detsembri 2001. aasta määruse nr 118 “Ohtlike veoste autoveo eeskiri” lisa 6 alusel on väga kergesti süttivatel vedelikel leekpunkt alla 23 °C ning kergesti süttivatel vedelikel on leekpunkt temperatuurivahemikus 23–61 °C. Sotsiaalministri 3. detsembri 2004. aasta määrus nr 122 “Ohtlike kemikaalide identifitseerimise, klassifitseerimise, pakendamise ja märgistamise nõuded ning kord” ja selle lisa 1 jagavad vedelikud nende tuleohtlikkuse põhjal järgmistesse kategooriatesse:

- eriti tuleohtlikud on vedelad ained ja valmistised (vähemalt kahest ainest koosnevad segud), mille leekpunkt on alla 0 °C ning keemispunkt on –35 °C või sellest madalam;
- väga tuleohtlikud on vedelad ained ja valmistised, mille leekpunkt on alla 21 °C, kuid mis pole eriti tuleohtlikud;
- tuleohtlikud on vedelad ained ja valmistised, mille leekpunkt on temperatuurivahemikus 21–55 °C.

Süttimistemperatuur on minimaalne temperatuur, mille juures vedelikuaurude segu õhuga süttib välise süüteallika mõjul ja tekkinud leek ei kustu pärast süüteallika eemaldamist (Talvari 2009: 129). Vedeliku süttimistemperatuur on alati kõrgem leekpunktist, olles sellest tavaliselt mõne kraadi võrra kõrgem (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 123).

Isesüttimistemperatuur on minimaalne temperatuur, mille juures õhuga segunenud vedeliku aurud süttivad ilma välise süüteallikata. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 123.)

Et põlevvedeliku aurude ja õhu segu oleks süttimisvõimeline, peab selle koostis jääma teatud kontsentratsioonipiiridesse, mida nimetatakse süttimise kontsentratsioonipiirideks (Talvari 2009: 117). Eristatakse alumist ja ülemist süttimise kontsentratsioonipiiri (Talvari 2009: 117). Alumine süttimise kontsentratsioonipiir on minimaalne põlevvedeliku aurude kontsentratsioon õhus, mis on võimeline süttima kõrge temperatuuriga süüteallikast (Talvari 2009: 117). Ülemine süttimise kontsentratsioonipiir on maksimaalne põlevvedeliku aurude kontsentratsioon õhus, mis on võimeline süttima kõrge temperatuuriga süüteallikast (Talvari 2009: 117). Alumisest süttimise kontsentratsioonipiirist madalamal on põlevvedeliku aurude ja õhu segu süttimiseks liialt lahja (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 116). Ülemisest süttimise kontsentratsioonipiirist kõrgemal on põlevvedeliku aurude ning õhu segu süttimiseks liialt küllastunud (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 116).

ASTM-i PÕLEVVEDELIKE KLASSIFIKATSIOON

Põlevvedelike süstematiseerimiseks on välja töötatud klassifikatsioonid, mis võimaldavad põlevvedelikke nende tunnuste alusel liikidesse jaotada. Üks taolistest klassifikatsioonidest sisaldub organisatsiooni ASTM International (edaspidi lühendatult ASTM) standardis E1618. ASTM on vabatahtlike üksmeelel tuginevate rahvusvaheliste standardite väljatöötamise ja publitseerimisega tegelev organisatsioon, mida varem tunti American Society for Testing and Materials nime all (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 599; ASTM 14.08.2012). ASTM-i põlevvedelike klassifikatsioon on kasutatav tulekahjudega seotud asitõenditest eraldatud põlevvedelike liigitamiseks ja on oluline abivahend mõistmaks naftast toodetud põlevvedelike sarnasusi ja erinevusi (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 227). ASTM-i põlevvedelike klassifikatsiooni vaadatakse regulaarselt üle ja täiendatakse, et põlevvedelikud kajastuksid selles võimalikult mitmekesiselt (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 227). ASTM-i klassifikatsioon ei hõlma kõiki põlevvedelikke, vaid neid, mida võib tulekahjurusudest kõige tõenäolisemalt leida (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 297).

ASTM-i klassifikatsioon liigitab põlevvedelikke nende keemilise koostise ja keemistemperatuuride vahemike alusel. Selles klassifikatsioonis ei liigitata põlevvedelikke nende kasutusotstarbe järgi, sest põlevvedelik võib olla turustatav erineva kasutusotstarbega toodetena. Ehkki kaubandustavad määravad, et toode peab vastama teatud nõuetele, dikteerivad need tavad harva tootele kindlat keemilist koostist. Järelikult võivad näiteks värvivedeldi, puhastuslahusti ja grillisõe süütevedelik olla ühesuguse keemilise koostisega. Pärast põlevvedelikutoote analüüsimist saab toodet võib-olla selle keemilise koostise alusel kirjeldada, aga toote algset kasutusotstarvet pole võimalik kindlaks teha. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 227.)

ASTM-i klassifikatsioon jagab põlevvedelikud kaheksasse liiki, mille seast on tähtsamad järgmised seitse liiki:

- mootoribensiinid,
- naftadestillaadid,
- isoparafiinsed tooted,
- aromaatsed tooted,
- nafteensed-parafiinsed tooted,
- normaalalkaanide tooted,
- oksügeneeritud lahustid (ingl *oxygenated solvents*).

Kaheksanda kategooria moodustavad põlevvedelikud, mida ei saa ühegi seitsme põhiliigi hulka klassifitseerida või saab klassifitseerida rohkem kui ühte põhiliiki. (ASTM 2011.)

Kuna mootoribensiinid on konkreetse kasutusotstarbega unikaalsed tooted, siis on mootoribensiinid ASTM-i põlevvedelike klassifikatsiooni ainus liik, mis iseloomustab mitte üksnes põlevvedelikutoote keemilist koostist, vaid ka selle kasutusotstarvet. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 227.)

ASTM-i põlevvedelike klassifikatsiooni seitse põhiliiki on piiritletavad keemilisest koostisest lähtuvate kriteeriumitega. Põlevvedeliku keemiline koostis on kindlaks määratud selle järgi, mis tüüpi orgaanilisi ühendeid põlevvedelik sisaldab. Põlevvedelikus leiduvate orgaaniliste ühendite tüübid sõltuvad suures ulatuses põlevvedeliku tootmisprotsessist. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 227, 296.)

ASTM-i põlevvedelike klassifikatsiooni seitsmesse põhiliiki kuuluvate põlevvedelike keemilised koostised on järgmised.

- **Isoparafiinsed tooted** koosnevad peaaegu täielikult isoparafiinidest (ASTM 2011). Isoparafiinid on küllastunud süsivesinikud, millel on hargnenud lahtine süsinikuaatomite ahel. Süsivesinikku loetakse küllastunuks, kui see sisaldab maksimaalse võimaliku arvu vesiniku aatomeid.
- **Normaalalkaanide toodetes** leidub vaid normaalalkaanid (ASTM 2011). Normaalalkaanid on küllastunud süsivesinikud, millel on hargnemata lahtine süsinikuaatomite ahel. Kuna alkaanid ja parafiinid on tegelikult sünonüümid, võib isoparafiine nimetada ka isoalkaanideks ning normaalalkaanid normaalparafiinideks.
- **Aromaatsed tooted** koosnevad praktiliselt ainult aromaatsetest süsinikuühenditest (ASTM 2011). Aromaatsed süsinikuühendid on benseenituumad sisaldavad süsinikuühendid. Benseen on kuue süsinikuaatomi ja kuue vesinikuaatomiga süsivesinik, mille süsinikuaatomid moodustavad kinnise tsüklilise ahela.
- **Nafteensed-parafiinsed tooted** koosnevad peamiselt isoparafiinidest ja nafteenidest (ASTM 2011). Nafteenid, mida nimetatakse ka tsükloalkaanideks, on küllastunud süsivesinikud, milles on kinnine tsükliline süsinikuaatomite ahel.
- **Oksügeneeritud lahustites** leidub eelkõige oksügeneeritud ühendeid ehk oksügenaate (st ühendeid, mille koostisse kuulub hapnik), kuid neis lahustites võivad oksügenaadid olla kokku segatud teiste ühendite või toodetega. (ASTM 2011.)
- **Mootoribensiinides** esinevad normaal-, iso- ja tsükloalkaanid, ent valdavalt sisaldavad mootoribensiinid aromaatseid süsivesinikke. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 229.)
- **Naftadestillaatides** leidub ülekaalukalt normaalalkaanid, aga samas on naftadestillaatide olulised komponendid veel iso- ning tsükloalkaanid. Tavapäraustes naftadestillaatides esineb ka aromaatseid süsinikuühendeid, kuid osast naftadestillaatidest on aromaatseid süsinikuühendid kas täielikult või suurel määral eemaldatud. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 230; ASTM 2011.)

Kõik põlevvedelikuliigid peale mootoribensiini hõlmava kategooria võib jaotada neisse kuuluvate põlevvedelike keemistemperatuuride vahemike põhjal kolmeks alamliigiks: kerge, keskmine ja raske. Põlevvedeliku keemistemperatuuride vahemikku defineeritakse kui temperatuuride ulatust, kus enamik põlevvedelikus sisalduvatest komponentidest keeb, võrreldes normaalalkaanide keemistemperatuuridega (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 298). Enamik kergete põlevvedelikutoodete komponente keeb normaalalkaanide, mille süsinikuaatomite hargnemata ahelas on neli kuni üheksa aatomit, keemistemperatuuride vahemikus (ASTM 2011). Kergete põlevvedelikutoodete ligikaudne keemistemperatuuride ulatus on 0–150 °C (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 299). Keskmiste põlevvedelikutoodete enamik komponente keeb normaalalkaanide, mille süsinikuaatomite hargnemata ahelas on kaheksa kuni kolmteist aatomit, keemistemperatuuride vahemikus (ASTM 2011). Keskmiste põlevvedelikutoodete ligikaudne keemistemperatuuride ulatus on 120–240 °C (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 299). Raskete põlevvedelikutoodete enamik komponente keeb normaalalkaanide, mille süsinikuaatomite hargnemata ahelas on üheksa kuni kaksikümmend kolm aatomit, keemistemperatuuride vahemikus (ASTM 2011). Raskete põlevvedelikutoodete ligikaudne keemistemperatuuride ulatus on 150–380 °C.

ASITÕENDITE KOGUMINE

Asitõendite kogumist võib vaadelda protsessina, mille etapid on

- asitõendite valimine,
- asitõendite ning nende võrdlusobjektide võtmine,
- asitõendite pakkimine ja pakendite sildistamine,
- asitõendite transport laborisse. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 164.)

Põlevvedelikuekspertiisiks esitatavad põhilised asitõendid on tahked substraadid (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 441). Substraadiks nimetatakse selles peatükis edaspidi igasugust ühest või mitmest materjalist koosnevat objekti (näiteks vaip, puit ja pinnas), mis võetakse asitõendiks, kui tekib kahtlus, et see võib sisaldada tuld põhjustanud põlevvedelikku. Sage li kujutavad substraadid endast tulekahjurusid (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 441).

Asitõendite valimine

Et asitõendeid korralikult koguda, tuleb esmalt määrata kogumiseks sobivaimad asitõendid. Sobiva asitõendi väljaselgitamine sõltub mitmest tegurist, sealhulgas asitõendi asukohast ja põlevvedelike ning asitõendiks võetava substraadi omadustest. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 164.)

Enne kogutavate asitõendite valimist tuleb võimalikult täpselt kindlaks teha tulekahjukulde. Asitõendi valimine põhineb tavaliselt sellel, et määratakse koht, kuhu on võidud lisada põlevvedelikku. Selle koha ulatuses on vaja arvestada ka teiste asitõendi valimist mõjutavate faktoritega, näiteks seal leiduvate erinevate substraatide omadustega. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 165.)

Põlevvedelike omadustega arvestamine

Peamine põlevvedelike säilivust mõjutav omadus on lenduvus. Lenduvus teeb põlevvedelikest väärtuslikud kütused ja tõhusad süütevedelikud ning mõjutab oluliselt põlevvedelike põlemist ja nende võimet säilida tuvastatavates kogustes, mis peavad tulekahjule vastu. Kergemini lenduvad põlevvedelikud aurustuvad põlemisprotsessi käigus lihtsamalt ning põlevad seetõttu kergemalt, kiiremini ja täielikumalt kui raskemini lenduvad. Järelikult jääb pärast põlemist kergemini lenduvaid põlevvedelikke vähem järele kui raskemini lenduvaid. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 165.)

Põlevvedelike puhul tuleb tähelepanu pöörata ka nende tulekahjujärgsele säilivusele. Pärast tulekahjut peaks võimalikult ruttu sündmuskohta uurima ja sealt asitõendeid võtma, kuid see pole alati tehtav. Seepärast tuleb arvestada lenduvuse mõju põlevvedeliku tulekahjujärgsele säilivusele. Kuna ühesugustes tingimustes aurustuvad kergemini lenduvad põlevvedelikud kiiremini raskemini lenduvatest, on kergemini lenduvate tulekahjujärgsed säilimisvõimalused väiksemad kui raskemini lenduval. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 165.)

Põlevvedelike säilivust pärast tulekahju kustutamist mõjutab ka nende lahustuvus vees. Enamik levinud põlevvedelikest on hüdrofoobsed ehk vett tõrjuvad, järelikult ei kaldu vesi neid tulekahju kustutamisel oma liikumisega ära viima. Vesi suleb hüdrofoobsed põlevvedelikud poorsetesse substraatidesse, kus need on kaitstud aurustumise eest ja võivad mõnda aega puutumatult säilida. Vees lahustuvad põlevvedelikud kalduvad tulekustutusveega mujale kanduma. See osa vees lahustuvast põlevvedelikust, mis ei liigu tulekustutusveega mujale, aurustub, kuna ei ole sulgunud mõnda poorsesse substraati. Järelikult on vees lahustuvad põlevvedelikud pärast tulekahju kustutamist raskemini tuvastatavad kui hüdrofoobsed põlevvedelikud. (Pert, Baron ja Birkett 2006.)

Substraadi omadustega arvestamine

Põlevvedelike säilivus sõltub paljuski asitõenditeks võetavate substraatide omadusest (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 165). Põlevvedelikke hoiavad paremini alles poorsed absorbeerivatest või adsorbeerivatest materjalidest suure välispinnaga substraadid (Pert, Baron ja Birkett 2006). Adsorbeeriv materjal on võimeline säilitama põlevvedelikke, sest need kinnituvad materjali pinnale. Absorbeeriv materjal suudab põlevvedelikke alles hoida, kuna need imuvad materjali sisemusse. Et põlevvedelik tulekahju käigus ei häviks, peab substraat seda tule eest piisavalt kaitsma (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166). Absorbeerivad materjalid säilitavad põlevvedelikke adsorbeerivatest materjalidest paremini, kuna neisse imbumine vähendab tõhusamalt põlevvedeliku otsesest kokkupuudet tulega (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166). Mittepoolsed või väiksema absorbeerimisvõimega substraadid säilitavad halvemini põlevvedelikke, sest kaitsevad neid vähem tule eest (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166). Põlevvedelikke hästi absorbeerivad substraadid on näiteks puit, muld ja vaip (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 165–166). Metall ja klaas absorbeerivad ja adsorbeerivad põlevvedelikke üsna halvasti ning võivad olla ka väikese välispinnaga (Pert, Baron ja Birkett 2006). Järelikult hoiavad need kaks substraati põlevvedelikke suhteliselt halvasti alles.

Põlevvedelike säilivus ning olemasolu tuvastatavus võivad oleneda ka substraadi eripärast (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166). Näiteks sünteetilistest polümeersest materjalidest koosnevad substraadid hakkavad tulekahjus põlemise ja pürolüüsi tulemusena lagunema ning selle juures tekivad ained, mis võivad substraatides väikeses koguses sisalduvate põlevvedelike olemasolu määramist segada (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166). Samas võib taoline substraat osutada heaks asitõendiks tänu oma suutlikkusele deformeeruda soojuse tagajärjel ning moodustada kapsli ümber põlevvedeliku (Pert, Baron ja Birkett 2006).

Asitõendi asukohaga arvestamine

Asitõendiks võetava substraadi valimisel peab arvestama selle asukohaga tulekahjukohal. Tule eest kaitstud substraadid säilitavad põlevvedelikku paremini kui need substraadid, mis on tulega otseses kokkupuutes. Allpool paiknevad substraadid sisaldavad rohkem põlevvedelikku kui kõrgemal asetsevad, sest vedelik liigub raskusjõu tõttu allapoole ning on seal tule eest paremini varjatud. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166.)

Asitõendiks ei tohiks võtta substraati tulekahjukolde kõige tugevamalt põlenud piirkonnast. Kui substraat on äratundmatuseni söestunud, on väga väike võimalus, et selles leidub veel põlevvedelikku. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166.)

Põrandale või põrandakattele valatud põlevvedelikud jätavad pärast põlemist sellele tihti lombikujulise mustri. Kui tuli varakult kustutatakse, toob lombikujuline põlemismuster esile selge piiri põlenud ja põlemata materjalide vahel. Asitõendeid tuleks võtta põlemismustrite servadest. Lisaks on oluline võtta asitõendiks põranda või põrandakatte all paiknevat substraati, sest vedelik nõrgub pragude kaudu läbi põranda või põrandakatte ning säilib seal paremini. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 166.)

Asitõendite võtmine

Asitõendi olemusest sõltub, kuidas seda tulekahjukohas võetakse. Tihti võetakse asitõendiks proov, mis on eraldatud suuremast substraadist, nagu vaibast või mööblist. Teistel juhtudel võetakse asitõendiks kogu substraat, näiteks süüteseadeldised. Samuti on võimalik koguda põlevvedelikku tulekahjukohas ilma substraati võtmata. Põlevvedelikuekspertiisiks asitõenditena esitatavate proovide võtmiseks rakendatakse kahte meetodit – otsesest või kaudset proovivõttu. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 168.)

Otsese proovivõtu korral on eesmärk eraldada substraadist proov ja säilitada see asitõendina. Lihtne on võtta proovi kergesti osadeks jaotatavast substraadist, näiteks mullast. Enamasti tuleb aga proov eraldada mõnest suuremõdulisest substraadist, näiteks põrandast. Taolisest substraadist sobiva suurusega proovi võtmine nõuab murdmist, lõikamist, demonteerimist või lahtitõmbamist. Niisugustes olukordades on proovi eraldamiseks tarvis kasutada tööriistu, näiteks labidat, saagi, peitlit, haamrit, puuri või isegi mootorsaagi. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 168–169.)

Kui otsene proovivõtt on mingi poorse substraadi (nt betooni) puhul liialt keerukas või teostamatu, siis rakendatakse kaudset proovivõttu. Kaudse proovivõtu eesmärk on saada proov substraadi sisemuses või pinnal leiduvast põlevvedelikust sorbendi abil ning säilitada sorbenti asitõendina. Taolise substraadi sisemuses või pinnal leiduva põlevvedeliku eraldamiseks puistatakse mõnda peenestatutud sorbenti (nt kaltsiumkarbonaati) huvipakkuvale substraadi piirkonnale, kus sorbendil lastakse teatud aja seista, et põlevvedelik saaks koguneda sorbendi sisemusse või pinnale, mille järel sorbent sealt eemaldatakse. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 168–169.)

Kui tulekahjukohas on mõne substraadi pinnal põlevvedelikku säilinud küllaltki suures koguses, võetakse sellest vedelikust proov taolise sorbendiga (nt marli või vatiga), millega saab pinda tupsutada või hõõruda. Substraadi pinnal asetsevast põlevvedelikust saab eraldada proovi ka pipeti või süstlaga. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 172, 189.)

Võrdlusobjektide võtmine

Kui asitõendite kogumiseks rakendatakse otsest proovivõttu, tasub võimalusel võtta nende asitõendite jaoks ka võrdlusobjekte (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 175). Otseste proovivõtuga kogutud asitõendi võrdlusobjektiks on proov, mis on võetud samast substraadist, millest eraldati asitõend, kuid oletatavasti ei sisalda tuld põhjustanud põlevvedelikku (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 176). Sellised võrdlusobjektid võivad põlevvedelikuekspertiisi seisukohalt osutada eriti informatiivseks siis, kui nad on põlemata ja muul viisil kahjustamata. Otseste proovivõtuga kogutud asitõendid ja nende võrdlusobjektid on soovitatav võtta samal ajal, sest hiljem ei pruugi võrdlusobjektid enam kättesaadavad olla (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 176).

Otseste proovivõtuga kogutud asitõendi võrdlusobjekti võtmise kohta võib tuua järgmise näite. Vaibapõlengu puhul kahtlustatakse, et vaiba teatud piirkonnale on valatud põlevvedelikku. Vaiba põlemismustri servast eemaldatakse vaiba proov, mis esitatakse asitõendina põlevvedelikuekspertiisiks. Selle asitõendi võrdlusobjektiks oleks vaibatükk, mis võetakse kohast, kus oletatavasti ei leidu vaibale valatud põlevvedelikku. Järelikult sisaldavad asitõend ja selle võrdlusobjekt samasugust substraati (vaip), kuid erinevalt asitõendist ei leidu võrdlusobjektis tõenäoliselt põlevvedelikku, mida võidi valada vaibale. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 176.)

Otseste proovivõtuga kogutud asitõendi võrdlusobjekt võib anda infot konkreetse substraadi koostises tavaliselt esinevatest ainetest ning selle substraadi pürolüüsil või põlemisel tekkivatest ühenditest, mis võivad segada põlevvedeliku olemasolu tuvastamist asitõendis. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 175.)

Kui põlevvedelikuekspertiisiks esitatava asitõendi kogumiseks on rakendatud kaudset proovivõttu (asitõendiks on sorbent, kuhu on võetud vedelikuproov), on uurimiseks vaja esitada asitõendi võrdlusobjekt. Kaudse proovivõtuga kogutud asitõendi võrdlusobjektiks on sorbent, mis on samasugune nagu asitõendiks olev sorbent, kuid on kasutamata ja järelikult ei sisalda asitõendisse võetud vedelikuproovi.

Kaudse proovivõtuga kogutud asitõendi võrdlusobjekti võtmise kohta võib tuua järgmise näite. On toimunud majapõleng, kus tuli sai alguse köögist. Köögi põrandalt leitakse loik, mille puhul kahtlustatakse, et see on põlevvedelik. Loigust võetakse vedelikuproov marlilappi (sorbent), mis esitatakse asitõendina põlevvedelikuekspertiisiks. Selle asitõendi võrdlusobjektiks oleks kasutamata lapp samasugusest marlist, millega võeti vedelikuproov. Järelikult sisaldavad asitõend ja võrdlusobjekt samasugust sorbenti (marli), kuid erinevalt asitõendist pole võrdlusobjektis köögi põrandal asetsevast loigust pärinevat vedelikku. Kasutamata sorbendi analüüsimise eesmärk on saada infot sorbendi koostises esinevate ainete kohta.

Asitõendite pakkimine ja pakendite sildistamine

Pärast asitõendite võtmist on vaja neid säilitamiseks ja transportimiseks pakida. Põhiliselt pakitakse asitõendeid kolme tüüpi pakenditesse:

- kinnisurutava kaanega suletavatesse metallpurkidesse,
- konserveerimiseks kasutatavatesse klaaspurkidesse,
- plastkottidesse (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 179).

Plastkottide seast sobivad asitõendite pakkimiseks kõige paremini need, mis on spetsiaalselt tulekahjurusude pakkimiseks toodetud. Üldlevinud plastkotid, nagu polüetüleenist valmistatud toidusäilituskotid, selleks ei sobi. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 183–184.)

Asitõendite pakkimisel tuleb arvestada, et sõltumata pakendi tüübist ei täideta pakendit kunagi maksimaalse mahutavuseni. Enamik meetodeid, mida kasutatakse analüüsitavate proovide võtmiseks, põhineb aurude eraldamisel pakendis asetseva asitõendi kohal paiknevast ruumist (pealiruumist). Seepärast tuleb aurude korralikuks võtmiseks jätta pakendisse asitõendi kohale piisavalt vaba ruumi. Ehkki asitõendeid tuleb ekspertiisi tegemiseks võtta piisavas koguses, määrab pakendi suurus, kui palju sinna asitõendit mahub. Kui asitõendit on vaja võtta pakendi mahutavusest suuremas koguses, võib asitõendi jagada mitmeks osaks ning pakkida iga osa eraldi pakendisse. Kui pakend on asitõendiga ääreni täidetud, paigutatakse asitõend ümber kahte pakendisse või ühte suuremasse pakendisse. Üldiselt ei soovitata pakendit täita asitõendiga rohkem kui 2/3 kuni 3/4 pakendi mahutavusest. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 169, 179, 180.)

Pakendi korralik sildistamine võimaldab dokumenteerida asitõendi päritolu. Kasutades unikaalseid identifikaatoreid, näiteks menetlusasja- ja asitõendinumbreid, saab igat konkreetset asitõendit identifitseerida ning siduda seda tulekahjukoha, märkmete, fotode, skeemide ja teiste asitõenditega üheselt mõistetavalt. Asitõendite sildid peaksid sisaldama vähemalt menetlusasja numbrit, unikaalset asitõendi identifikaatorit (nt numbrit), asitõendi võtmise kuupäeva ja asitõendi võtnud isiku nime. Sildile tuleks lisada ka asitõendi võtukoht ja asitõendi kirjeldus. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 193–194.)

ASITÕENDITEST PÕLEVVEDELIKE ERALDAMINE JA ERALDATUD PÕLEVVEDELIKEST PROOVIDE VÕTMINE

Kui asitõendiks on substraat või sorbent, siis tuleb analüüsimiseks eraldada selles sisalduda võiv põlevvedelik. Selles alajaotises käsitletakse peamisi meetodeid, mida kasutatakse põlevvedelike eraldamiseks substraatidest ja sorbentidest või neist asitõenditest lahutatud põlevvedelikest proovide võtmiseks. Asitõendite all mõistetakse siin vaid substraate ja sorbente, mitte puhtaid põlevvedelikke.

Lahustiga ekstraheerimine

Ekstraheerimine on meetod ainete segust ühe või mitme komponendi väljalahustamiseks. Vedelate segude ekstraheerimine põhineb sellel, et ained lahustuvad kahes omavahel mittesegunevas lahustis erinevalt. Kahekomponendilisest vedelast segust ühe komponendi eraldamiseks kasutatakse lahustit, mis lahustab võimalikult hästi huvipakkuvat komponenti ega segune teise komponendiga. Tahkete segude ekstraheerimine rajaneb sellel, et ained lahustuvad sobivas lahustis erinevalt. Tahkest segust mingi komponendi eraldamiseks kasutatakse lahustit, mis lahustab huvipakkuvat komponenti võimalikult hästi ning teisi komponente võimalikult vähe. (Talvik 1996: 13.)

Et eraldada asitõendist põlevvedelikku, leotatakse asitõendit sobivas lahustis ja saadud segu loksutatakse või segatakse teatud aja jooksul. Leotamise asemel võib asitõendit korduvalt lahustiga loputada. Pärast asitõendi leotamist või loputamist eraldatakse ekstrakt (asitõendist eraldunud aineid sisaldav lahusti), mida vajadusel filtreeritakse või tsentrifuugitakse peente tahkete osakeste eemaldamiseks. Viimase toiminguna suurendatakse lahustit aurustades lahustunud ainete kontsentratsiooni ekstraktis. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 391–392.)

Põlevvedeliku aurustamine pealisruumi ja proovi võtmine pealisruumist gaasitiheda süstlaga

Pealisruumiks nimetatakse gaasi faasi, mis on suletud ruumis kokkupuutes tahke või vedela prooviga ning võib olla prooviga tasakaalus (Kolb ja Etre 1997: 2). Pealisruumi analüüs võimaldab uurida tahkest või vedelast proovist aurunud lenduvaid ühendeid. Kui asetada tahke või vedel proov suletud mahutisse ja jätta proovi kohale ruumi gaasi faasi (edaspidi mõeldakse gaasi faasi all ka auru faasi) jaoks, siis hakkavad lenduvad ühendid aurustuma proovist gaasi faasi (Kolb ja Etre 1997: 2). Lenduvate ühendite aurude kontsentratsioonid suurenevad proovi kohal olevas gaasi faasis, kuni saabub olek, kus gaasi faasi eraldunud ühendid on tasakaalus nende ühendite vedelate või tahkete faasidega proovis (Kolb ja Etre 1997: 2). Tasakaaluoleku pu-

hul ei muutu lenduvate ühendite kontsentratsioonid proovipealses gaasi faasis. Lenduvate ühendite aurude tasakaalukontsentratsioonid sõltuvad nende ühendite aururõhkudest (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 396).

Et võtta asitõendis leiduva põlevvedeliku aurust proovi gaasitiheda süstlaga, asetatakse asitõend suletavasse mahutisse, jättes enne mahuti sulgemist asitõendi kohale ruumi gaasi faasi (pealisruumi) jaoks. Seejärel tavaliselt kuumutatakse asitõendit sisaldavat mahutit soovitud temperatuuril, sest kuumutamisega suureneb põlevvedeliku auru kontsentratsioon pealisruumis. Pärast seda sisestatakse gaasitiheda süstla nõel mahutisse tehtud ava kaudu pealisruumi, mida tõmmatakse süstlasse väikeses koguses (näiteks 0,5–1 milliliitrit).

Proovi võtmine pealisruumist passiivsel või dünaamilisel adsorptsiooni meetodil

Aurude eraldamiseks pealisruumist adsorptsiooni teel kontsentreeritakse auru ainel, mille pinnale need hästi kinnituvad. Niisugust ainet nimetatakse adsorbendiks. Pealisruumist proovi võtmiseks saab kasutada adsorptsiooni kahte erinevat, passiivset ja dünaamilist meetodit (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 399–400).

Passiivse adsorptsiooni meetodi rakendamisel asetatakse adsorbent suletud mahutis oleva asitõendi kohal paiknevasse pealisruumi ning seejärel enamasti kuumutatakse mahutit soovitud temperatuuril. Adsorbendile hakkavad kinnituma asitõendist eraldunud auru, mille hulk adsorbendil suureneb, kuni saavutatakse tasakaal adsorbendi, pealisruumi ja asitõendi vahel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 400). Kui adsorbenti on teatud aeg hoitud pealisruumis, võetakse adsorbent mahutist välja ning sellele kinnitunud ühendid eemaldatakse lahustiga ekstraheerimise või kuumutamise teel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 403). Passiivse adsorptsiooni meetodi korral kasutatakse adsorbendina sageli aktiivsütt (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 401).

Dünaamilise adsorptsiooni meetodi puhul on asitõendi kohal olev pealisruum pidevas liikumises, mistõttu asitõendi ja pealisruumi vahel ei saavutata kunagi tasakaalu. Asitõendis sisalduvast põlevvedelikust pealisruumi eraldunud auru eemaldatakse sealt inertse gaasi läbipuhumise või vaakumi tekitamisega. See põhjustab auru ühendite kontsentratsiooni vähenemise pealisruumis, mille tagajärjel need ühendid hakkavad asitõendist rohkem auruma, et kompenseerida oma sisalduse vähenemist pealisruumis. Teatud aja möödudes on võimalik põlevvedelik peaaegu täielikult asitõendist eemaldada. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 400–401.)

Dünaamilise adsorptsiooni meetodi rakendamisel asetatakse asitõend mahutisse, mis on ühendatud adsorbendiga täidetud toru ja vaakumpumba või surugaasiballooniga. Seejärel tavaliselt kuumutatakse mahutit soovitud temperatuuril ning hakatakse pealisruumi läbi adsorbendiga täidetud toru vaa-

kumi või mahutist surugaasi läbipuhumise abil liigutama (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 415). Teatud aja pärast lõpetatakse pealisruumi liigutamine ning adsorbendilt eraldatakse sellele kinnitunud ühendid lahustiga ekstraheerimise või kuumutamise teel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 415).

Dünaamilise adsorptsiooni meetodit saab pealisruumist proovi võtmiseks kasutada ka teisel viisil. Asitõend paigutatakse suletavasse mahutisse, mida järgnevalt enamasti kuumutatakse (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 421). Seejärel sisestatakse pealisruumi mahutisse tehtud ava kaudu gaasitiheda süstla nõel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 421). Süstla külge on eelnevalt kinnitatud adsorbendiga täidetud toru (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 422). Läbi adsorbendi tõmmatakse süstlasse teatud maht (umbes 30–60 milliliitrit) pealisruumi (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 421). Adsorbendile kinnitunud ühendid eemaldatakse adsorbendilt lahustiga ekstraheerimise või kuumutamise teel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 421).

Dünaamilise adsorptsiooni meetodi korral kasutatakse tihti adsorbentidena aktiivsütt või Tenaxi-nimelist vaiku. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 401.)

Proovi võtmine pealisruumist tahkefaasilise mikroekstraktsiooni meetodil

Tahkefaasilise mikroekstraktsiooni puhul rakendatakse pealisruumist aurude eraldamiseks väikesemahulist (tavaliselt väiksema mahuga kui üks mikrolüiter) sorbeerivat ainet ehk sorbenti, mis on kantud kvartsklaasist kiule (Pawliszyn 1999: 3). Sorbent on gaase või vedelikke adsorbeeriv või absorbeeriv aine. Tahkefaasilisel mikroekstraktsioonil kogub sorbent pealisruumist auru oma pinnale või neelab auru oma sisemusse. Nagu eespool mainitud, kinnituvad aurud adsorbeerimise ehk adsorptsiooni korral sorbendi pinnale, absorbeerimise ehk absorptsiooni puhul neelduvad aurud sorbendi sisemusse (Pawliszyn 1999: 92). Tahket või vedelat proovi sisaldavasse suletud anumasse paigutatud sorbent adsorbeerib või absorbeerib auru pealisruumis seni, kuni saavutatakse tasakaal sorbendi, pealisruumi ja proovi vahel (Pawliszyn 1999: 3, 7).

Et võtta asitõendis sisalduva põlevvedeliku aurust proovi tahkefaasilise mikroekstraktsiooniga, asetatakse asitõend suletavasse mahutisse. Tavaliselt mahutit kuumutatakse ja pärast seda sisestatakse sorbendiga kaetud kiud mahutisse tehtud ava kaudu pealisruumi (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 430). Kiudu hoitakse teatud aeg pealisruumis, lastes aurudel eralduda pealisruumist sorbendi pinnale või sisemusse (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 430). Seejärel eemaldatakse kiud mahutist (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 431). Kiu kuumutamiseega eraldatakse selle pinnale kinnitunud või sisemusse neeldunud aurud (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 427).

PÕLEVVEDELIKE GAASIKROMATOGRAAFILIS- MASSISPEKTROMEETRILINE ANALÜÜS

Põlevvedelike analüüsimiseks kasutatavatest meetoditest on väga oluline gaasikromatograafia-massispektromeetria, kuna sellega saab põlevvedelike komponente lahutada ning eraldatud komponente suhteliselt kiiresti ja lihtsalt identifitseerida (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 235). Et gaasikromatograafiast ning massispektromeetriast räägitakse põhjalikumalt kohtutoksikoloogiat käsitlevas peatükis, siis järgnevalt puudutakse neid analüütilise keemia meetodeid põgusalt.

Gaasikromatograafia-massispektromeetria on kombineeritud analüüsimetod, mis ühendab gaasikromatograafilist lahutusmeetodit ja massispektromeetrilist analüüsimetodit. Gaasikromatograafia võimaldab analüüsitavas segus sisalduvaid aineid lahutada. Massispektromeetria annab analüüsitavate ainete struktuuride kohta infot, mida saab kasutada nende ainete identifitseerimiseks (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 265). Gaasikromatograafilis-massispektromeetrilist analüüsi tehakse gaasikromatograaf-massispektromeetriks nimetatava seadmega. Nagu seadme nimetus viitab, on seadme põhiosad gaasikromatograaf ning massispektromeeter. Gaasikromatograafis lahutatakse segu eraldi aineteks, massispektromeetris analüüsitakse lahutatud aineid.

Gaasikromatograafilis-massispektromeetriliseks analüüsiks sisestatakse põlevvedelikust võetud proov gaasikromatograaf-massispektromeetrisse. Gaasilisi ja vedelaid proove saab näiteks süstlaga viia gaasikromatograafi küljes paiknevasse proovi sisestusseadmesse (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 248–249). Proovi sisestusseadmest juhitakse läbi gaas, mis kannab proovi gaasikromatograafi detaili, mida nimetatakse kolonniks ja milles toimub proovis sisalduvate ainete lahutamine (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 245). Pärast kolonni läbimist sisenevad lahutatud ained massispektromeetrisse, kus nende molekulid muutuvad ioonideks, mis lagunevad ioniseeritud fragmentideks (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 265). Ioonid sorteeritakse vastavaltiooni massi ja laengu suhte väärtusele ning seejärel määratakse ioonide olemasolu detektoris (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 265). Detektor on massispektromeetri osa, mis reageerib ioonidele elektrilise signaali tekitamisega, kusjuures signaali suurus on võrdeline ioonide hulgaga (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 246, 261, 271).

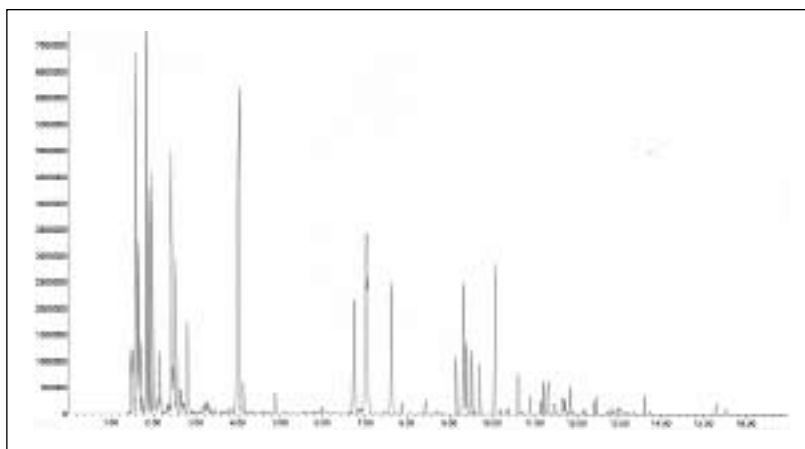
Gaasikromatograafilis-massispektromeetrilise analüüsi käigus tekkinud andmed saab esitada erinevate kromatogrammide kujul. Nende kromatogrammide seas on täielik iooni kromatogramm (ingl *total ion chromatogram*, edaspidi TI-kromatogramm), ekstraheeritud iooni kromatogramm (ingl *extracted ion chromatogram*, edaspidi EI-kromatogramm) ja ekstraheeritud ioonide summeeritud kromatogramm (edaspidi EIS-kromatogramm).

TI-kromatogramm on graafik, mis näitab kõikidest detekteeritud iooni-

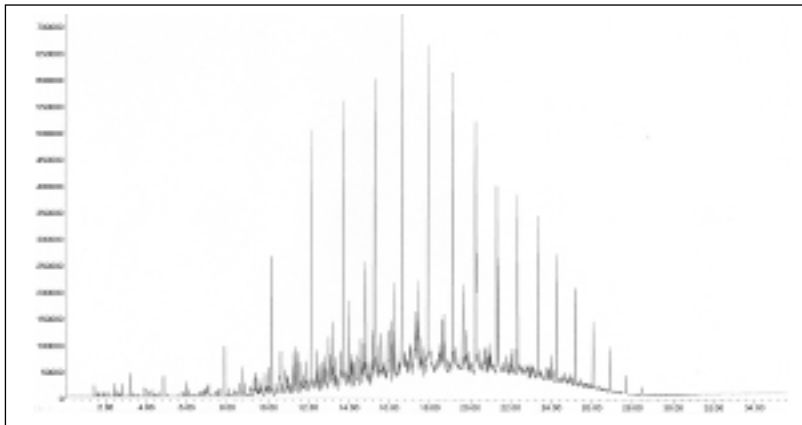
dest tingitud detektorisignaali liitmisel saadava detektorisignaali muutumist ajas (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 289). EI-kromatogramm on graafik, millel on näha konkreetse massi-laengu suhtega ionide tekitatud detektorisignaali suuruse muutumine ajas (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 289). EIS-kromatogramm on graafik, mis näitab erineva massi-laengu suhtega ionide põhjustatud detektorisignaali liitmisel saadava detektorisignaali suuruse muutumist ajas. EI- ja EIS-kromatogramme nimetatakse ühiselt massikromatogrammideks.

TI-kromatogrammilt leiab infot analüüsitavas segus sisalduvate ainete retentsiooniaegade ja nendele ainetele vastavate piikide pindalade ning kõrguste kohta. Aine retentsiooniajaks loetakse ajavahemikku, mis kulub alates aine gaasikromatograafi sisestamise hetkest kuni momendini, kus pool gaasikromatograafi sisestatud aine kogusest on kolonnist kandegaasiga välja viidud (Kaljurand ja Kuldvee 1997: 7). Aine piigiks nimetatakse kromatogrammil olevat kellukesekujulist kõverjoont, mis iseloomustab aine lokaalse kontsentratsiooni ajalist muutumist kolonni lõpus ja mille maksimum asub aine retentsiooniaja kohal (Kaljurand ja Kuldvee 1997: 11). Kui segus olevad ained lahutatakse üksteisest täielikult kolonnis, siis esineb segu kromatogrammil iga aine kohta üks eraldi piik. Ainele vastava piigi pindala või kõrguse alusel on võimalik hinnata aine hulka (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 240).

Järgmisel kahel joonisel on näiteid erinevate põlevvedelike TI-kromatogrammidest. Esimesel joonisel on esitatud ühe mootoribensiini TI-kromatogramm ning teisel joonisel on näidatud ühe diislikütuse TI-kromatogramm.



Joonis 1. Näide mootoribensiini TI-kromatogrammist (horisontaaltelg näitab aega, vertikaaltelg detektorisignaali suurst).



Joonis 2. Näide diislikütuse TI-kromatogrammist (horisontaaltelg näitab aega, vertikaaltelg detektorisignaali suurust).

Gaasikromatograafilis-massispektromeetrilise analüüsi käigus tekkinud andmeid saab esitada ka massispektrite kujul. Massispekter annab infot massispektromeetris detekteeritud ionide kohta kromatogrammi piires valitud konkreetse hetke või ajavahemiku jaoks. Massispekter on graafik, mille horisontaalteljel oniooni massi-laengu suhe ning vertikaalteljel on detektorisignaali absoluutne või suhteline suurus (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 265). Järelikult näitab massispekter detektorisignaali absoluutse või suhtelise suuruse sõltuvust detekteeritavate ionide massi-laengu suhte väärtusest. Massispektrid registreeritakse analüüsi jooksul teatud ajavahemike tagant.

ANALÜÜSI TULEMUSTE TÕLGENDAMINE

Põlevvedelike olemasolu tuvastamine gaasikromatograafilis-massispektromeetriliselt analüüsitud proovides rajaneb peamiselt proovi kromatogrammide visuaalsel võrdlemisel etalonidena kasutatavate põlevvedelike kromatogrammidega, mis on saadud samasugustes analüüsi tingimustes nagu proovi kromatogramm. Põhieeldus põlevvedeliku olemasolu tuvastamiseks proovis on proovi TI-kromatogrammi sobitamine mõne etalonpõlevvedeliku TI-kromatogrammiga ja/või proovi massikromatogrammide sobitamine mõne etalonpõlevvedeliku vastavate massikromatogrammidega, tähelepanes võrreldavate kromatogrammide vahel sarnasusi või vastastikusi seoseid. (ASTM 2011.)

Et identifitseerida mõnda tundmatut ainet, mis sisaldub gaasikromatograafilis-massispektromeetriliselt analüüsitud proovis, siis võrreldakse selle aine massispektri ja retentsiooniaja kokkulangevust ühes või mitmes andmebaasis leiduvate ainete massispektrite ning retentsiooniaegadega. Tundmatu aine täpselt identifitseerimiseks tuleb sellele otsida vastet ainete seast, mille massispektrid ning retentsiooniajad on saadud samasugustes analüüsitingimustes nagu tundmatu aine massispekter ja retentsiooniaeg.

Ühest või mõnest komponendist koosnevate põlevvedelike olemasolu tuvastamine gaasikromatograafilis-massispektromeetriliselt analüüsitud proovides rajaneb põlevvedeliku komponentide identifitseerimisel proovis massispektri ja retentsioonaja alusel. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 298, 338, 340–341.)

Põlevvedelikuekspertiisiks esitatakse harva puhtaid põlevvedelikke, enamasti tuleb uurida tulekahjukohast võetud substraate (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 441). Tuld põhjustanud põlevvedeliku olemasolu tuvastamist substraadis raskendavad tihti kaks asjaolu, mis on järgmised.

- Substraadis leiduv tuld põhjustanud põlevvedelik võib pärast tulekahjut olla tugevasti teisendunud. Nagu eespool mainitud, esinevad põlevvedelikud tavaliselt segudena, milles võib leiduda kümneid või sadu aineid. Selliste põlevvedelike teisendumine avaldub eelkõige nende koostise ning komponentide sisalduse muutumises. Sama põlevvedeliku algupärasel ning teisendunud vormil võivad olla oluliselt erinevad kromatogrammid. See teeb teisendunud põlevvedeliku kromatogrammi tõlgendamise keerulisemaks. Substraadis sisalduva tuld põhjustanud põlevvedeliku teisendumist kutsuvad esile erinevad põhjused, näiteks substraati ümbritseva keskkonna oludest mõjutatud põlevvedeliku aurustumine, põlevvedeliku väljauhtmine substraadist tulekustutusveega ja lagunemine mikroorganismide elutegevuse toimetel (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 468, 470–471).
- Substraadis võivad esineda orgaanilised ühendid, mis raskendavad substraadis leiduva tuld põhjustanud põlevvedeliku olemasolu kindlakstegemist. Nende ühendite hulka kuuluvad näiteks substraadi taustaühendid ja substraadi pürolüüsil ning põlemisel tekkivad saadused (Stauffer 2004: 193). Substraadi taustaühendite all mõistetakse ühendeid, mida substraat sisaldas juba enne tulekahjut ning mis ei pärine substraadis leiduvast tuld põhjustanud põlevvedelikust (Stauffer 2004: 195). Substraadi taustaühendid pärinevad näiteks substraadi toormaterjali(de)st, tootmis- ja paigaldamisprotsessist ning loomulikust või juhuslikust kontaminatsioonist (Stauffer 2004: 196; Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 456).

Substraadis ei saa määrata tuld põhjustanud põlevvedeliku olemasolu näiteks järgmise kahe tingimuse koosinemisel:

- seda põlevvedelikku on säilinud substraadis liialt vähe ja
- substraat sisaldab liialt palju analüüsi tulemuste tõlgendamist segavaid ühendeid, näiteks substraadi pürolüüsil või põlemisel moodustunud saadusi.

Kui põlevvedelikuekspertiisi tulemusena ei leita tulekahjukohalt võetud substraadist põlevvedelikku, ei välista see võimalust, et sündmuskohas, sealhulgas substraadis, esines tulekahju tekitanud põlevvedelikku (ASTM 2011). Asjaolu, et tulekahjukohalt võetud substraadist ekspertiisi tulemusena põlevvedelikku ei leita, võib olla tingitud järgnevatest põhjustest:

- põlevvedelik hävis tulekahjus täielikult,
- substraat võeti tulekahjukohal varest piirkonnast,
- substraat ei olnud ekspertiisiks korralikult pakitud,
- substraat sisaldab nii vähe põlevvedelikku, et selle olemasolu ei saa põlevvedeliku analüüsimiseks rakendatava meetodiga tuvastada.

PÕLEVVEDELIKUEKSPERTIISIGA UURITAVAD KÜSIMUSED

Põlevvedelikuekspertiisiga saab uurida valdavalt kahte küsimust. Esiteks on võimalik uurida seda, kas ekspertiisiks esitatud asitõend sisaldab põlevvedelikku või kas see asitõend on põlevvedelik. Kui selgub, et asitõendis leidub põlevvedelikku või asitõend on põlevvedelik, siis teiseks saab üritada seda põlevvedelikku võimalikult täpselt identifitseerida.

Põlevvedelikuekspertiisiga saab uurida ka asitõenditeks olevate põlevvedelike ja/või asitõenditest leitud põlevvedelike ühise päritolu võimalikkust. See on delikaatne toiming, millega saab oluliselt kergemini põlevvedelike ühist päritolu välistada kui kinnitada (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 13). Üks tähtis asjaolu, mis muudab põlevvedelike ühise päritolu kinnitamise keerulisemaks, on mitmekomponendiliste põlevvedelike võimalik teisendumine. Kuna teisendunud põlevvedeliku algupärast koostist ning selle komponentide suhtelisi sisaldusi ei saa kindlaks teha, siis pole võimalik kinnitada teisendunud põlevvedeliku ühist päritolu võrdluseks kasutatava põlevvedelikuga.

Allpool tuuakse ka näiteid küsimustest, mida tavaliselt põlevvedelikuekspertiisiga ei uurita.

Üldiselt ei saa põlevvedelikuekspertiisiga välja selgitada põlevvedeliku täpset kasutusotstarvet (näiteks värvivedeldi või grillisöe süütevedelik), kuna sama koostisega põlevvedelikke võib rakendada erineval otstarbel ning sama kasutusotstarbega põlevvedelikud võivad olla erineva koostisega. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 12.)

Põlevvedelikuekspertiisiga ei identifitseerita tavaliselt igat põlevvedeliku komponenti ega määrata nende komponentide kontsentratsioone (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 277, 286). Kõik põlevvedelikus sisalduvad ühendid identifitseeritakse ainult siis, kui põlevvedelik koosneb ühest või mõnest komponendist. Üldiselt ei selgitata põlevvedelikuekspertiisiga välja põlevvedelike füüsikalisi ja keemilisi omadusi, näiteks põlevvedeliku leekpunkti, keemis- või isesüttimistemperatuuri.

KOKKUVÕTE

Põlevvedelikud ehk vedelad põlevained on sellised vedelikud, mille aurud moodustavad õhuga sobivas vahekorras segunenult süttimisohtriku segu. Põlevvedelikud esinevad tavaliselt segudena, milles võib leiduda kümneid või sadu aineid (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 11).

Põlevvedelikuekspertiisil on kaks tähtsamat eesmärki. Esimeseks eesmärgiks on tuvastada, kas ekspertiisiks esitatud asitõend sisaldab põlevvedelikku või kas see asitõend on põlevvedelik. Teiseks eesmärgiks on võimalikult täpselt identifitseerida asitõendis sisalduv või asitõendiks olev põlevvedelik.

Põlevvedelike identifitseerimisel on abiks klassifikatsioonid, mis võimaldavad põlevvedelikke nende tunnuste alusel erinevatesse liikidesse jaotada. Ühe tuntuma põlevvedelike klassifikatsiooni on välja töötanud rahvusvaheliste standardite väljaarendamise ja publitseerimisega tegelev organisatsioon ASTM International.

Põlevvedelikuekspertiisiks esitatavad põhilised asitõendid on tahked substraadid, mis sageli kujutavad endast tulekahju tagajärjel tekkinud rususid (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 441). Asitõenditeks võivad olla ka vedelikud ning sorbendid, kuhu on võetud proov tulekahjukohal asetseva substraadi pinnal või sisemuses leiduvast vedelikust.

Põlevvedelikuekspertiisiks esitatavate asitõendite kogumisprotsess mõjutab väga oluliselt ekspertiisi tegemisel saadavaid analüüsi tulemusi. Asitõendite kogumisprotsessis on eriti tähtis tulekahju kolde kindlaksmääramine, kogutavate asitõendite valimine ning asitõendite pakkimine.

Kui põlevvedelikuekspertiisiks esitatakse substraat või sorbent, siis eraldatakse neis sisalduva võiv põlevvedelik ja sellest võetakse analüüsiks proov. Põlevvedelike lahutamiseks substraatidest ning sorbentidest kasutatakse näiteks lahustiga ekstraheerimist või põlevvedeliku aurustamist pealiruumi. Pealiruumi eraldatud põlevvedelikest võetakse proove näiteks gaasitiheda süstla või erinevate sorptsioonitehnikatega, sealhulgas tahkefaasilise mikroekstraktsiooniga.

Põlevvedelike analüüsimiseks kasutatavatest meetoditest on väga oluline gaasikromatograafia-massispektromeetria, kuna sellega saab põlevvedelike komponente lahutada ning eraldatud komponente suhteliselt kiiresti ja lihtsalt identifitseerida (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 235). Gaasikromatograafilis-massispektromeetrilise analüüsi tulemusena saadakse kromatogramm ja massispektrid.

Põlevvedelike tuvastamine gaasikromatograafilis-massispektromeetriliselt analüüsitud proovides rajaneb peamiselt proovi kromatogrammide visuaalsel võrdlemisel etalonidena kasutatud põlevvedelike kromatogrammidega, mis on saadud samasugustes analüüsi tingimustes nagu proovi kromatogramm. (ASTM 2011.)

Ühest või mõnest komponendist koosnevate põlevvedelike olemasolu tuvastamine gaasikromatograafilis-massispektromeetriliselt analüüsitud proovides põhineb põlevvedeliku komponentide identifitseerimisel proovis massispektri ja retentsioonaja alusel. (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 298, 338, 340–341.)

Tuld põhjustanud põlevvedeliku olemasolu tuvastamine substraadis on tihti raskendatud kahe asjaolu tõttu (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 441). Esiteks võib see põlevvedelik olla pärast tulekahjut tugevalt teisendunud (Stauffer, Dolan ja Newman 2008: 468). Teiseks võivad substraadis esineda orgaanilised ühendid, mis segavad substraadis sisalduva tuld põhjustanud põlevvedeliku olemasolu kindlakstegemist. Nende ühendite hulka kuuluvad näiteks substraadi taustaühendid ja substraadi pürolüüsil ning põlemisel tekkivad saadused (Stauffer 2004:196).

Kasutatud kirjandus

- ASTM International. 2011. ASTM E1618 – 11 Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.
- ASTM Overview. Organisatsiooni ASTM International kodulehelt <http://www.astm.org/ABOUT/overview.html>. Vaadatud 14.08.2012.
- Kaljurand, M., Kuldvee, R. 1997. Instrumentaalanalüüs III. Tallinna Tehnikaülikool.
- Kolb, B., Ettre, L. S. 1997. Static Headspace–Gas Chromatography Theory and Practice. USA Wiley-VCH Inc.
- Ohtlike kemikaalide identifitseerimise, klassifitseerimise, pakendamise ja märgistamise nõuded ning kord 03.12.2004, jõustunud 24.12.2004 – RTL 2004, 154, 2326 ... RTL 2009, 99, 1482.
- Ohtlike veoste autoveo eeskiri 14.12.2001, jõustunud 14.01.2002 – RTL 2002, 6, 53 ... RT I, 10.06.2011, 19.
- Pawliszyn, J. 1999. Applications of Solid Phase Microextraction. UK The Royal Society of Chemistry.
- Pert, A. D., Baron, M. G., Birkett, J. W. 2006. Review of Analytical Techniques for Arson Residues. *Journal of Forensic Sciences*, 51, 5, 1033–1049.
- Stauffer, E. 2004. Sources of interference in fire debris analysis. Raamatus *Fire Investigation* (Toim. N. Nic Daeid). (Lk 191–226). England Taylor & Francis Ltd.
- Stauffer, E., Dolan, J. A., Newman, R. 2008. *Fire Debris Analysis*. USA Elsevier Inc.
- Talvari, A. 2009. Põlevainete omadused. Tallinn Sisekaitseakadeemia.
- Talvik, A.-T. 1996. *Orgaaniline keemia*. 1996. Tartu Ülikooli Kirjastus.

LÕHKEAINEEKSPERTIIS

Sven Laanet

Lõhkematerjalide (mis oma algusaegadel olid pürotehnilised segud) ajalugu ulatub üsna kaugesse minevikku. Esimene pürotehniline segu, mille inimkond leiutas, oli kahtlemata must püssirohi, ent nii selle leiutamise aeg kui ka koht on mõneti vaieldav. Enamasti on see au omistatud hiinlastele, ajaks on pakutud 9. sajandit. Nimelt on ühes 850. aasta paiku kirjutatud raamatus kirjeldus ühe igavese elu eliksiiri, mis muuhulgas sisaldas salpeetrit ja väävlit, valmistamise “kõrvalnähtudest”: “...ja seal oli suits ja ilmusid leegid, ja need, kes olid lähedal, põletasid oma käed ja näod, ja koguni maja, kus nad olid, põles tuhaks ...” Esimene kirjalik teos, mis sisaldab kolme erinevat musta püssirohu sarnase segu põhimõttelist retsepti, on aastast 1044 pärit “Wujing Zongyao” (vabatõlkes inglise keelest “Tähtsaimate sõjatehnikvahendite kogumik”, (vt http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Black_powder#cite_note-0.)

Viimatinimetatud üriku autentsus on mõne autori arvates kaheldav, kuna see teos ei ole kirjutatud mitte keskiina keeles (kasutusel X–XIII saj), vaid uuemas. Et järgmised tekstid on aga uuemad kui vastavasisulised teosed Euroopast, seatakse hiinlaste leiutajaroll mõningase kahtluse alla (vt <http://www.musketeer.ch/blackpowder/history.html>). Püssirohu leiutamist seostatakse ka näiteks India, Kreeka ja Araabiaga ning oluliselt varasema ajaga. Juba 3. sajandi keskpaigast on pärit Sextus Julius Africanuse kirjutis, kus muuhulgas mainitakse “tuld tekitavat pulbrit” (vt http://www.chuckhawks.com/blackpowder_pyrodex.htm). Esimese eurooplasena kirjeldas musta püssirohtu ning andis selle segu täpse koostise Roger Bacon aastal 1242. See on ka teadaolevalt vanim daatum, kus on kirjeldatud musta püssirohtu tänapäevase koostisega sarnasena (vt http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Black_powder#cite_note-0).

Püssirohu omadused (põlemine ja suletud kambris plahvatamine) leidsid kohe ka rakendust. Katapultidega õpiti lennutama püssirohuga täidetud ja põleva nõoriga (nn sütik) varustatud vaate, mis sihtpunkti jõudes kukkudes purunesid ja vaatides olev püssirohi põlema plahvatas (n-ö Molotovi kokteili eelkäijad). Relvade eelkäijad olid algul bambusest, hiljem metallist torud, mille üks ots oli suletud. Püssirohi raputati torusse ja toru ots suleti mingi tropiga, mis püssirohu süütamisel käitus kuulina. Selline relv on leitud Hiinast, selle valmistamise ajaks on hinnatud 13. sajandi lõpp.

Lõhkeainete (ja ka pürotehniliste segude) keemia arenes pärast seda suure kiirusega. Nii relvad kui ka lõhkeained on muutunud paremaks ja võimsamaks, neid on järjest täiustatud. Suur hüpe sõjatööstuses toimus I ja II maailmasõja ajal ent võib-olla suurim muutus lõhkeainete kasutuses on toimunud mõnekümnel viimasel aastal.

Terrorism on teema, mis enam ei seostu kitsaste alade ja üksikute radikaalsete rühmitustega. Valdav osa enesetaputerroriste ja rahvarohketesse kohtadesse pommipanijaid tegutseb küll kriisikolletes, aga üha sagedamini tabab selline julmus inimesi ettearvamatult. 11. aprillil 2011. aastal kell 17.55 õhtuse tiptunni ajal toimus Minski metroo Oktyabrskaya jaamas plahvatus, milles hukkus 14 ja sai vigastada ligi 200 inimest. Tuntuim suunatud ja ajastatud terrorismirünnak oli kahtlemata 11. septembril 2001. aastal USA-s, kui New Yorgis rünnati Maailma Kaubanduskeskuse kaksiktorne ja Arlingtonis Pentagoni. Omavalmistatud lõhkeaineid kasutas IRA, kes 1980ndatel korraldas Inglismaa linnades (peamiselt siiski Londonis) mitu väga suurt pommiplahvatust.

Tänapäeval on teada rohkesti plahvatusvõimelisi aineid, kuid praktikas (sõjapraktikas) on kasutamist leidnud vähesed. Seda põhjusel, et paljud teadaolevad plahvatusvõimelised ained on väga tundlikud välistele mõjutustele, nende tootmine on seotud riskidega ja käitlemine on ohtlik. Lisaks on mitmete väga tugevatoimeliste lõhkeainete süntees äärmiselt keeruline ja kallis. N-ö ohtu lõhkeaine näitena võib tuua trotüüli, mis on osutunud võimsaks, ent stabiilseks ja füüsilistele mõjutustele vähetundlikuks lõhkeaineiks. Seevastu teine ammusest ajast tuntud lõhkeaine – nitroglütseriin – on puhtal kujul pea kasutuskõlbmatu, kuna on füüsilistele mõjutustele suhtes väga tundlik. Tundlikkuse vähendamiseks, aga ka muudel eesmärkidel (näiteks leegi summutamiseks) lisatakse paljudele lõhkeainetele mitmesuguseid täiteaineid. Heksogeeni ja ka nitroglütseriini puhul saadakse lisandite abil nn plastiit ehk plastne lõhkeaine, mis ei ole füüsilise käitlemise suhtes tundlik.

Enamasti kasutatakse terrorismirünnakutes tööstuslikke lõhkeaineid, kuid väga levinud on ka nn IED (ingl *Improvised Explosive Devices*) kasutamine. Viimane on eriti ohtlik seetõttu, et ei laengu tüüp ega ehitus ning süütemehhanismi ehitus ja toimimine ei vasta mingitele kindlatele reeglitele, seega on selliste pommide kahjutustamine nende avastamisel äärmiselt keeruline ja ohtlik.

LÕHKEMATERJALID

Seotud seadused ning nendes kasutatavad terminid

Lõhkematerjali käitlemist tsiviilkäibes reguleerib lõhkematerjaliseadus, liiksaks veel mitmed seadused ja määrused (kemikaaliseadus, relvaseadus, “Nõuded kemikaali käitlemise seadmetele”, “Ohtlike veoste autoveo eeskiri”).

Eesti Vabariigis kehtib lõhkematerjaliseadus, mis jõustus 1. mail 2004. aastal, redaktsiooni jõustumise kuupäev 1. jaanuar 2012.

Selle seaduse mõistes on **lõhkematerjal** lõhkeainet sisaldav toode, mida peetakse lõhkematerjaliks ÜRO ohtlike kaupade veoks antud soovitustes ja mis nende soovituste järgi kuulub esimesse ohuklassi.

ÜRO ohtlike kaupade veoks antud soovitused on juhised, mida on andnud ÜRO Ohtlike Kaupade Transpordi Ekspertide Komitee (United Nations Committee of Experts on the Transport of dangerous Good) ja mis on esitatud ohtlike veoste rahvusvahelise autoveo Euroopa kokkuleppe (ADR) (RT II 1996, 29, 104) lisades.

Plahvatus on aine või tema oleku ülikiire muutus, millega kaasneb suure energiahulga vabanemine, temperatuuri järsk tõus ning lööklaine.

Lõhkeaine on keemiline ühend või ainete mehaaniline segu, mis võib termilise mõjutuse (kuumutamise, säde), mehaanilise mõjutuse (löök, surve, hõõrdumine), keemilise reaktsiooni või teise aine detonatsiooni toimel plahvatada õhuhapniku kasutamata, st sisemise hapniku arvel, mis on seega keemiline plahvatus.

Detonatsioon on rõhu järsust suurenemisest põhjustatud erakordselt kiire (kuni 9000 m/s) eksotermiliste protsesside levik aines, millega kaasneb lööklaine. Detonatsioon iseloomustab brisantseid lõhkeaineid ja selle mõju on ümbritsevat keskkonda purustav.

Pürotehniline aine on aine või ainete segu, mis on mõeldud mitteplahvatusliku iseeneslikult kulgeva eksotermilise reaktsiooni tulemusel tekitama soojust, valgust, heli, gaasi või suitsu või nende nähtuste kombinatsiooni. Pürotehnilised tooted jaotatakse neis oleva pürotehnilise aine koguse, omaduste ja kasutusotstarbe järgi klassidesse.

Paiskelõhkeaine on lõhkeaine, mille detonatsioonikiirus on kuni 2000 m/s ja mis plahvatamisel paiskab või viskab keskkonna laiali. Paiskelõhkeaineid iseloomustab põlemine kiht-kihilt, millega kaasneb paiske- ehk viskeefekt, kusjuures põlemise kiirus ei ületa heli levimise kiirust selles aines. Seda tüüpi lõhkeaineteks on püssirohud (suitsuga ja suitsuta).

Brisantlõhkeaine on lõhkeaine, mille detonatsioonikiirus on üle 2000 m/s ja mis plahvatusel purustab keskkonda ning paiskab selle laiali. Brisantsetes lõhkeainetes kandub põlemistsoon läbi aine detonatsioonilainega, mis võib

ületada mitmekordselt heli levimise kiirust aines. Brisantlõhkeaineid iseloomustab detonatsioon kogu massis.

Initsieeriv lõhkeaine on lõhkeaine, mis plahvatab süttimisel, kergest löögist või detonatsioonist ja mille väikese koguse plahvatus kutsub esile teise lõhkeaine plahvatuse. Initsieerivaid lõhkeaineid on lahtises olekus käitlemiseks liiga tundlikud, neid kasutatakse kapseldetonaatorites, detonaatorites ning sütikutes. (Armolik 2004: 1.)

NB! Esitatud definitsioonid (lõhkematerjal, lõhkeaine, pürotehniline aine) on seadusest tulenevad ja juriidilised, keemilisest aspektist tuleb need mõisted defineerida teisiti, mida on tehtud järgmises osas (“Keemilised reaktsioonid”). Edaspidi on nimetatud termineid kasutatud selliselt, nagu nad on määratletud lõhkematerjaliseaduses ja teistes seadustes.

KEEMILISED REAKTSIOONID

Pürotehnilised reaktsioonid on eksotermilised, iseenesest oma sisemise vabaneva energia arvelt kulgevad (peamiselt tahkefaasilised) keemilised redoksreaktsioonid ainetes ja ainete segudes, millega kaasneb leek (suits) ning temperatuuri ja sisemise rõhu järsk tõus. Neid iseloomustab see, et kõik reaktsiooniks vajalikud komponendid on segus olemas, väliskeskkonda ei vajata (erinevalt tavalisest põlemisest, mis ei saa toimuda ilma õhuhapniku juurdepääsuta). Seetõttu on näiteks keeruline sellise põleva segu kustutamine.

Pürotehnilise reaktsiooni toimumiseks on vaja minimaalselt kahte komponenti – oksüdeerijat ja põlevainet. Oksüdeerijaks on harilikult hapnik, harvem muud elemendid, nagu kloor, väävel või fosfor. Peamised põlevained on süsinik, vesinik, metallipulbrid ja väävel. Lisaainetena kasutatakse katalüsaatoreid, täiteaineid, leegisummutajaid, liimaineid, efektiaineid.

Vajalike komponentide andjateks võivad olla erinevad keemilised ühendid, millest üks on oksüdeerija ja teine põlevaine ja mis mehaaniliselt kokkusagatuna kindlustavad reaktsiooniks vajaliku süsteemi – selline süsteem on keemilises mõttes pürotehniline segu. Sellise segu ained puhtal kujul (kokku segamata) on palju püsivamad kui nendest tehtud pürotehnilised segud. Keemilise reaktsiooni käigus toimuvad pürotehnilistes segudes aatomite vahetused erinevate ainete vahel. (Akhavan 2004: 22–24, 74–82.)

Kui reaktsiooni toimumiseks vajalikud komponendid on kõik ühes molekulis koos, on selline süsteem keemilises mõttes lõhkeaine. Lõhkeaine võib olla erinevat tüüpi, näiteks nitroühendid, orgaanilised peroksiidid. Kõikides neis toimub plahvatuse korral keemilise reaktsiooni tulemusena aatomite **ümbergrupeerumine** ehk uute ühendite (reaktsioonisaaduste) moodustumine. Erijuhaks loetakse **elementaarse lagunemisega** lõhkeaineid (selline aine on näiteks kapslites kasutatav pliiasiid). (Akhavan 2004: 22–24, 74–82.)

Üldjuhul on lõhkeained ajalisel püsivamad ja stabiilsemad kui pürotehnilised segud. See tuleneb sellest, et lõhkeainetes on üksikud aatomid omavahel seotud erinevate stabiilsete keemiliste sidemetega, mille muutmiseks (lõhkumiseks) on ainele vaja anda teatavat laadi impulssi. Pürotehnilised segud seevastu on erinevate ainete mehaanilised segud, milles ka juba tühised väliskeskkonna või hoiutingimuste muutused võivad esile kutsuda keemilise reaktsiooni. 1970ndatel toimus Rootsis ühes pürotehnikat tootvas ettevõttes plahvatus, mis hävitas kogu hoonekompleksi. Selle põhjustas kümnekond kilo pürotehnilist segu, mis sisaldas peamiselt alumiiniumpulbrit ja kaaliumnitraati. Süüdi oli pulbrilise alumiiniumi reageerimine veeauruga (õhuniiskusega!), mida katalüüsis segus olnud happeline väävel, mille tagajärjel eraldus protsessis gaasiline vesinik. Tulemuseks oli vesiniku ja õhu segu plahvatus, millele järgnes ülejäänud pürotehnilise segu plahvatus ja põlemine.

Lõhkeainete keemilist olemust iseloomustab aktiivse komponendi (näiteks nitrogrupi – üks või rohkem) sisaldus, mis tõstab tunduvalt orgaaniliste ainete hapniku- ja energiasisaldust.

Peamised kasutatavad lõhkeained saadakse aromaatsete ja alifaatsete süsivesinike, amiinide ning alkoholide keemilisel nitreerimisel.

LÕHKEMATERIALIDE LIIGITAMINE

Lõhkematerjali võib liigitada mitme kriteeriumi järgi.

Keemilise koostise järgi jaotatakse lõhkematerjal:

- lõhkeaineteks ja
- pürotehnilisteks segudeks.

Erinevus seisneb selles, et lõhkeaine on üks keemiline ühend, milles kõik keemiliseks reaktsiooniks vajalikud komponendid on koos ühes molekulis, pürotehniline segu on aga vähemalt kahe erineva keemilise ühendi mehaaniline segu.

Valmistamise tüübi järgi võivad lõhkeained ja pürotehnilised segud olla:

- omavalmistatud (kasutatakse olmes kättesaadavaid aineid või sünteesitakse neid kättesaadavatest ainetest keemilisel teel), mis eeldab valmistaja keemiaalaseid teadmisi;
- tööstuslikult valmistatud (väljastatakse originaalses kestad või ümbrises, määratud kogustes ja vastava märgistusega).

Esimesse gruppi kuuluvad peamiselt pulbrilised pürotehnilised segud ehk pauksegu, mis on harilikult segud ühest oksüdeerijast (kaaliumnitraat, kaaliumperkloraat, pliiimennik) ja ühest või mitmest põlevainest (süsi, väävel, alumiiniumpulber), ning kättesaadavatest ainetest lihtsal teel sünteesitavad lõhkeained (näiteks triatsetoontriperoksiid TATP).

Teise gruppi kuuluvad mitmesugused tooted, nagu pakendatud, väga erinevat liiki ja otstarbega lõhkeaine, signaliseerimisvahendid, sõjaväe õppeotstarbelised imitatsioonivahendid, aga ka näiteks ilutulestikutooted.

Plahvatuse kiiruse järgi jagunevad lõhkeained järgmiselt:

- brisantsed lõhkeained (ingl *high explosives*);
- paiskelõhkeained (ingl *low explosives*).

Esimesel juhul kandub reaktsioonitsoon läbi aine **detonatsioonilainega** ning plahvatuse kiirus ületab 2000 m/s (iseegi üle 10 000 m/s), teisel juhul kantakse reaktsioonitsoon läbi aine **hellilainega** ning reaktsioonikiirus on alla 2000 m/s (harilikult palju väiksem).

Kasutusala järgi jagunevad lõhkeained:

- tööstuslikeks ehk tsiviilotstarbelisteks ja
- sõjanduslik-militaarseteks lõhkeaineteks.

Tööstuslikke lõhkeaineid kasutatakse tsiviilotstarbel määnduses, kaevandustööl, ehituses, põllumajanduses jne.

Sõjanduslikke lõhkeaineid kasutatakse sõjanduses ja sellega seotud valdkondades. Neid kasutatakse mitmesugustes laskemoonades (viskelaengud, mürsud, miinid, lõhkepead) ja raketikütusena (vt <http://www.ordnance.org/classifi.htm>).

Tegelikult on igasugune liigitamine üsnagi meelevaldne. Nii mitmeidki lõhkeaineid kasutatakse edukalt nii sõjanduses kui ka tsiviilotstarbel, omavalmistatud lõhkeaineteks võivad olla segud, kus üks komponent on mingi tööstuslik lõhkeaine, millele on ise lisatud mingeid komponente jne. Seega on piiri tõmbamine ühe ja teise lõhkeaine liigi vahele küllaltki raske, määravaks saab siin nende valmistamise ja kasutuse otstarve ning viis.

KASUTATAVAD AINED

Peamised lõhkeained, mida kasutatakse, on trotüül ehk TNT, heksogeen ehk RDX, dünamiidid, ammoniidid, pentriit, pikriinhape, tetrüül, suitsuta püssirohi.

Eesti Vabariigis valmistab lõhkeainet tehas Orica Eesti OÜ, kelle toodang on põhiliselt ammooniumnitraadi (ammooniumsalpeetri) ja mineraalse õli baasil valmistatud lõhkeaine tööstuslikuks otstarbeks (kaevanduslikeks lõhketöödeks).

Omavalmistatud lõhkeaineid ei tule Eestis just väga palju ette. Teiste riikide (Inglismaa, Norra, Iirimaa, Hispaania) kogemusele tuginedes on valdav osa omavalmistatud lõhkeaineid ammooniumnitraatsed segud, kus ammooniumnitraadi lisandina kasutatakse kas õli või suhkrut. Puhtalt sünteetilise isevalmistatud lõhkeainena on levinuim TATP.

Pürotehnilised segud sisaldavad oksüdeerijatena kaaliumnitraati, -kloraa-ti, -perkloraa-ti, raudoksiidi, pliimennikut; harvem hapnikku mittesisaldavaid oksüdeerijaid kloor (heksaklooretaanina koos tsinkpulbriga suitsusegus) või fosfor/väävel (koos magneesiumpulbriga teatavas pauksegus). Põlevainetena kasutatakse sütt, väävlit, metallipulbreid (alumiinium ja magneesium), suhk-rut, tärklis, parafiini. Samuti kasutatakse leeki värvivaid elemente (stront-sium – punane leek, baarium – roheline leek, vask – sinine leek), sideaineid (šellak, epoksiidid, gummiaraabik).

Tuntuim pürotehniline segu on must püssirohi ehk suitsuga püssirohi, mis lõhkematerjaliseaduse järgi on liigitatud lõhkeainete alla.

Õnneks tuleb suuremaid omatehtud lõhkeseadeldisi suhteliselt harva et-te (vt foto 1).



Foto 1. Omavalmistatud (elektritoitega) lõhkeseade.

OHUTUSTEHNIKA

Lõhkematerjali käitlemine nõuab suurt ettevaatust ning kõigi kehtestatud ohutustehniliste nõuete ranget täitmist. Eriti ohtlikud on igasugused oma-tehtud segud ja seadmed nende baasil, kuna nende iseloom on harilikult tead-mata, samuti on kõrgendatud ohu allikaks tööstuslike lõhkeainete omaval-mistatud analoogid, kuna üldjuhul ei suudeta kodusel valmistamisel tekki-vat ühendit nõuetekohaselt puhastada ning kõikvõimalike lisandite sisaldus muudab produkti harilikult tundlikumaks.

Alati tuleb käidelda minimaalset võimalikku ainekogust.

LÕHKEAINEEKSPERTIIS

Lõhkeaineekspertiisi põhiline uurimisobjekt on aine, ainete segu või aine jäljed, mille puhul on põhjendatud kahtlus, et tegemist võib olla lõhkeainega või pürotehnilise seguga. Lõhkeainete ekspertiise määratakse peamiselt plahvatusasjade uurimisel ja kui leitakse lõhkeaineid või lõhkeainekahtlasi aineid (näiteks kahtlustatavate isikute elukoha läbiotsimisel). Ekspertiisi peamine eesmärk on välja selgitada, kas ja milline lõhkeaine või pürotehniline segu on uuritav aine. (Armolik 2004: 1.)

Ekspertiisi tegemiseks vajalikud meetodikad valib tavaliselt ekspert, lähtudes mitmest asjaolust. On hea tava – ja akrediteeritud laborite puhul on see nõutav –, et kasutatavad uurimismetoodikad (metoodika on teatud kindlaks otstarbeks väljatöötatud ja täpselt kirjeldatud meetod) on valideeritud, mis tähendab, et uurimismetoodika kõlblikkus soovitud analüüsiks on põhjalikult kontrollitud ja dokumenteeritud. Selleks et saada akrediteeringut, peab labor vastama standardile EVS-EN ISO/IEC 17025 “Katse- ja kalibreerimislaborite üldnõuded”.

Lõhkeaineekspertiiside raskusastme võib subjektiivsel skaalal jagada kolme kategooriasse – lihtsad juhtumid, keerulised juhtumid ning tõelised proovikivid.

Selle skaala alusel võib n-ö lihtsaks lugeda varianti, kui aine leitakse naturaalsel kujul ja tegemist on tööstuslikult valmistatud aine või ainete seguga. Sellisel juhul (segude korral) on mõnikord võimalik öelda ka esitatud lõhkeaine tõenäoline mark ja isegi valmistaja, kuna erinevad tootjad kasutavad teatud lõhkeainesegude korral erinevaid lisandeid. Tavaliselt on sellisel juhul ka uuritava materjali hulk piisavalt suur.

Keerulisem on olukord, kui tuleb tegeleda plahvatusjärgse sündmuskohaga (vt näidet lk 319). Uuritava proovi vähesus nii absoluutselt koguselt kui kontsentratsioonilt võib tähendada, et eksperdil on vaid üks võimalus analüüsi teha. Samuti on keerulisem olukord, kus leitud aine või ainete segu ei ole standardne. Kuna harilikult on sel juhul esitatud materjali hulk piisavalt suur, saadakse üldjuhul ka positiivne vastus.

Kõige tõsisemad pähklid eksperdile on kahtlemata juhtumid, kus plahvatanud aineks on mingi äärmiselt ebaharilik ühend või ühendite segu rohket, tihti eksiteele viivate lisanditega; samuti ühendid ja nende segud, mille on sünteesinud keemiat põhjalikult tundvad isikud kodustes tingimustes, aga ka keerulisemad pürotehnilised segud, omatehtud lõhkeseadmed jne. Sellised olukorrad nõuavad eksperdilt kõige suuremaid erialaseid teadmisi ning äärmiselt suurt analüüsivõimet.



Foto 2. Plahvatanud omavalmistatud pürotehnilise segu jäägid.

Kui ekspertiisiuuringutega ei leitud (ei õnnestunud kindlaks teha) detoneerumata lõhkeainete jääke, siis ei saa järeldada, et plahvatust ei põhjustanud lõhkeained. Negatiivne vastus võib tuleneda järgmistest põhjustest:

- lõhkeaine täielik või peaaegu täielik detoneerumine (täieliku detoneerumise lõppsaadusteks on lihtained, nagu vesi, süsihappegaas, lämmastik, süsinik), mille tõttu ei ole enam võimalik plahvatanud lõhkeainet tuvastada;
- kui plahvatusjärgse tulekahju kustutamisel on kustutusvesi uhtnud viimased jäägid;
- kui lõhkeaine jäägid on nii kaduvväiksed (alla 10^{-12} g), et neid ei ole võimalik kasutatud meetmetega tuvastada;
- kui plahvatanud lõhkeaine oli sellist liiki, mida ei ole võimalik kasutatud meetoditega uurida;
- kui proovide võtmisel, pakendamisel ja saatmisel rikuti olulisel määral reegleid, mistõttu aine(te)l esineb üksteisest tulenevaid saastumisi;
- kui peale proovide ei ole saadetud võrdlusmaterjali, mistõttu ka teatud ühendite leidumise korral ei ole võimalik välistada nende esinemist proovis looduslikult. (Armolik 2004: 4.)

Tuleb rõhutada, et tulemusliku eksperditöö eeldus on sündmuskohalt korrektselt võetud ja pakendatud proovid.

PROOVIDE VÕTMINE JA KÄITLEMINE

Plahvatamata kujul leitav materjal

Kui lõhkeaineid leitakse naturaalsel kujul (näiteks tähistatud ammoniidipadrunid, trotüülipakid, püssirohi vastava tähistusega metallpurkides), siis nad saadetakse laborisse uurimisele samal kujul ja koguses kui nad leiti.

Kui leitakse lõhkekehi või lõhkeseadeldisi, siis tuleb lasta demineerijatel (näiteks Päästeametist) kontrollida nende ohutust ja seejärel suunata need lõhkeaine- ja/või lõhkeseadeldiseekspertiisi (Armolik 2004: 2).

Plahvatusjärgne materjali kogumine

Kui on toimunud plahvatus, siis plahvatusjärgsel sündmuskoha vaatlusel kogutakse plahvatanud lõhkeseadeldise laialipaiskunud tükke ja elemente ning võetakse materjali proove plahvatusetsentri põhjast ja servast ning selle lähedusest (näiteks pinnasest, rübust, seintelt ja muudelt pindadelt ja materjalidest). Sageli määratakse lõhkeaineekspertiis koos lõhkeseadeldise- ja plahvatussekspertiisiga.

Lõhkeaineekspertiisiga on võimalik kindlaks teha plahvatanud lõhkeainet juhul, kui on säilinud veel detoneerumata lõhkeainet. Kvaliteetne lõhkeaine võib detoneeruda täielikult ja esialgset lõhkeainet ei õnnestu enam kindlaks teha. Detoneerumata lõhkeaine jääke (jälgi) võib leiduda plahvatanud lõhkeseadeldise tükkel, aga ka plahvatusetsentrist ja selle lähiümbrusest võetud proovidel. Seega tuleks ekspertiisi jaoks kindlasti võtta materjali proove plahvatusetsentrist ja selle lähiümbrusest. Proove lähiümbruses olevatelt pindadelt (näiteks seintelt) võttes on soovitatav pöörata tähelepanu pindadel olevatele täketele ja tahmale. Täkked võivad olla väga väikesed ja peaaegu nähtamatud (võimalusel tuleks uurida luubiga). Nende olemasolu korral on võimalik hinnata paiske suunda. Kui plahvatus toimus maapinnal, siis tuleks peale epitsentrist ja lähedusest võetud proovide võtta pinnase tühihi proove veidi kaugemalt, plahvatuses mõjutamata alalt, sest pinnases võib loomuliku foonina esineda aineid (näiteks väetise nitraate), mille olemasolu ekspert peab teadma ja saama kontrollida, ning mis võivad olla olulised ekspertiisiarvamuse kujundamisel. Proovide (pinnas, räbu) optimaalne kogus on 0,5–1,0 liitrit. (Armolik 2004: 2.)

Kui konstruktsioonilisi detaile ei ole võimalik nende suuruse tõttu saata ekspertiisiasutusse, siis tuleb nende pindadelt võtta kaapeid või teha tõmmiseid või pühkimisi puhta neutraalse materjaliga (marli- või vatitampoonid), mis on immutatud **atsetooniga** (lahustab orgaanilised nitroühendid). Seejärel tuleb tampoonid panna puhastesse suletavatesse purkidesse (näiteks klaaspurgid või plasttops, mis ei tohi atsetoonis lahustuda). **NB!** Tühihi proovideks tuleb saata kasutamata tampoone ja väike kogus sama kasuta-

tavat atsetooni (või puhas tampon, mis on immutatud sama atsetooniga). Teine tõmmis teha **destilleeritud veega** immutatud tamponiga (lahustab vees lahustuvad komponendid, näiteks ammoonium-, naatrium ja kaalium-nitraadid), samuti panna kaasa eraldi topsis proov kasutatavast destilleeritud veest ja tamponist. (Armolik 2004: 2.)

Kogutud lõhkeseadeldise tükide ja võetud materjaliproovide pakkimiseks on soovitatav kasutada samu spetsiaalseid kilekotte, mis on ette nähtud tulekahjurusude pakkimiseks. Kui neid ei ole saadaval, siis võib pakkimiseks kasutada näiteks soonkinnisega (Minigrip) kilekotte. Iga pakend tuleb numerdada ja varustada selgitava lipikuga, millel on andmed selle kohta, kus kohast proov või tüki on võetud. Lipikuid ei tohi panna kilekoti sisse uuritava materjali juurde, vaid näiteks klammerdada kilekoti külge proovimaterjalist kõrgemale kohale, st sulgurist ülespoole.

Plahvatuskohal võib detoneerumata lõhkeainete järgi kontrollida reaktiivide komplektiga Expray. See on küllaltki tundlik lõhkeainetele ja võimaldab sündmuskohal määrata lõhkeaine jälgede lokalisatsiooni ja plahvatanud lõhkeaine tüüpi (tundlikkus suurusjärgus 10^{-9} g trotüüli).

Sündmuskohal materjalide kogumisel ja proovide võtmisel tuleb vältida kontamineerumist. Pärast sündmuskohal töötamist on vaja puhastada kasutatud abivahendid (labidad, spaatlid, skalpellid). Kasutada ainult ühekordse kasutusega kindaid. Vältida lõhkeainete jälgede kandumist ühelt sündmuskohalt teisele.

Kogutud materjalide ja proovide transportimiseks kasutada pappkaste.

Alati tuleb eraldi (lahus) pakkida lõhkeained ja süütemehhanismid (sütikud, detonaatorid, jne), samuti võrreldavad materjalid. (Beveridge 1998: 75–99, 107–110.)

PROOVIDE KÄITLEMINE LABORIS

Põhiline nõue proovide käitlemisel, eriti ainejälgede uurimisel, on mistahes kontaminatsiooni vältimine. Tuleb meeles pidada, et isegi silmaga nähtamatud aineosakesed on tundlike seadmete jaoks piisav ainehulk, mis võib põhjustada vale või valepositiivse tulemuse.

Tööpinnad peavad olema puhtad ning kaetud töö alustamisel puhta, ühekordseks kasutamiseks mõeldud paberiga. Kui vähegi võimalik, tuleb kasutada ühekordseid töövahendeid või kontrollida iga kord nende, samuti kasutatavate lahustite jne puhtust. Samuti ei hoita erinevaid uuritavaid objekte töölaual ühel ajal. (Beveridge 1998: 118, 334–339.)

UURIMISMETOODIKAD/MEETODID

Uurimismetoodikate valikul peab lähtuma põhimõttest, et analüüsiks kasutatavad meetodid annaksid piisava informatsiooni ekspertiisimääruses esitatud küsimustele vastamiseks. Võimaluse korral tuleb kasutada aine identifitseerimiseks meetodite täpsusklasside kombinatsioon A + B, A + C või B + B + C.

Klassid näitavad kasutatava meetodi või meetodika täpsust ja usaldusväärsust otsuse langetamisel. Meetod või meetodika, mis lubab täpselt määrata aine või ühendi tema äärmiselt iseloomulike tunnuste põhjal, kuulub kõige täpsemasse ehk A-klassi. Meetod või meetodika, mis lubab määrata aine või ühendi võrdluse põhjal või lubab täpselt määrata aine või ühendi mingit olulist komponenti, kuulub B-klassi. Meetod või meetodika, mis lubab hinnata aine või ühendi tüübilist või grupilist kuuluvust, kuulub C-klassi.

Tuleb öelda, et kasutatavad vahendid, seadmed ja meetodikad on nii võrd tõhusad, et võimaldavad positiivselt lahendada pea kõik esitatud ülesanded.

Lõhkeainete, pürotehniliste segude ja plahvatusjärgsete aine jääkide uurimiseks ja tuvastamiseks kasutatakse uurimismetoodikaid vastavalt joonisel 1 toodud skeemile (Beveridge 1998: 123).



Joonis 1. Lõhkeainete, pürotehniliste segude ja plahvatusjärgsete ainejääkide uurimise põhimõtteline skeem.

Lõhkeainete mikroskoopiline uurimine ning määramine tõestusreaktsioonidega – C-klass

Pulbrilise materjali **uurimine mikroskoobi all** võib anda esialgse informatsiooni segus kasutatavate erinevate komponentide hulga kohta: on võimalik leida teatud ainete iseloomulikke tunnuseid, nagu peenestusaste erinevatel komponentidel või ühe ja sama komponendi ulatuses, segu värvus ja homogeensus, komponentide kristallide suurus ja kuju. Mikroskoobiga vaatamiseks võetakse väike kogus ainet, mis peab tagama kõigi võimalike segus olevate komponentide sattumise proovi, asetatakse see õhukese kihina uuriklaasile ning vaadeldakse (soovitavalt stereo-) mikroskoobiga.

Tõestusreaktsioonid põhinevad kvalitatiivse keemia põhimõtetel, kus teatud reaktsiooniproduktid või mõni muu reaktsiooni iseloomulik jälgitav tunnus viitab mingi konkreetse aine, ühendi või ühendite grupi esinemisele. Mõned tõestusreaktsioonid (näiteks nitraatioonile, oksüdeerijatele üldiselt) on väga tundlikud ja annavad nähtava pildi juba väga väikeste koguste juures, teised nõuavad suuremaid ainekoguseid ja ei ole seetõttu rakendatavad näiteks jälgede uurimisel. Oluline on teada, et uuritava aine(grupi) sarnase tunnusega reaktsiooni võib anda ka mõni muu ühend. Seega on tilktõestusreaktsioonid ainult esmase informatiivse tähtsusega, suunates edasist uurimiskäiku ja kontrollides esialgseid tulemusi. (Parker *et al.* 1975: 135–138.)

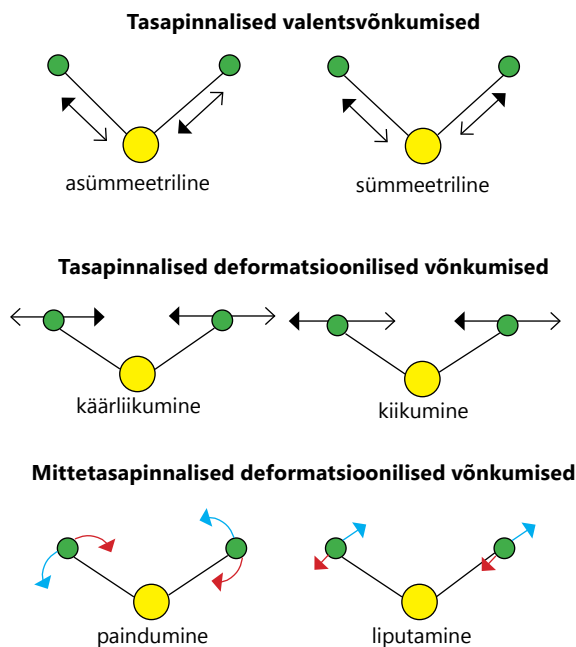
Tõestusreaktsiooniks võetakse väike kogus ainet (skalPELLI otsal ca 2 mm suurune “kuhi”) ja asetatakse see uuriklaasile. Kui proov ei ole eksperdi hinnangul piisavalt homogeenne, siis tuleb ta selliseks muuta – kas lisasegamisega või näiteks uhmerdamisega. Uhmerdada on siiski võimalik vaid selliseid proove, mille sellisel viisil käitlemise ohutuses ekspert on veendunud ja mis taluvad tugevat füüsilist mõjutamist. Pulbrilisele proovile lisatakse 1–2 tilka lahustit (olenevalt proovi iseloomust kas destilleeritud vett, atsetooni, heksaani või muud sobivat) ja seejärel vajalik kogus reagente (harilikult samuti 1–2 tilka) õiges järjekorras või lisatakse reagent (reagentid) ilma lahustita otse proovile. Nõutava aja jooksul jälgitakse oodatavaid visuaalseid tunnuseid: sademe teket ja selle värvi, gaaside eraldumist, mingi (intensiivse) värvuse teket või selle kadumist. (Parker *et al.* 1975: 135–138.)

Lõhkeainete infrapunaspiktromeetriline määramine – A-klass

Meetod põhineb keemilise ühendi funktsionaalsete gruppide infrapunases lainelas kiiritava sageduse neelamisel ehk absorbeerimisel. Absoluutsest nulltemperatuurist kõrgematel temperatuuridel on kõik aatomid molekulides üksteise suhtes pidevas liikumises ja vibreerimises. Kui aatomi vibratsiooni sagedus on sama kiiritava sagedusega, toimub sellel sagedusel neeldumine. Mõõdetakse selle neeldumise intensiivsust. (Sherman Hsu: 249–252.)

Infrapunane (IP) ala jagatakse kolmeks kitsamaks vahemikuks: lähi-IP, kesk-IP ja kaug-IP. Enamik seadmeid opereerivad keskmises infrapunases alas, mis on vahemikus $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ($2,5\text{--}25\text{ }\mu\text{m}$).

Erinevatel funktsionaalsetel gruppidel on erinevad, spetsiifilised neeldumissagedused, kusjuures igal funktsionaalsel grupil võib olla mitu iseloomulikku neeldumist. Neeldumisi annavad erinevad võnkeliigid, millest igal on oma sagedus. Harilik on olukord, kus domineerib üks või kaks liiki, teised on vähemtähtsad või puuduvad hoopis. Võnked on tasapinnalised või mittetasapinnalised ning võnkumiste käigus võivad muutuda sidemete pikkused ja/või valentsnurgad. Esimesel juhul räägitakse valents- ja teisel juhul deformatsioonvõnkumistest. Võimalikud võnkumise liigid on esitatud joonisel 2. (Sherman Hsu: 249–252.)



Joonis 2. Võnkumiste liigid orgaanilistes ühendites.

Infrapunase spektri olemasolu on iseloomulik eelkõige orgaanilistele ühenditele spetsiifiliste keemiliste sidemete olemasolu tõttu, seetõttu kasutatakse seda meetodit peamiselt orgaaniliste ainete määramiseks (Sherman Hsu: 249–252).

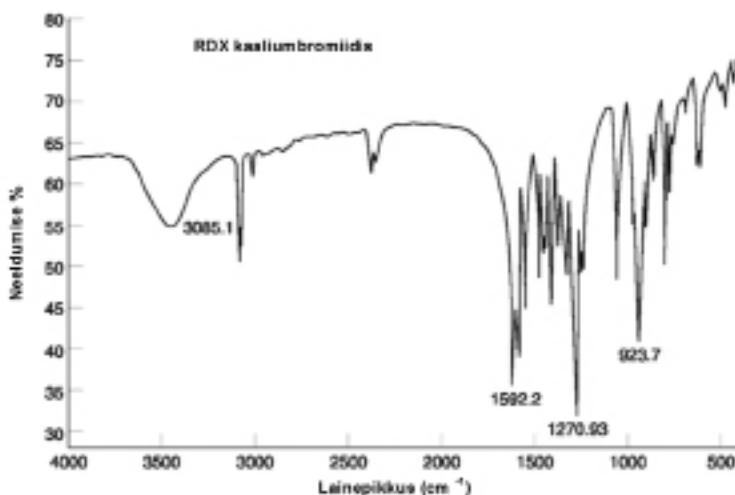
See meetod ei pruugi anda piisavat informatsiooni anorgaanilisi ühendeid sisaldavate ainete või segude korral, kuna paljudel anorgaanilistel ühenditel puudub mõõdetavas lainepikkuste vahemikus neeldumisspekter.

Andmebaasis olevate erinevate ainete spektrite võrdlemisel uuritava aine spektriga saab tihti kohe uuritava aine määrata. Keerulisem on olukord,

kui uuritav aine on segu mitmesugustest ühenditest, mis muudab saadud spektri väga kirjuks. Kasutades lahusteid (või muul meetodil) on tihti võimalik ainete segu lahutada üksikuteks komponentideks, seejärel uuritakse saadud komponente eraldi.

Infrapunaspetsmetriliselt saab määrata nii vedelikke kui tahkeid aineid. Proovi uurimiseks kasutatakse erinevaid ettevalmistusmeetodeid (ATR, KBr-tablett, õlis lahustamine), mida siinkohal täpsemalt ei kirjeldata.

Joonisel 3 on näitena esitatud heksogeeni (RDX) neeldumisspekter.



Joonis 3. Heksogeeni (RDX) neeldumisspekter KBr-tablett-tehnikaga.

Elementanalüüs skaneeriva elektronmikroskoobi ja energiadispersiivse röntgenanalüsaatoriga – B-klass

Ehkki elektronmikroskoopi kasutatakse peamiselt lasujäägi- ja metalliekspertiisis, on see meetodika kasutatav ka lõhkeainete ja eriti pürotehniliste segude uurimisel.

Elektronmikroskoobi tööpõhimõte on see, et kui uuritavat ainet elektronide vooga pommitada, toimuvad aine aatomite elektronkihtidest erinevate elektronide tagasipõrked või vastasmõjud pommitavate elektronidega ning teatava energia eraldumine. Selle tulemusena on võimalik saada erinevad pildid vastavalt vajadusele. (Phillips 2001: 311–316.)

- Pommitav elektron lööb ühest aine elektronihist välja seal olnud elektroni. Väljalöödud elektron on madala energiaga, selline nähtus toimub peamiselt pinna- ja pinnalähedase kihi elektronidega. Sellist põrget nimetatakse mittelelastseks põrkeks ning selliseid elektrone kaasnevateks elektronideks (ingl *secondary electrons*, SE).
- Pommitav elektron lendab sügavamale elektronkattesse ning aine tuuma mõjutusel põrkab ainst tagasi välja. Välja lendab seega

mitte aine elektron, vaid seesama pommitav elektron, mis on suure energiaga. Sellist põrget nimetatakse elastseks põrkeks ning selliseid elektrone peegeldunud elektronideks (ingl *backscattered electrons*, BSE).

- Kui aine sisemusse tungiv elektron lööb aine elektronvõrest välja ühe seal olnud elektroni, siis võtab vabaneva koha mõni järgmise, kaugema elektronikihi elektron. Selle elektroni üleminekuga kaasneb ka teatava energiahulga eraldumine. Keemiliselt on määratud, et iga keemilise elemendi iga elektronikihi mingile üleminekule vastab kindel energiahulk, seega on iga selline energiakiirgus iseloomulik ainult mingile konkreetsele keemilisele elemendile. Elementanalüüsi selle nähtuse alusel nimetatakse energiadispersiivne spektromeetria (ingl *energy dispersive spectrometry*, EDS) (Phillips 2001: 311–316).

Kõik need kolm signaali lähevad erinevatesse vastuvõtjatesse, mis annavad uuritavast aimest erinevad pildid. Kuna SE-elektronid tekivad peamiselt pinnal ja pinnalähedases kihis toimuvatest põrgetest, siis nad annavad aimest ruumilise pildi, st toimivad tavalise suurendusklaasina (vt foto 4 vasakul). Aine kristallide välimuse järgi on tihti võimalik otsustada segu valmistamise viisi üle, põlenud segule on iseloomulikud väikesed kerajad moodustised jne. Taolised kuulikesed olid ühe mahuka ekspertiisi juures määravad ühe pulbri klassifitseerimisel pürotehnilise segu põlemisjäägiks (vt foto 3).

BSE-elektronid annavad seevastu tasapinnalise pildi, milles ühtlase halli asemel on näha heledamad ja tumedamad alad või osakesed. See on tingitud sellest, et mida suurem on elemendi aatommass, seda rohkem elektrone sellest tagasi peegeldub ning seda heledam on pildil vastav ala (foto 4 paremal). Seega annavad BSE-elektronid võimaluse hinnata erineva aatommassiga elementide olemasolu ja jaotust aines.

EDS on elektronmikroskoobi juures täiesti iseseisev üksus. Saadud tulemus iseloomustab keemiliste elementide hulka ja proportsioone uuritavas aines. Elementpildi näidis on toodud joonisel 4.

Lõhkeainete ekspertiisil on peamised SEM/EDX-ga uuritavad ained erinevad pürotehnilised segud. Meetod ei sobi puhaste orgaaniliste ainete uurimiseks, kuna nad sisaldavad harilikult ainult kolme peamist elementi (süsinik, hapnik, lämmastik, vesinikku elektronmikroskoop ei näita) ning seetõttu ei ole võimalik saada pilti, mille põhjal saaks uuritavat ainet täpselt identifitseerida.

Meetodi miinus on, et ei ole võimalik avastada aineid või elemente, mille sisaldus on alla 0,1–0,5%. Ka peavad eksperdil olema laialdased teadmised ja kogemused, et leitud elementide põhjal hinnata võimalikke ühendeid uuritavas aines.

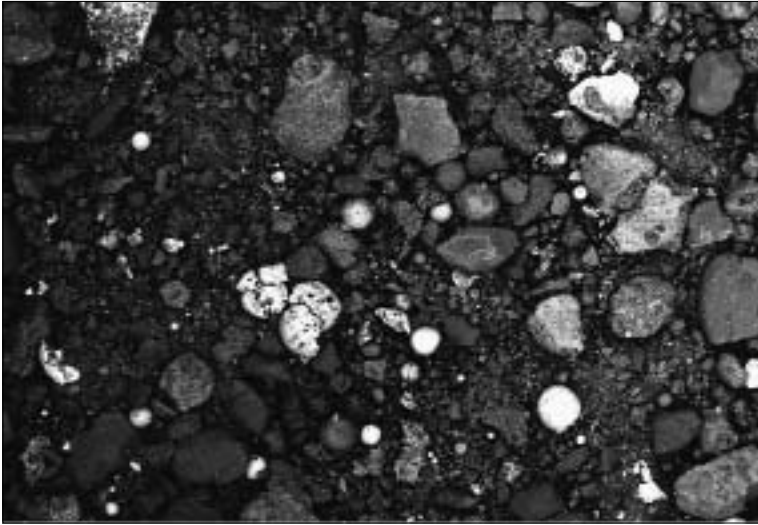


Foto 3. Pürotehnilise segu põlemisel tekkinud kuulikesed pulbris.

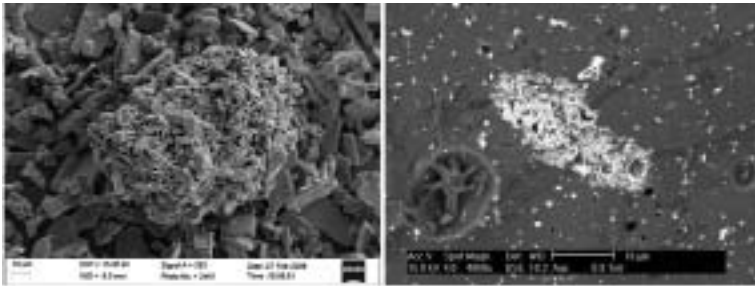
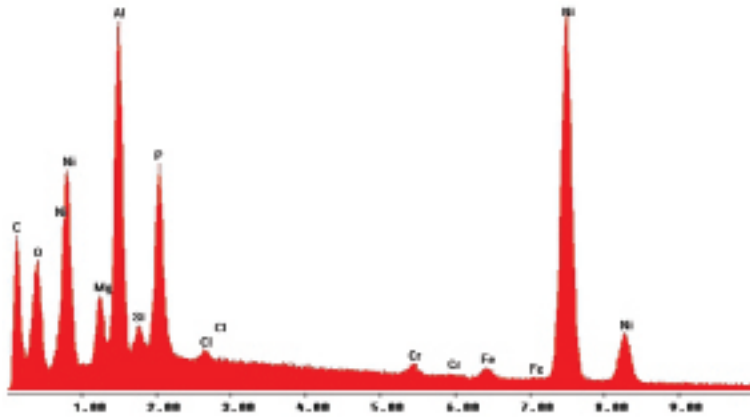


Foto 4. SE kujutis (vasakul) ja BSE kujutis (paremal).



Joonis 4. EDS elementpilt.

KROMATOGRAAFIA JA MASSISPEKTROMEETRIA

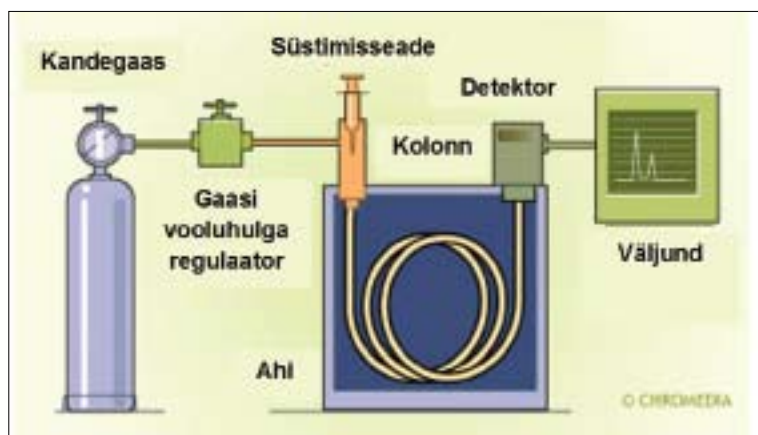
Üldpõhimõte ja liigid

Kromatograafia avastati juba 1903. aastal, praegusaegse variandi leiutasid Martin ja Snyge (Nobeli preemia 1953. aastal). Lõhkeainete ja pürotehniliste segude uurimisel tehakse valdav osa analüüsides just kromatograafiliste meetoditega. Lühidalt öeldes on kromatograafia meetod, mis võimaldab uuritavate ainete segu või segulahuse läbi adsorbendi liikudes lahutada segus olevaid aineid üksikuteks ühenditeks või lähedaste ühendite gruppideks.

Kromatograafia jaguneb mitmeks alaliigiks. Adsorbent võib asuda (reeglina silindrilises) kolonnis (kolonnkromatograafia). Väga peenikese ja pika kolonni puhul on tegemist **kapillaarkolonniga**. Kui täitematerjal ehk adsorbent täidab kogu kolonni, on tegemist **täidiskolonniga**, kui adsorbent, kas vedelik või tahke aine, on õhukese kelmena kolonni siseseinal, on tegemist **kelmekolonniga**. Adsorbent võib asuda ka mitte kolonnis, vaid tasapinnaliselt (planaarkromatograafia). **Planaarkromatograafia** näited on paber- ja õhekihikromatograafia, mille skeem on toodud õhekihikromatograafiat käsitlevas punktis.

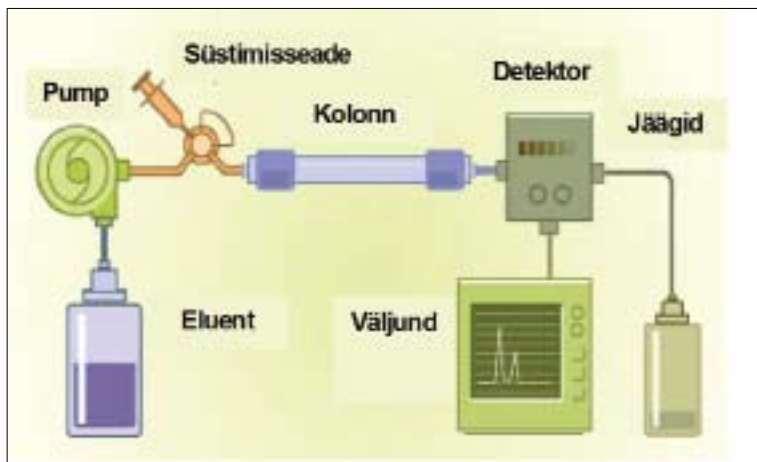
Vastavalt uuritava proovi olekule ja läbi kolonni juhtimise viisile jaotatakse kromatograafia **gaasikromatograafiaks** (uuritav proov kantakse läbi kolonni inertgaasi keskkonnas) või **vedelikkromatograafiaks** (uuritav proov kantakse läbi kolonni mingi vedelikuga).

Gaasikromatograafi põhimõtteline ehitus on esitatud joonisel 5.



Joonis 5. Gaasikromatograafi põhimõtteline ehitus.

Vedelikukromatograafi põhimõtteline ehitus on toodud joonisel 6.



Joonis 6. Vedelikukromatograafi põhimõtteline ehitus.

Ainete detekteerimiseks on arendatud mitmesuguseid detektori tüüpe (nt leekionisatsioon- ja juhtivusdetektor), mis registreerivad ainete väljumise piikidena ning tekib kromatogramm. Üks tänapäevane ja juba laialt kasutatav detektor on **massispektrometriline detektor**, mis on väga tundlik ja täpne. Massispektrometria on väga täpne eelkõige seetõttu, et massispektri annavad põhimõtteliselt kõik ained ning puhastest ainetest saadud massispektrid on tavaliselt iseloomulikud ja unikaalsed. Meetodil on äärmiselt madal avastamispiir, seetõttu on see sobilik näiteks ainejälgede analüüsiks. Massispektrometriat käsitletakse põhjalikult toksikoloogiat puudutavas peatükis.

Kromatograafi kasutatakse nii kvalitatiivse eesmärgiga (ainete identifitseerimine) kui ka kvantitatiivsel eesmärgil (et mõõta lisamis- või kalibreerimismeetodi põhimõttel uuritavate ainete koguseid).

Tänapäeval on harilikult kogu kromatograafiline protsess arvutiga juhitav ja kontrollitav.

Lõhkeainete gaasikromatograafiline-massispektrometriline määramine – A-klass

See meetod võimaldab uurida proove, mis lahustuvad teatud orgaanilistes lahustites ja mis on antud kromatograafiliste tingimuste juures termiliselt täiesti või olulisel määral püsivad.

Probleem, miks seda meetodit ei ole alati ja kõigi lõhkeainete puhul võimalik kasutada, on selles, et paljud ained ei saa aurustamiseks vajalikul temperatuuril eksisteerida ja seetõttu lagunevad. Kolonni satuvad sejärel algainest pärit laguproduktid. Ometi on paljudel juhtumitel ka selliselt võima-

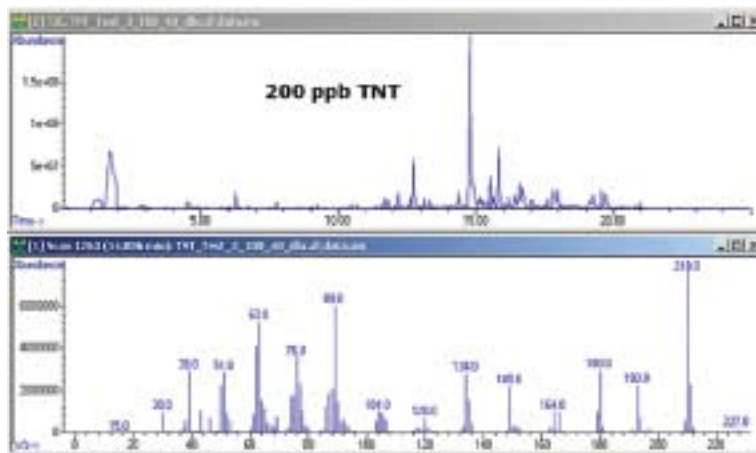
lik ainet määrata, kasutades võrdlusainet, mis peab kolonnis määratud tingimustel käituma sarnaselt uuritava prooviga, ja teades erinevatest ainetest tekkivaid erinevaid, ainult mingile kindlale ainele või ühendile iseloomulikke laguprodukte. (Beveridge 1998: 321–239.)

Ainete identifitseerimine toimub uuritava aine ning võrdlusaine väljumis- aegade ning massispektrite võrdlemise teel.

Uuritav aine või ainejälgi sisaldav proov lahustatakse või ekstraheeritakse orgaanilises lahustis, filtreeritakse ning vajadusel kontsentreeritakse, misjärel proov on analüüsiks valmis. Oluline on jälgida, et seadmesse ei süstitaks liiga suurt kogust ja liiga kontsentreeritud ainet.

Meetodi tundlikkus erinevatele ainetele on väga erinev, jäädes üldiselt suurusjärku 10 nanogrammi ainet. Meetod on mõnel juhul kasutatav ka ainejälgede uurimiseks (Beveridge 1998: 321–239).

Tüüpiline kromatogramm koos uuritava aine massispektriga on esitatud joonisel 7.



Joonis 7. TNT-d sisaldava proovi kromatogramm koos uuritava aine massispektriga.

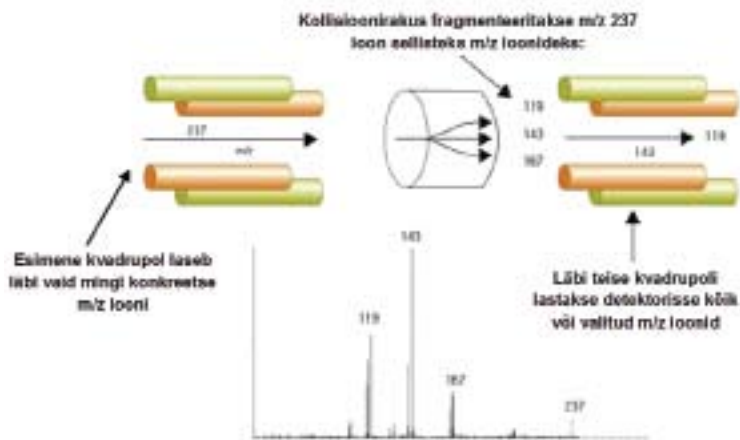
Lõhkeainete vedelikkromatograafilise-massispektromeetiline kvalitatiivne määramine – A-klass

Vedelikkromatograafiaga saab uurida aineid ja segusid, mis ei ole aurustatavad gaasifaasi või ei ole püsivad kõrgematel temperatuuridel, kuna vedelikkromatograafis (vt eespool joonis 6) läbib proov kolonni lahusena madalal temperatuuril.

Liikuvaks faasiks on vedelik, mida nimetatakse **eluendiks**. Vedelikkromatograafias kasutatavad eluendid on sageli kahe või enama lahusti (lahusti) segu. Eluendi koostis mõjutab nii analüütide retentsiooniaegu kui selektiivsuskoeffitsienti. Ühendite mittepiisava lahutumise korral on lahenduseks erinevate eluentide kasutamine või gradientelueerimine – eluendi koostise või kontsentratsiooni muutmine analüüsi käigus. (Beveridge 1998: 239–242, Jovanic, Analysis of Explosive Residues in Soil.)

Meetodi tundlikkust suurendab kahe järjestikuse massispektromeetri kasutamine (LC-MS-MS). Sellisel juhul rakendatakse esimest spektromeetrit selektorina, mis laseb läbi vaid teatud massiioone, võimaldades leida uuritava proovist väga väikseid ainekoguseid (arvestades retentsiooniaegu, ei ole eriti tõenäoline mitme sama massiga ühendi üheaegne esinemine). Kollisioonirakus lõhutakse selekteeritud ioon taas väiksemateks tükkideks, mis on igale keemilisele ühendile äärmiselt iseloomulikud. Teist massispektromeetrit kasutatakse taas kui selektorit, mis laseb läbi vaid teatud, otsitavad massiioonid (kuna iga ühend annab kindlates tingimustes iseloomulikud fragmendid, siis selekteerides teise massispektromeetriga välja vajalikud fragmendid ning kontrollides nende esinemist, on välistatud erinevate ühendite koos esinemine. Seetõttu saab sellise meetodiga viia aine avastamispiiri äärmiselt madalale). Seda põhimõtet illustreerib joonis 8.

LC-MS-MS tundlikkus on suurusjärgus isegi kuni mõni pikogramm ainet.

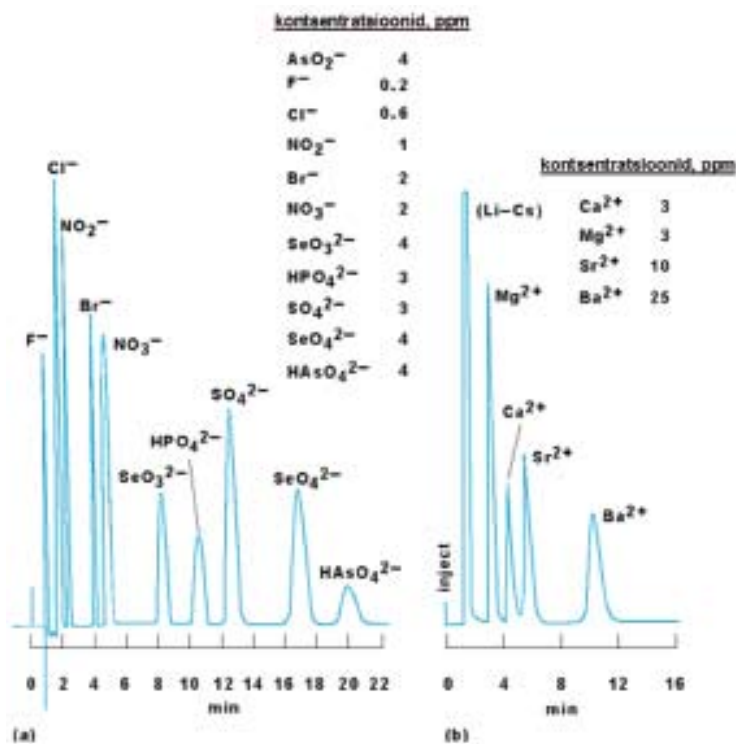


Joonis 8. Kahe järjestikuse massispektromeetri kasutamise põhimõte.

Lõhkeainete ionkromatograafiline kvalitatiivne määramine – B-klass

Selle meetodiga on võimalik määrata peamiselt vees lahustuvaid anorgaanilisi ühendeid, kuid õigesti valitud kolonni korral on võimalik ka mitmete orgaaniliste, vees lahustuvate ainete määramine. Ioonkromatograafiaga määratakse anorgaanilised või orgaanilised ühendid ioonidena (enamasti kasutatakse meetodit pürotehniliste segude uurimiseks). Lahustumisel vees laguneb aine positiivse laenguga katiooniks ning negatiivse laenguga aniooniks. Anioonid ja katioonid määratakse eraldi. Peamine erinevus teiste kromatograafiatega võrreldes seisneb selles, et tulemusena saadakse algühend vähemalt kaheks iooniks lagundatuna. Saadud tulemuste alusel tuleb leitud anioonid ja katioonid ka omavahel uuesti nn loogiliselt siduda kõige tõenäolisemateks algaineteks. Mida rohkem on uuritavas proovis erinevaid aineid, seda suurem on erinevate tekkivate ioonide ja tulenevalt sellest ka võimalike kombinatsioonide arv. Sellisel juhul on vaja nii eksperdi suuri keemiaalaseid teadmisi kui ka analüüsi tulemuste väga head lugemisoskust, et selekteerida välja kas kõige tõenäolisemad või ideaalsel juhul ainuvõimalikud algühendid.

Samuti annavad teatud ühendid vesilahuses pöördumatuid keemilisi reaktsioone, mille tagajärjel võib mõni aine uuritavast proovist kaduda – välja sadeneda või eralduda gaasina. Siiski esineb sellist ekstreemset varianti üli-



Joonis 9. Anioonide (vasakul) ja katioonide (paremal) kromatogramm.

harva, lisaks kasutatakse alati paralleelselt mitut meetodit, mis lõppkokkuvõttes võimaldavad tuvastada ka ühe meetodi jaoks n-ö varjatud ühendid.

Vastavalt saadud piikide pindaladele võimaldab meetod ka leitud ioonide kontsentratsiooni määramist, mille abil on võimalik näiteks hinnata ühe või teise ühendi sisalduse määra mingis segus, mis on üldjuhul ligikaudne. Meetod on võrdlemisi tundlik, lubades määrata ioone kontsentratsioonidel mõni mikrogramm liitris. (Beveridge 1998: 251–256.) Joonisel 9 on näitena esitatud anioonide ja kationide kromatogramm.

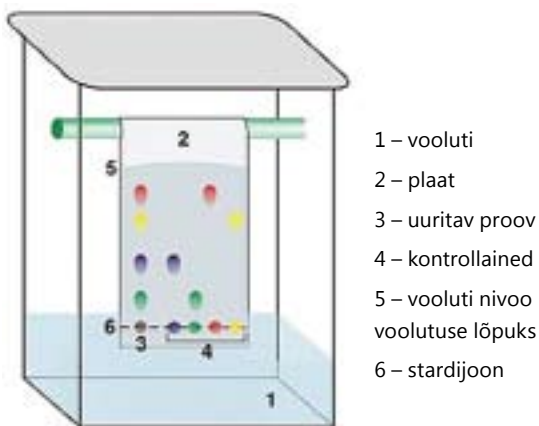
Lõhkeainete õhekihikromatograafiline määramine – B-klass

Õhekihikromatograafia ehk lihtsalt kihtkromatograafia on kromatograferimise tehnika, kus keemiliste ühendite segu lahutatakse tasapinnalisele inertsest materjalist plaadile kantud adsorbendi kihis (0,2–2 mm silikageel, alumiiniumoksiid, tselluloos vm). See on üks planaarkromatograafia meetod, mis on illustratiivselt esitatud joonisel 10.

Ained (proov (3) ja standardühendite lahused (4)) kantakse väikeste täpikestena plaadi (2) alaserva lähedale stardijoonele (6). Seejärel asetatakse plaat püstiselt elueerimisnõusse, mille põhjas on vooluti (1) (lahusti või lahustite segu), ja nõu suletakse. Vooluti tõuseb kapillaarjõudude mõjul piki plaati ülespoole ja sellega koos hakkavad ülespoole liikuma ka stardijoonele kantud ained. Kuna erinevad ained omavad adsorbendi suhtes erinevat polarsust, siis nad liiguvad erinevate kiirustega ja lahutuvad üksteisest laikudena. Plaat võetakse nõust välja, kui vooluti nivoo (5) on jõudnud plaadi ülaserava lähedale. Seejärel plaat kuivatatakse. Kui plaadil ei ole nähtavaid laiuke, siis tuleb lahutunud ainete asukohta määramiseks plaati ilmutada vastavate reagentidega. Töötlemiseks kasutatakse plaadi ilmutamist näiteks joodi aurudega, Griessi reagentiga, fosformolübddeenhappe lahusega jm, samuti kiiritamist UV-valguses. (Beveridge 1998: 247–249.)

Voolutusaeg on erinevate voolutite kasutamise korral väga erinev, samuti on erinevad kasutatava plaadi mõõdud. Ilmutamise korral on kasutuses peamiselt kaks meetodit: kogu pinna ilmutamine või selektiivne tsoonilmutamine. Viimasel juhul jagatakse plaat kõrguse järgi erinevateks tsoonideks, millest igaüks ilmutatakse erinevalt ja teistest sõltumatult. Seda meetodit kasutatakse teatud ainete segude korral, kus ühe aine tuvastamiseks kasutatav ilmuti võib kustutada mõne teise ühendi. Sellisel juhul aitab tsoonideks jagamine, muidugi juhul, kui need kaks ainet eristuvad üksteisest piisavalt kõrguse järgi. (Beveridge 1998: 247–249.)

Ilmutamisel tekivad plaadi pinnale laigud, mis erinevad üksteisest värvilt ning asukohalt (kauguselt stardijoonest). Kuna selle meetodi juures tuleb alati sama plaadi peal kasutada võrdlusaineid, siis saab aine määrata vaid juhul, kui nii selle laigu värv kui kaugus stardijoonest on sama (kokkulangev) võrdlusaine näitajatega.



Joonis 10. Õhekihikromatograafia põhimõte.

Vastavate voolutite ja ilmutite kasutamise korral on meetod rakendatav nii orgaaniliste kui anorgaaniliste ainete lahutamiseks. Meetodi tundlikkus on suurusjärgus $0,1 \mu\text{g}$ ainet.

Meetodi eelis on suhteliselt väike aja- ja ressursikulu ning võimalus analüüsida korraga suurt hulka proove. Meetodi puudus on see, et tihti on erinevate laikude värvide hindamine laikude heleduse ja värvitoonide vähesel erinevuse tõttu raskendatud. (Beveridge 1998: 247–249.)

Need on EKEI-s peamised meetodid, mida kasutatakse lõhkeaineekspertiiside tegemisel. Võimalikke variante on aga palju rohkem, igal neist on mingi omapära, loomulikult omad plussid ja miinused ning konkreetne kasutusala.

KÜSIMUSED EKSPERDILE

Ehkki võib öelda, et iga kuritegu on mingis mõttes unikaalne ja individuaalse lähenemisega, on lõhkeaineekspertiisi peamine ülesanne uuritava aine kindlakstegemine, mitte kuriteo asjaolude uurimine, seetõttu on ka eksperdile esitatavad küsimused, hoolimata juhtumite iseärasustest, peaaegu samad.

Kui on tegemist naturaalsel kujul / puhta lõhkeainega või lõhkeainekahtlase ainega, siis tavalised uuritavat ainet puudutavad küsimused on järgmised.

- **Kas esitatud aine näol on tegemist lõhkeainega, kui jah, siis millisega?**

See on harilikult ka mistahes juhtumi korral kõige olulisem küsimus, millele vastamiseks kasutataksegi ülalmainitud meetodikaid.

- **Kas esitatud aine kuulub lõhkematerjalide hulka?**

Tuleb märkida, et lõhkematerjaliseadus laieneb tsiviilkäibes

kasutatavatele lõhkeainetele ja pürotehnilistele vahenditele. Tsiviilotstarbeliste lõhkeainete kasutamist reguleerib ka Euroopa Liidu riikides Euroopa direktiiv 93/15/EEC. Mõned riigid on toonud välja vastavuses selle direktiiviga omad lõhkeainete nimekirjad. Samas on esitatud küsimus oma iseloomult selgelt juriidilist laadi, millele vastamine ei ole keemiaekspertiisi pädevuses. Vastus sellele küsimusele antakse reeglina viitega lõhkematerjaliseadusele, näiteks – esitatud aine on suitsuta püssirohi, mis on nn paiskelõhkeaine ja kuulub lõhkematerjaliseaduse tähenduses lõhkematerjalide hulka.

- **Kas esitatud lõhkeained on valmistatud tööstuslikult või kodusel teel (omavalmistatud)?**

Sellele küsimusele vastamine nõuab ekspertiisilt kogemusi ja teadmisi, mis võimaldab otsida ja leida uuritavast ainest teatavaid eritunnuseid, ka väliseid, mis (ideaalsel juhul) selgelt viitavad aine valmistamise viisile. Uuritava aine välised tunnused ja teatavate lisandite esinemine või puudumine on peamised asjaolud hindamisel. Tavaliselt on omavalmistatud aineteks pürotehnilised segud (nn pauksegu, tihti ka must püssirohi), ent erinevaid retsepte ja tehnoloogiaid lõhkeainete sünteesimiseks ja segamiseks on võimalik leida ka internetist (lihtsamini sünteesitavatest ainetest näiteks triatsetoontriperoksiid ehk TATP, samuti nitroglütseriin, mille valmistamine on lihtne, samas on mõlemad ained äärmiselt tundlikud igasugusele mõjutusele ja väga ohtlikud käitlemisel. Keerulisematest ja aeganõudvama sünteesiga ainetest on levinuimad vast TNT ja heksogeen). Võrdlusmaterjali olemasolu korral esitatakse võrdlevaid, identifitseerimise laadi küsimusi (küsimused liigilise või grupilise kuuluvuse kohta, samuti samasuse (pärimine ühest kindlast kogumist) kohta). Need küsimused on järgmised.

- **Kas võrreldavad tahked lõhkeaine tükid (täpsustada) on eelnevalt moodustanud terviku?**

Näiteks võib tükeldada trotüülipakke, ammoniidi- või dünamiidipulkasid, isegi leitud, nt sõjaajast pärit laskemoona. Kui neid tükke leitakse erinevatest kohtadest ja on kahtlus, et nad võisid moodustada esialgselt terviku, siis võib esitada nimetatud küsimuse. Samas, üksnes välimuse ja kuju põhjal terviku moodustumise hindamine ei ole ainult keemiaekspertiisi pädevuses.

- **Kas leitud (omavalmistatud) lõhkeseadeldises kasutatud lõhkeaine pärineb kahtlustatava juurest leitud lõhkeaine kogumist?**

- **Kas sündmuskohal plahvatanud lõhkeaine on samaliigiline kahtlustatava juurest leitud lõhkeainega/lõhkeainetega?**

Nendele küsimustele vastamise võimalikkus, samuti vastuse ulatus,

sõltuvad suuresti esitatud materjalide hulgast ning iseloomust. Kui tegemist on standardsete, ilma eritunnusteta tööstuslike lõhkeainetega, on võimalik kindlalt väita vaid võrreldavate lõhkeainete ühesugusust/kokkulangevust liigilise kuuluvuse alusel. Kui aga tegemist on mingi omavalmistatud seguga või ebastandardse lõhkeainega, samuti ainega, millel on teatavad selged eritunnused, ning need asjaolud on kokkulangevad nii uuritavas kui võrreldavas materjalis, on võimalik hinnata ainete kuulumist/mittekuulumist ühte kogumisse.

Esitatud lõhkeaine kasutamiskõlblikkust puudutavaid küsimusi ei ole eriti otstarbekas määrata. Ka väga vanad lõhkeained ja lõhkekehad (näiteks II maailmasõja aegsed), samuti niiskunud lõhkeained pärast kuivamist on täiesti võimelised detoneerima. Vananemine (eriti niiskuse toimel) halvendab eelkõige pürotehniliste segude kvaliteeti kuni selle määrani, et uuritav segu isegi enam ei sütti. Sellest hoolimata võib esitada järgmise küsimuse.

- **Kas uuritav aine või ainete segu on kasutuskõlblik?**

See küsimus kuulub lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi valdkonda, keemiaekspert annab sellele küsimusele pigem hinnangulise vastuse. Küsimus on õigustatud aga kindlasti juhtudel, kui esitatud aine välimus lubab eeldada, et sellega on toimunud (keemilised) muutused, mis võivad oluliselt mõjutada aine käitumist lõhkeainena või pürotehnilise seguna. Negatiivse vastuse korral (ehk aine kasutuskõlbmatuks tunnistamisel) võib sellel olla juriidiline tähendus uurimise aspektist lähtuvalt.

Plahvatuskoha uurimisel on tihti ainus võimalik küsimus:

- **Kas plahvatanud aine oli lõhkeaine või pürotehniline segu, kui jah, siis milline?**

Ideaalsel juhul on võimalik esitatud materjali uurides saada ka vastus uuritava aine (võimaliku) päritolu ja/või valmistamisviisi kohta.

EKSPERDIARVAMUS

Ekspertarvamuse kujundamisel lähtub ekspert kahest järgmisest aspektist:

- uurimismeetoditega saadud tulemustest ja
- oma kogemustest.

Ekspertiisi objekti uuritakse esmalt visuaalselt, tehes kindlaks tema olulised välistunnused (pulber, graanulid, tahke aine) ning antakse tema võimaliku koostise kohta hinnang. Hinnangu andmisel on abiks välistunnused (värv, osakeste kuju ja suurus), mis on tihti iseloomulikud mingitele konkreetsetele lõhkeainetele (must ja suitsuta püssirohi on enamasti väga iseloomuliku välimusega). Seejärel uuritakse esitatud objekti/aineid, kasutades joonisel 1 esitatud skeemi.

Uurimistulemuste alusel identifitseeritakse lõhkeaine ja/või selle komponendid ning määratakse lõhkeaine liik.

Keerulisemad on juhtumid, kus kasutatud analüüsimeetodid ei anna kindlat ja üheselt tõlgendatavat lõpptulemust.

- Tegemist võib olla mitteklassikaliste omavalmistatud pürotehniliste segudega, mis võivad sisaldada väga suurt hulka erinevaid ühendeid.
- Tegemist võib olla isetehtud lõhkeainetega, kus näiteks juhul, kui täielikuks reaktsiooniks vajalikke tingimusi ei saavutatud, sisaldab sünteesitud aine lisaks soovitud lõpp-produktile rohkemal või vähemal määral erinevaid vahe- või kõrvalprodukte või pole soovitud lõpp-produkti üldse tekkinudki.
- Isevalmistatud lõhkeaseade, milles olevad plahvatusjäädgid pärinevad mingist tavatust lõhkeainest.

Sellistel juhtumitel on eksperdi kogemused hindamatu väärtusega. Näiteks ioonkromatograafia saadud tulemusi tõlgendades on vaja osata omavahel seostada uuritavast segust leitud erinevaid anioone ja katioone ning hinnata, millised võiksid olla segus kasutatavad ühendid. Samamoodi tuleb ka näiteks elementanalüüsil saadud tulemused siduda tervikuks, st hinnata, milliseid ühendeid leitud elemendid võivad moodustada. Oluline on tunda põhjalikult lõhkeainete keemiat ning pürotehniliste protsesside olemust, teada põlemisprotsessi ning reaktsioonide põhimõtteid. Ühendid, mis on segus enne selle plahvatamist esindatud, erinevad täielikult ühenditest, mis leiduvad plahvatusjäädikides. Ekspert peab suutma ka leitud plahvatusjärgsete ainete alusel otsustada, milline võis algsegu koostis tõenäoliselt olla.

KOKKUVÕTE

Tuleb õnneks tunnistada, et plahvatanud objektide uurimist ei tule just väga tihti ette. Suur osa plahvatusi on tingitud rohkem õnnetusjuhtumitest. Juunis 2011 lendas tükkideks n-ö saluutlasku tegev kahur, laskja käsi sai tugevaid vigastusi; standardse detonaatori plahvatusjuhtum toimus Kose vallas 2. augustil 2007, kui nooruk üritas detonaatorit kääridega lõigata. Kohapeal eraldus poisi käelt kaks sõrme, kaks tuli hiljem amputeerida.

Eesti lähimineviku tuntuim pommimees on kahtlemata Lasnamäel tegutsenud Märt Ringmaa, kes aastatel 1998–2005 korraldas süüdistuse järgi kokku 11 pommiplahvatust, milles hukkus seitse ja sai vigastada kuus inimest.

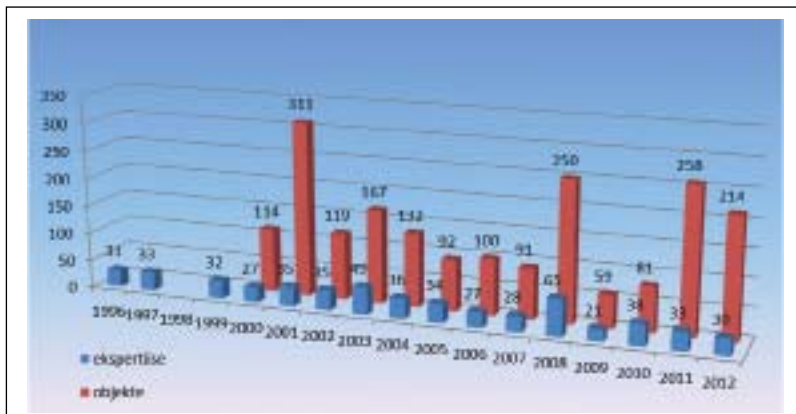
Peamised uurimisobjektid on ained, mida inimesed on ise vabatahtlikult politseile või päästeametile välja andnud või mille politsei on kätte saanud. Palju on Nõukogude ajast pärit aineid, näiteks trotüül ja jahimeestele mõeldud suitsuta püssirohi “Сокор”. Lõhkeaineekspertiisi arvude statistika on näidanud viimastel aastatel küllaltki stabiilset seisu. Ülekaalus on ekspertiisid, mis on tehtud läbiotsimistel leitud lõhkeainetega, sinna sekka mõned plahvatused nii õnnetusjuhtumitena kui ka tahtlikult esilekutsututena. Leidub ka omavalmistatud lõhkeaineid, peamiselt siiski pürotehnilisi segusid, püssirohtusid omavalmistatud torupommidest jne.

Joonised 11 ja 12 kajastavad lõhkeaineekspertiisi viimaste aastate statistikat. Joonisel 11 on toodud viimase 17 aasta ekspertiiside hulk ja neile vastav objektide arv. Ehkki võib tuua välja keskmise objektide hulga ühe ekspertiisi kohta, ei kajasta see number tegelikku olukorda. Valdav osa ekspertiise on väikese objektide arvuga (1–3 objekti), ent igal aastal satub sekka paar juhtumit, kus objektide arv on 50 ja rohkem. Ekspertiiside hulk on aastate lõikes püsinud võrdlemisi stabiilsena, olles vahemikus 25–35 ekspertiisi aastas. Eristuvad vaid aastad 2003 (49 ekspertiisi) ja 2008 (65 ekspertiisi).

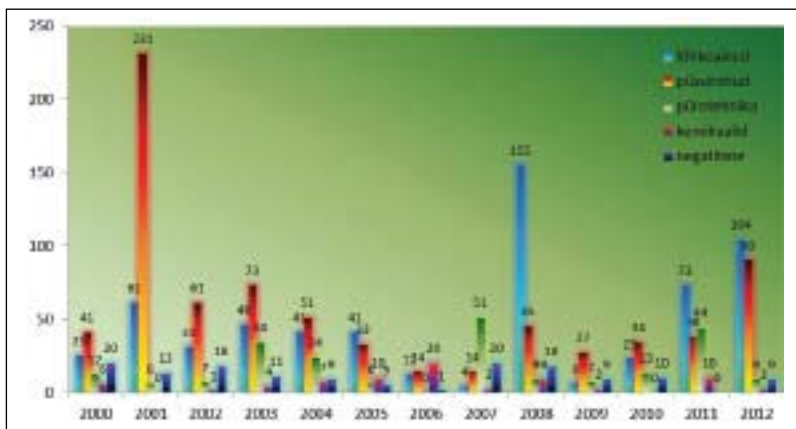
Joonisel 12 on näidatud esitatud ekspertiisiobjektide liigitamine erinevatesse gruppidesse: lõhkeained, püssirohud, pürotehnika, erinevad kemikaalid ja negatiivsed leiud. Negatiivsete leidude all peetakse silmas seda, et esitatud objektidest ei leitud lõhkeainete, pürotehniliste segude ega teatavat tüüpi kemikaalide jälgi.

Tõenäoliselt ei kao lõhkeaineekspertiisi ka tulevikus kuhugi. Nii nagu alati on olnud pommiinimesi, alates poisikestest, kes tuletikusüütesegust ja kivikestest pauguti ehitavad, kuni tõeliste massiterroristideni välja, on neid ka edaspidi. Muutuda võib kasutatavate ainete hulk ja päritolu. Vaevalt et nõukogudeaegsed ained niipea otsa lõpevad ja turult kaovad, aga ilmselt võib enustada isevalmistatud ainete osakaalu suurenemist ja samuti uute, mitmes mõttes efektiivsemate ainete pealetulekut. Uurimiseks kasutatavate seadmete võimekust arvestades ei ole eksperdi jaoks selles mitte midagi kohutavat.

Kindlasti ei saa ka tulevikus alahinnata võimalikku terrorismiohtu. Peale 2001. aasta USA kaksiktornide juhtumit on lennujaamade turvakontroll



Joonis 11. Ekspertiiside ja neile vastavate objektide hulk aastatel 1996–2012.



Joonis 12. Erinevat tüüpi ekspertiisiobjektid aastatel 2000–2012.

viidud äärmiselt kõrgele tasemele ja välditud peaks olema mistahes lõhkeainete viimine lennukitesse. Seda aitavad tagada mitmesugused pagasi skaneerimise seadmed. Ent ei tasuks arvata, et ka halbade kavatsustega inimeste ja rühmituste kasutatavad meetodid ei arene. Mõni aasta tagasi jäi Inglismaalt USA-sse suunduva lennuki peale laadimata üks värviprinter. Tege mist oli originaalpakendis oleva kaubaga, nii pakend kui selle avamisel välja tulnud toode olid väliselt rikkumata. Ometi tegi turvatöötajaid rahutuks läbivalgustamisel nähtav väike ristkülikukujuline tükk toote küljepaneeli all. Avamisel selgus, et printeri tooneris oli tindipulber asendatud lõhkeainega PETN ning küljepaneeli all olev detail oli osa taimerist. Sellisel viisil peidetud lõhkeainet ei tuvastanud ka lõhkeainete detekteerimiseseadmed.

Lisaks on olemas rida sünteetilisi lõhkeaineid, mis on praegu laborites katsetamisjärgus. Sellised ained nagu oktanitrokubaan (ONC), 4,4'-dinitro-3,3'-diazenofuroksaan (DDF) ja heksanitroheksaazaisowurtzitaan (CL-20) (Akhavan 2004: 15) on teadaolevalt kõige suurema plahvatusjõuga lõhkeained plahvatuskiirusega ligikaudu 10 km/s ja suhtelise plahvatuse efektiivsus-

koefitsiendiga ligikaudu 2 või üle selle (http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_effectiveness_factor).

Üks uuem suund või võimalus võib tulevikus olla ka uuritavast ainest mitmesuguste lisandite ja jälgede alusel uuritavate ainete grupeerimine. Nagu eespool mainitud, on tööstuslike segulõhkeainete puhul võimalik mõnikord isegi tootjat kindlaks teha. Põhimõtteliselt on see võimalik ka puhaste ainete korral. Iga tootmisprotsess erineb teistest mingite pisinüansside poolest, samuti on tihti tegemist erinevatest allikatest pärit toorainetega. Kõik see jätab valmistootetele oma jälje. Aines leiduvate tootmisprotsessist tingitud mikrolisandite uurimine võib olla viide tootja kindlakstegemiseks.

Kasutatud kirjandus

- Akhavan, J. The Chemistry of Explosives, 2004, 2nd edition. The Royal Society of Chemistry.
- Armolik, E. Lõhkeaineekspertiisi juhend uurijatele, 2004. KEKK.
- Beveridge, A. Forensic Investigation of Explosives, 1998. Taylor & Francis Ltd.
- Jovanic, P. B. Analysis of Explosive Residues in Soil. Institute for plant protection and environment, Department of environmental protection.
- Parker, R. G. et.al., Analysis of Explosives and Explosive Residues. Part 1. Chemical Tests, J Forensic Sci, Jan.1975, Vol.20, No.1, lk 135–138.
- Phillips, S. Pyrotechnic Residue Analysis – Detection and Analysis of Characteristic Particles by SEM-EDS. Problems of Forensic Sciences, vol. XLVI, 2001, lk 311–316.
- Sherman Hsu, C.-P. Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry. Chapter 15. Infrared Spectroscopy.
- http://www.chuckhawks.com/blackpowder_pyrodex.htm.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_effectiveness_factor.
- <http://www.musketeer.ch/blackpowder/history.html>
- http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Black_powder#cite_note-0.
- <http://www.ordnance.org/classifi.htm>.

Fotod:

Foto 1, 2, 3 – EKEI ekspertiisimaterjalid

Foto 4 – <http://research.kingston.ac.uk/kas/sem.html> (vasakpoolne), <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/17217> (parempoolne)

Joonis 1 – Beveridge 1998, lk 123

Joonis 2 – <http://www.ptli.com/testlopedia/tests/FTIR-E168andE1252-more.asp>

Joonis 3 – <http://what-when-how.com/forensic-sciences/analysis/>

Joonis 4 – http://www.sensore-electronic.com/en/SEMEDX_ChemicalElementalAnalysis.html

Joonis 5 – <http://www.chromedia.org/chromedia?waxtrapp=yqegzCshqOxmOIIecCbC&subNav=yarwnEsHqOxmOIIecCzBYT>

Joonis 6 – <http://www.chromedia.org/chromedia?waxtrapp=yqegzCshqOxmOIIecCbC&subNav=yarwnEsHqOxmOIIecCzBYT>

Joonis 7 – <http://blog.avivanalytical.com/2012/10/tetryl-analysis-with-5975-smb-gc-ms.html>

Joonis 8 – http://www.waters.com/waters/en_US/What-Types-of-Instruments-Are-Used%3F/nav.htm?cid=10090937&locale=en_US

Joonis 9 – <http://www.accessscience.com/search.aspx?rootID=793974>

Joonis 10 – http://en.wikibooks.org/wiki/Structural_Biochemistry/Chromatography/Thin_Layer

LÕHKESAEDELISE JA PLAHVATUSE EKSPERTIIS

Allan Juhe

Eesti Vabariigis on täheldatav tendents lõhkematerjalidega seotud kuritegude, eriti plahvatuste vähenemisele. Kui eelmise sajandi 90ndatel aastatel oli veel liikvel tööstuslikku, militaarset ja suhteliselt heas korras lõhkematerjali, siis on selle (vähemalt ekspertiisi jõudev) hulk pidevalt kahanenud ning asendunud kehvemate (nt II maailmasõja aegsete väljakaevatud), omatehtud ja pürotehnilist päritolu ainete ja objektidega. Viimastel aastatel on määratud umbes 50 lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi aastas.

Lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisis uuritakse nii tööstuslikke kui omatehtud, aga ka pürotehnilisi aineid sisaldavaid objekte. Ekspertiisid ja-gunevad kahte põhigruppi sõltuvalt sellest, kas on tegemist identifitseerimist vajavate objektidega või on plahvatus juba toimunud ja sündmus on vaja rekonstrueerida. Plahvatusjärgsed ekspertiisid moodustavad ekspertiiside üldarvust umbes veerandi, kuid need on üldreeglina keerulisemad ja töömahukamad. See peatükk püüab anda lühiülevaate lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisist, selle põhieesmärkidest, nende saavutamise viisidest ja võimalustest.

Potentsiaalselt plahvatusohtlike ekspertiisiobjektide ja ainete tõttu püütakse kogu tööprotsessi vältel kõigiti riske minimeerida ning tagada inimeste ja ümbritseva keskkonna ohutus. See ei ole aga alati kerge ülesanne. Peale lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi on lõhkematerjali ohutuma käitlemise tagamiseks kogu EKEI ulatuses ametisse määratud lõhkematerjali käitlemise korraldaja ning kehtestatud ühtne lõhkematerjalide käitlemise kord. Lõhkematerjali käitlemise korraldaja organiseerib ka erinevate osakondade lõhkematerjali vahetute käitlejate välja- ja täiendusõpet.

TERMINID

Lõhkematerjal on lõhkeaine ja lõhkeainet sisaldav toode, mida ÜRO ohtlike kaupade veoks antud soovitustes peetakse lõhkematerjaliks ja mis kuuluvad nimetatud soovitude kohaselt esimesse ohuklassi (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 1). ÜRO ohtlike kaupade veoks antud soovitud on juhised, mida on andnud ÜRO ohtlike kaupade transpordi ekspertide komitee (United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods) ja mis on esitatud ohtlike veoste rahvusvahelise autoveo Euroopa kokkuleppe (ADR) lisades (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 3).

Lõhkeaine on keemiline ühend või ainete mehhaaniline segu, mis võib füüsilise mõjutuse, keemilise reaktsiooni või teise aine detonatsiooni toimel õhuhapnikuta plahvatada (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 2). Pikemalt lahtiseletatult on lõhkeaine keemiline ühend (lihtlõhkeaine) või keemiliste ühendite mehhaaniline segu (liitlõhkeaine), mis soojuse, löögi, surve, hõõrdumise, elektrisädeme, leegi, keemiliste reaktsioonide või mõne muu algimpulsi tõttu ilma õhuhapnikku kasutamata kiiresti laguneb ja tekitab plahvatuse (Maaväe staap 2001: 9). Plahvatuse toime alusel jagunevad lõhkeained paiskavateks ja brisantseteks.

Lõhkeseadeldiseks loetakse lõhkeainet ning plahvatust esile kutsuvat mehhanismi sisaldavat seadeldist (karistusseadustik § 413). Lõhkeseadeldised saab jagada tööstuslikult ja omatehtud ehk improviseeritud lõhkeseadeldisteks.

Pürotehniline toode on toode, mis on mõeldud kuumuse, valguse, heli, gaasi või suitsu või nende nähtuste kombinatsiooni saamiseks mittepahvatusliku eksotermilise keemilise reaktsiooni abil ja mis sisaldab lõhkeainet või pürotehnilist ainet (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 4). Täpsustatult on see signaaliseerimiseks, ilutulestiku korraldamiseks või muuks sedalaadi otstarbeks ettenähtud pürotehnilist ainet sisaldav toode, mille koostise üks ainerühm on efektiained, millele võib olla lisatud või mille aktiveerimiseks saab kasutada paiskavaid lõhkeaineid, mis paiskavad efektiained ettenähtud suunas. Analoogselt lõhkeseadeldistega saab pürotehnilised tooted jagada tööstuslikeks ja omavalmistatuteks.

Pürotehniline aine on aine või ainete segu, mis on mõeldud mittepahvatusliku iseeneslikult kulgeva eksotermilise reaktsiooni tulemusel tekitama soojust, valgust, heli, gaasi või suitsu või nende nähtuste kombinatsiooni (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 5).

Plahvatus on aine oleku ülikiire muutumine, millega kaasneb suure energia hulga vabanemine, temperatuuri järsk tõus ja lööklaine. Vabaneva energia liigi järgi eristatakse füüsilist, keemilist ja tuumaplahvatust (Aruküla, Eigo, Joosep ja Reinsalu 1980: 128).

- Füüsikaline plahvatus** – aine muutub ainult füüsiliselt, näiteks aurukatla plahvatus või meteoriidi löök Maale langemisel (Maaväe staap 2001: 9).
- Keemiline plahvatus** – soojusenergia ja gaasid eralduvad ülikiiretes keemilistes reaktsioonides. Tavaliselt on tegemist ülikiirete redoksreaktsioonidega (Maaväe staap 2001: 9).
- Tuumaplahvatus** – energia vabaneb aatomituuma reaktsioonides (Maaväe staap 2001: 9).
- Ohutus** on seisund, mis on saavutatud õnnetuse vältimiseks ja õnnetuse korral selle tagajärgedega toimetulekuks abinõusid rakendades (lõhkematerjaliseadus § 3 p 1 lg 7).
- Detonatsioon** – rõhu järsust suurenemisest põhjustatud erakordselt kiire (kuni 9000 m/s) eksotermiliste füüsikalise-keemiliste protsesside levik lõhkeaines, millega kaasneb lööklaine. Detonatsioon on iseloomulik brisantsetele (purustavatele) lõhkeainetele, mille mõjul lõhatavat materjal laengu vahetus läheduses puruneb väikesteks tükkideks (Maaväe staap 2001: 9).
- Deflagatsioon** ehk **plahvatuspõlemine**, ka **pahvumine** – nähtus, mille puhul põlemistsoon liigub lõhkeaines soojusjuhtivuse ja -kiirguse teel edasi kiirusega 400–1000 m/s. Vabaneva energia hulk on sama suur kui detonatsioonil, kuid kuna lõhkeaines toimuvate keemiliste reaktsioonide kiirus ei ole eriti suur, on vabanev võimsus suhteliselt väike (harilikult kümneid kordi väiksem kui detonatsioonil). Plahvatuspõlemine on omane paiskavatele lõhkeainetele, mille kasutamisel lõhatavat materjal isegi suurte laengute puhul ja ka laengu vahetus läheduses ei purune väikesteks tükkideks (Maaväe staap 2001: 9).
- Põlemine** ehk **termiline lagunemine** – lõhkeaine suhteliselt aeglane oksüdeerumine (keemiliste reaktsioonide kiirus ei ületa 400 m/s), mis toimub ainult siis, kui lõhkeaine temperatuur ei ületa tema leekpunkti. Toimub siis, kui lõhkeaine kvaliteet on halb, algimpulss liiga nõrk vms (Maaväe staap 2001: 9).
- Kumulatiivefekt** (lad *cumulare* – kuhjama, koguma), kumulatsioon, plahvatuse energia kontsentreerimine ettenähtud suunda. Kumulatiivefekti saavutamiseks kasutatakse kumulatiivsüvendiga laengut (Ernits 1998: 89).

LÕHKESAEDELISE JA PLAHVATUSE EKSPERTIISI EESMÄRGID

Lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisid saab esitatavate objektide põhjal jagada kahte põhigruppi – identifitseerimist vajavate objektidega ekspertiisid ning plahvatusjärgsed ekspertiisid. Uuritakse nii tööstuslikult kui ka omatehtud objekte. Lisaks kuuluvad lõhkeseadeldise ja plahvatuseekspertiisi objektide hulka suurekaliibrilised tulirelvad ning suurekaliibriliste vintraudsete tulirelvade padrunid ja lasukomplektid alates kaliibrist 12,7 mm (50 BMG).

Ekspertiisiks esitatud objektide identifitseerimisel on eesmärgiks tuvastada lõhkematerjali sisaldus, objektide tüüp, mark, ehitus, tööpõhimõte, omadused, tehniline otstarve, kasutamiskõlblikkus, plahvatusvõimsus TNT ekvivalendis, funktsioon lõhkeseadeldises jms. Ekspertiisiks vajatakse reeglina ainult uuritavaid objekte ja võrdlusmaterjali (selle olemasolul).

Plahvatusjärgse ekspertiisi korral on lisaks eelnevale eesmärkideks veel plahvatuse keskme määramine, sündmuskohalt leitud objektide seose tuvastamine plahvatusega, lõhkeseadeldise võimaliku ehituse ja rakendusmehhanismi tuvastamine ning sündmuse rekonstrueerimine. Plahvatusjärgse ekspertiisi tegemisel vajatakse lisaks ekspertiisiobjektidele sündmuskoha vaatluse protokolliga koos lisadega (fotod, videomaterjal, sündmuskoha plaan või skeem), ehitise plaane, ülekuulamisprotokolle, kust saab infot plahvatusega seotud asjaolude kohta, päästeteenistuste ja demineerimiskeskuse väljasõiduaruandeid, võrdlusmaterjali jms.

Üldised ohutusnõuded ekspertiisiobjektide käitlemisel

Lõhkeaineid ega lõhkevahendeid ei loobita, kandita, veeretata vms. Nende läheduses on keelatud suitsetada ja lahtist tuld kasutada. Tundmatute lõhkematerjali kahtlusega objektide puhul tuleb alati eeldada plahvatusohtlikkust ning olla käitlemisel ettevaatlik. Keelatud on objektide mehaaniline, termiline ja elektriline mõjutamine ning nende erinevate osade eemaldamine. Kui ohutus pole tagatud või esineb kahtlusi, siis on tundmatute objektide edasine käitlemine keelatud, kuni ei ole konsulteeritud vastava ala spetsialistidega Päästemeeti demineerimiskeskusest või Eesti Kohtuekspertiisi Instituudist.

Enne ekspertiisi saatmist tuleb lõhkematerjali kahtlusega objektide korral kindlasti konsulteerida Päästemeeti demineerimiskeskuse spetsialistidega, kui seda ei ole juba tehtud. Koos saab otsustada objektide ekspertiisi saatmise võimalikkuse ja selle tehnilise teostuse (pakendamise viisid, transpordi tingimused, nõuetekohase tähistamise jne).

Kõrgendatud ohtlikkusega objektide ekspertiisi saatmine on keelatud! Kõrgendatud ohuga on näiteks korpust läbivate vigastustega detonaator, käsigranaat või muu lõhkeseadeldis, mille sütik on teadmata seisukorras ja ei

ole eemaldatav; välja tulistatud ja plahvatamata mürsk jms. Selliste objektide puhul tuleb neid kirjeldada ja mõõtkavaliselt pildistada nii põhjalikult, kui nende seisukord võimaldab, ning anda objektid hävitamiseks üle Päästeameti demineerimiskeskusele (täpsemalt on teemat käsitletud järgmises punktis).

Objektid tuleb pakkida nii, et transportimisel oleks tagatud turvalisus ning välistatud kaotsimine. Lõhkeaine ja initsieerimisvahendid tuleb pakendada alati eraldi pakenditesse ja transportimisel hoida need üksteisest lahutatuna! Pakid tuleb sõidukis paigutada viisil, mis välistab iseenesliku ümberpaigutuse (nt järsul pidurdusel). Erinevad objektid peaksid asuma eraldi ja erinevates pakendites. Elektridetonaatoritel (tüüpilised initsieerimisvahendid) peavad elektrijuhtmete metallist juhisooned olema omavahel lühistatud ehk kokku ühendatud, et vältida juhuslikku rakendumist näiteks staatilise elektri laengust.

Üks sobivamaid vahendeid pakendamiseks on näiteks turvaümbrik, mille sees on mullikile ja mis on saadaval laia valiku mõõtudega. Teine turvaline pakendamise ja transportimise viis on kasutada liivaga täidetud kasti – kilekotti paigutatud objekt asetatakse 2/3 või 1/2 ulatuses kuiva liivaga täidetud kasti; ülejäänud liiv puistatakse ettevaatlikult kilekotile peale, kusjuures koti suue ei tohi liiva alla mattuda. Sõidukis paigutatakse kast nii, et objekti suurimad mõõdud on sõidusuunas. Pakendi markeering peab muuhulgas sisaldama selles olevate objektide kirjeldust; hoiatust, kui tegu on eeldatavalt lõhkematerjali või pürotehnilise tootega; pakendaja nime ja kontakttelefoni.

Ekspertiisi saatmiseks liiga ohtlikud objektid

Osa objekte, millele soovitakse ekspertiisi määrata, võivad osutada niivõrd ohtlikeks, et neid ei saa ekspertiisi saata. Saatmise võimalikkuse otsustab üldjuhul menetleja koostöös Päästeameti demineerimiskeskuse demineerijatega, vajadusel saab loomulikult konsulteerida ka eksperdiga. Juhul kui leitakse, et objektide ekspertiisi saatmine ei ole ohutustehniliselt võimalik, organiseeritakse objektide kahjutustamine (üleandmine Päästeameti demineerimiskeskusele ja kiire hävitamine).

Ekspertiisi tegemise seisukohalt on väga oluline, et sellised objektid oleksid enne hävitamist võimalikult detailselt kirjeldatud. Loomulikult tuleb igale objektile läheneda selle iseärasusi arvestades, ohutustehnika seisukohalt ei olegi alati võimalik kõiki allloetletud toiminguid teha.

Enne hävitamist tuleb teha järgmist:

- Kirjeldada, mis täpselt viitas objekti ohtlikkusele ja vajadusele see ekspertiisi saatmata hävitada.
- Kirjeldada objekti ja selle iseloomulikke osi, markeeringuid jms ning võimalikult detailselt pildistada. Kindlasti tuleb vähemalt

osa fotosid teha otsevaates koos mõõteskaalaga. Kui seda ei ole käepärast, siis lisada kas tikutops vms.

- Mõõta ja kirja panna objekti iseloomustavad mõõtmed ja iseärasused. Kindlasti põhimõõtmel (pikkus, laius, ümbermõõt jne), aga ka teised objekti ja selle osasid iseloomustavad mõõtmed (nt sütikuava ja põhja läbimõõt jne). Enamikul juhtudel oleks mõistlik koostada objektist joonis, kuhu saab mõõtmeid peale kanda, ning lisada sellele objekti kirjeldav tekst. Kirja tuleb panna ka mõõtevahendi andmed.
- Mõõta objekti (ja/või selle osade) mass. Fikseerida mõõtevahend, millega mõõdeti.
- Võimalusel võtta objekti ainekst lõhkeaineproof enne hävitamist või siis säilinud tükidelt pärast seda.
- Võimaluse korral mitte hävitada, vaid katsetada. Näiteks mitte panna objekte lihtsalt suure laengu alla, vaid eraldi katsetada. Enamikul juhtudel soovib menetleja eksperdilt arvamust, kas objekt oli kasutuskõlblik või plahvatusvõimeline. Seega – võimaluse korral initsieerida objekt ettenähtud viisil kas üksnes detonaatorist või väikese vahelaenguga, et hiljem oleks võimalik teha järeltõlge selle kasutuskõlblikkuse kohta.
- Kirjeldada, fotografeerida ja võimalusel teha video katsetuse-hävitamise käigust.
- Kui hävitamise ajaks on teada, et määratakse lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiis, kutsuda, kui võimalik, ekspert hävitamiskatsetamist jälgima.

EKSPERTIISIOBJEKTID

Järgnev loetelu kajastab üksnes tüüpilisi lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi esitatavaid objekte koos lühikirjeldustega ja fotodega.

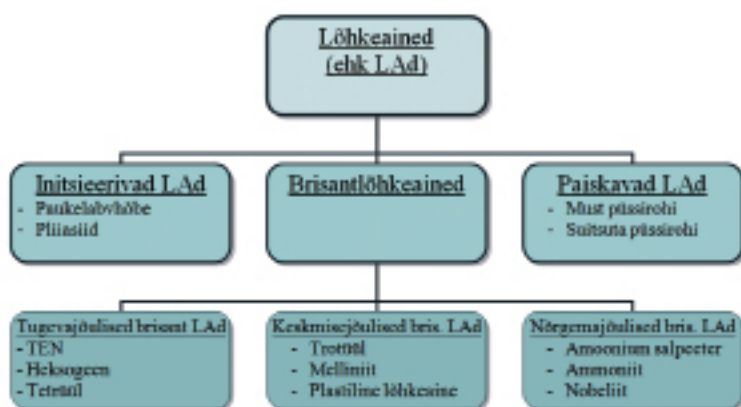
Lõhkeained

Üldine lõhkeainete jaotus koos mõnede näidetega eri gruppidesse kuuluvatest lõhkeainetest on näha joonisel 1. Lõhkeaineid esitatakse lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisiks puhtal kujul, samuti segudes ning ka lõhkeainelaengutena erinevate objektide sees.

Brisantne lõhkeaine – lõhkeaine, mida iseloomustab suur detonatsioonikiirus (üle 2000 m/s), mille tagajärjel gaaside surve kiire kasv lõhkamispaigas mõjub purustavalt ümbrusele (Maaväe staap 2001: 19). Brisantlõhkeainete plahvatama panekuks ehk detonatsiooniks vajatakse reeglina detonaatorit.

Initsieeriv lõhkeaine – brisantne lõhkeaine, mis plahvatab kergesti suhteliselt nõrga algimpulsi toimel. Neid lõhkeaineid kasutatakse detonaatorite valmistamisel (Maaväe staap 2001: 19).

Paiskav lõhkeaine – lõhkeaine, mida iseloomustab keemiliste reaktsioonide kulgemise suhteliselt väike kiirus (400–1000 m/s), mille tagajärjel gaaside surve ümbrusele suureneb aeglaselt ning nende lõhkeainete toime on seetõttu paiskava iseloomuga (Maaväe staap 2001: 19).



Joonis 1. Lõhkeainete üldine jaotus.

Detonaatorid on initsieerimisvahendid, mida kasutatakse detonatsiooni esilekutsumiseks brisantlõhkeainetes. Objektid sisaldavad väikestes kogustes tundlikke initsieerivaid lõhkeaineid, mis termilise, elektrilise või mehaanilise mõjutuse tulemusel detoneeruvad ning põhjustavad nendega kontaktis olevate brisantlõhkeainete laengute detonatsiooni.

Kapseldetonaator muudab (süütenõõri) tuleimpulsi detonatsiooniimpulsiks ning kutsub sellega esile lõhkeainelaengu plahvatuse (detonatsiooni). Kest on enamasti läbimõõduga 7 mm ja pikkusega 40–50 mm ning valmistatud metallist (vask, bimetall, alumiinium), kuid esineb ka pappkestaga kapseldetonaatoreid. Lõhkeainesse paigutatav ots on tasapinnaline või kumulatiivnõoga (vt foto 1), teine ots on süütenõõri sisestamiseks lahtine.



Foto 1. Kapseldetonaatorid, paremal kumulatiivnõoga detonaator.

Elektridetonaator on põhimõtteliselt kapseldetonaator, mille sisse on tehases plastkorgiga kinnitatud elektrisüütur. Kest on valmistatud metallist (vask, bimetall, alumiinium), reeglina läbimõõduga 7 mm ja selle plastkorgiga otsast väljuvad elektrijuhtmed. Lõhkeainesse paigutatakse ots on tasapinnaline või on sellel plahvatusimpulsi paremaks siirdamiseks kumulatiivnõgu. Elektridetonaatorid jagunevad toimeaja alusel hetktoimelisteks, lühivii- te- ja viitedetonaatoriteks. Erinevad viiteajad on vajalikud suuremamahulis- tel lõhketöödel, neil pole üksikplahvatuste puhul tavaliselt mingit tähtsust. Tüüpiline Vene päritolu elektridetonaator on kujutatud fotol 2.



Foto 2. Elektridetonaator.

Sütikud – lõhkeseadeldise või lahingumoonala laengule lõhke algimpulsi andvad objektid või mehhanismid, mille koosseisu kuulub üldjuhul detonaator. Sütikud võivad olla väga erineva ehitusega ja otstarbega: granaadi-, mürsu-, miini- jt sütikuid. Fotol 3 on kujutatud Vene päritolu käsigranaadi- de UZRGM tüüpi granaadisütikud.



Foto 3. UZRGM tüüpi granaadisütikud.

Süütenöör (Bickfordi nöör) on mustast püssirohust südamikuga ja kindla põlemiskiirusega nööritaoline objekt, mida kasutatakse tuleimpulsi siirdamiseks (ajalise viite tekitamiseks) kapseldetonaatoritele või ka püssirohulaengute süütamiseks. Süütenöörist ja kapseldetonaatorist moodustatud süütlit on kujutatud fotol 4.



Foto 4. Süütel.

Detoneernöör (lõhkenöör) on brisantlõhkeainest südamikuga (detonatsiooni levimiskiirus umbes 6500 m/s) nööritaoline objekt, mida kasutatakse detonatsiooniimpulsi siirdamiseks detonaatorilt lõhkekeelele, ühelt laengult teisele või iseseisva laenguna. Vene päritolu plastikkestaga detoneernöör on kujutatud fotol 5.



Foto 5. Detoneernöör.

Käsigranaadid on käsitsi heidetavad tööstuslikult valmistatud lõhkeseadeldised, mis on ette nähtud vastase elavjõu ja lahingutehnika hävitamiseks. Käsigranaate on väga erineva ehitusega ja mitmesuguse otstarbega – kaitse, ründe, tankitõrje käsigranaate jt. Fotol 6 on kujutatud kolm Vene päritolu käsigranaati, mida on enim ekspertiisiks esitatud: F-1, RG-42 ja RGD-5. Mainitud käsigranaadid koosnevad lõhkeainega täidetud granaadikorpustest ja fotol 3 kujutatud UZRGM tüüpi granaadisütikutest.



Foto 6. Käsigranaadid, vasakult paremale: F-1, RG-42 ja RGD-5.

Lasukomplektid, mürsud, miinipildujamiinid. Lasukomplekt (lad comp-letus – täielik), üheks lasuks vajalike lahingumoonaelementide täielik komplekt (mürsk, sütik, paiskelaeng ja selle mahutamise ning süütamise vahendid). Relvaliigi järgi eristatakse suurtüki, miinipilduja ja granaadiheitja lasukomplekti (Ernits 1998: 106). Mürsk või miinipildujamiin on lasukomplekti põhiosa, mis on ette nähtud sihtmärgi tabamiseks ning sisaldab sütikut ja lõhkeainelaengut. Fotol 7 on kujutatud kahte Vene päritolu kaliiber 25 mm kildmürskudega lasukomplekti ja fotol 8 kaliiber 50 mm miinipildujamiini.



Foto 7. Kaliiber 25 mm kildmürskudega lasukomplektid.



Foto 8. Kaliiber 50 mm miinipildujamiin.

Pürotehnilised tooted

Lõhkepaketid on lahingumoonna, näiteks käsigranaadi või suurtükimürsu plahvatuse imiteerimisvahendid, mis reeglina sisaldavad pürotehnilisi aineid. On olemas väga erineva ehituse, suuruse ja plahvatusvõimsusega lõhkepakette, milledest osad sisaldavad ka paiskavaid lõhkeaineid. Fotol 9 on kujutatud Eesti kaitseväes kasutusel olnud Hiina päritolu lõhkepakett, mille korpus puruneb plahvatusel täielikult. Eestis on sellise suhteliselt süütu välimusega objekti juhuslik rakendamine tsiviilisikute poolt toonud kaasa mitu õnnetusjuhtumit.



Foto 9. Hiina päritolu lõhkepakett.

Suitsugranaadid, signaalraketid. Suitsugranaadid ja suitsuküünlad on ette nähtud peamiselt maskeeriva suitsukatte tekitamiseks või signaali andmiseks, kuid olemas on ka eriotstarbeliste omadustega suitse tekitavaid vahendeid. Eesti päritolu suitsugranaat ASVG-460 on kujutatud fotol 10. Signaalrakette kasutatakse kokkulepitud signaali edastamiseks või oma asukohast teavitamiseks. Valgustusraketidega valgustakse pimedal ajal maastikku. Vene päritolu 30 mm signaalraketi padrun kolme rohelise “tähekesega” raketiga on kujutatud fotol 11.



Foto 10. Eesti päritolu suitsugranaat ASVG-460.

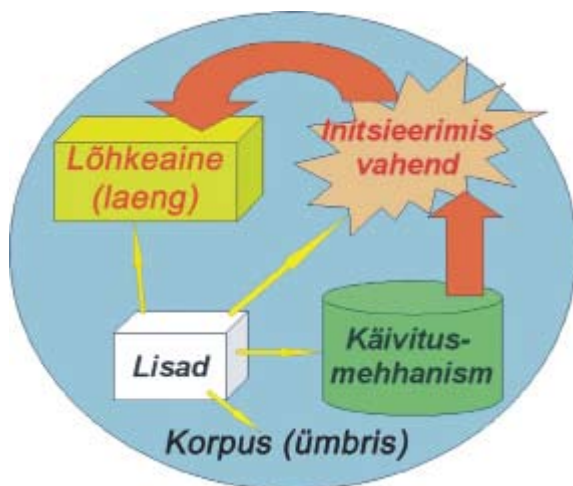


Foto 11. Vene päritolu 30 mm signaalraketi padrun.

Lõhkeseadeldised võib jagada kahte gruppi:

- **Tööstuslikult valmistatud lõhkeseadeldised** (käsigranaadid, miinid jms). Koosnevad ainult tööstuslikult valmistatud osadest, mis on ette nähtud kasutamiseks ühtse tervikuna. Nende kohta on olemas tootjapoolsed infomaterjalid: spetsifikatsioonid, ehitusjoonised, kasutus- ja säilitusjuhendid jms;
- **Omatehtud ehk improviseeritud lõhkeseadeldised** (ingl *Improvised Explosive Device* – IED). Võivad koosneda improviseeritud viisil ühendatud tööstuslikult valmistatud osadest, omatehtud osadest või nende mõlema kombinatsioonidest. Selliste seadeldiste ehitus, tööpõhimõte, kasutuskõlblikus jms sõltuvad peamiselt nende valmistajate teadmistest, oskustest ja fantaasiast. Mingeid konkreetseid ehitus- ega kasutusjuhendeid nende kohta ei ole olemas, mis teeb nende uurimise keerukaks ja ohtlikuks.

Joonisel 2 on toodud lõhkeseadeldise põhimõtteline ehitus, mis kehtib mõlema eespool kirjeldatud grupi kohta. Kõige lihtsama ehitusega lõhkeseadeldise moodustamiseks on vaja kahte põhikomponenti: lõhkeainelaengut ja selle initsieerimisvahendit. Enamasti on lõhkeseadeldisel ka mingi korpus või ümbris, mis aitab seadeldist koos hoida, maskeerida ja/või annab plahvatusel lisakahjustusi tekitavaid kilde, ning käivitusmehhanism. Kõiki lõhkeseadeldise põhikomponente saab täiendada lisadega (kollased nooled joonisel 2), mis annavad juurde funktsionaalsust või töökindlust ning muudavad seadeldise ühtlasi keerukamaks. Omatehtud lõhkeseadeldiste puhul võivad mõned lisad olla ka seadeldise töösse mittepuutuvad ning paigaldatud üksnes selleks, et plahvatusjärgsel uurimisel seadeldise ehituse osas segadust tekitada ja uurijaid valejälgedele suunata.



Joonis 2. Lõhkeseadeldise põhimõtteline ehitus.

Fotol 12 on kujutatud raadiosagedusel distantsilt käivitav omatehtud lõhkeseadeldis, mis koosnes tööstuslikult valmistatud kaugjuhtimispuldist, omatehtud vastuvõtjast (sinises videokasseti karbis), ühendusjuhtmetest ning metallist gaasiballooni paigutatud ja elektrisüüturiga varustatud musta püsirohu laengust. Ballooni plahvatusel purunes selle metallkest kildudeks.



Foto 12. Distantsilt käivitav isevalmistatud lõhkeseadeldis.

EKSPERTIISI TEGEMINE

Erinevalt legaalsel teel soetatud lõhkematerjalidest ja pürotehnilistest toodetest on lõhkeseadeldise ja plahvatusseadeldise ekspertiisiks esitatavate objektide päritolu ja eelnevad hoiutingimused, mis nende seisukorda mõjutavad, enamasti teadmata. Seega tuleb igale objektile läheneda individuaalselt – ei ole mingit ühte ja ainuõiget tegutsemisviisi. Võimalikud toimingud ja nende järjekord otsustatakse lähtuvalt igast konkreetsest objektist, seega on ekspertiisi käigus läbiviidavaid toiminguid kirjeldatud üldjoontes.

Ekspertiisiülesande täitmine ei ole kunagi tähtsam kui töötajate elu ja tervis. Juhul kui ekspertiisiobjektide saabumisel või ükskõik millisel järgneval tööetapil selgub, et on tekkinud reaalne oht või risk, siis töö peatatakse ja organiseeritakse objektide kahjutustamine (üleandmine Päästeameti demineerimiskeskusele ja võimalikult kiire hävitamine). Eespool mainitud juhtudel ei ole ohutustehniliselt võimalik kõiki vajalikke uuringuid ja katsetusi läbi viia, mis paraku mõjub negatiivselt ka lõpptulemusele. Sellisel puhul püütakse siiski enne objektide hävitamist teha nende eritunnuste ning omaduste fikseerimiseks kõik, mis on ennast ohtu seadmata võimalik (mõõtmine, fotografeerimine hävituskohas distantsilt jms). Mainitud erandjuhtumeid esineb suhteliselt harva.

Juhul kui samadele ekspertiisiobjektidele on määratud palju eriliigilisi ekspertiise (reeglina on nendeks DNA-, sõrmejälje- ja lõhkeaineekspertiis), siis on lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiis järjekorras viimane. Sellise ekspertiiside järjestuse tingivad kolm peamist asjaolu:

- vajadus esmajärjekorras leida esitatud objektidelt kurjategija jäetud jäljed (nt DNA ja sõrmejäljed) ilma objektte teistes ekspertiisiliikides kontamineerimata;
- lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi käigus läbiviidavatel plahvatuskatsetustel objektid reeglina hävivad, mistõttu tuleb kõik muud vajalikud uuringud enne katsetusi teha;
- eelnevate ekspertiiside käigus tehtud uuringutega saadakse lõhkeseadeldise- ja plahvatuse ekspertiisi jaoks olulist eelinfot. Näiteks lõhkeaineekspertiisis tuvastatakse, millist konkreetset lõhkeainet objekt sisaldas.

Harilikult võib lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiisi tegemise jaotada tinglikult kolme põhietappi:

- ekspertiisimaterjali vastuvõtt, pakendite avamine, objektide turvaülevaatus ja võimaliku ohu hindamine ning objektide paigutamine hoiukohtadesse;
- töö ekspertiisiobjektidega: kirjeldamine, mõõtmine, kaalumine, iseloomulike detailide ja markeeringute tuvastamine, pildistamine, röntgenülesvõtted jms;
- lõhke- ja pürotehnilisi aineid sisaldavate ekspertiisiobjektide kasutuskõlblikkuse määramine katsetuste käigus, vajadusel võrdluskatsed ja ekspertiisiakti lõplik vormistamine.

IDENTIFITSEERIVATE OBJEKTIDE UURINGUD

Esitatud objektide uuringute tavapärane järjestus on järgmine:

- objektide mõõtmine ja kirjeldamine, välised parameetrid (kuju, mõõtmed, mass, värv, materjal, teised iseloomulikud tunnused);
- markeeringute tuvastamine objektidel ja nende osadel;
- võimalusel esmane visuaalne lõhke- või pürotehnilise aine sisaldumise ja selle koguse hindamine;
- vajaduse korral objektidest röntgenülesvõtete tegemine;
- vajaduse ja võimaluse korral aineproovide võtmine objektide seest ja nende edastamine lõhkeaine ekspertiisi või tuvastamine, kasutades kiirtestimise vahendeid;
- saadud info põhjal objekti ehituse ja tööpõhimõtte esmane hindamine;
- objektide täpsem tuvastamine, nende tehnilise otstarbe ja võimalike

omaduste määratlemine, kasutades katalooge, erialakirjandust andmebaase ja/või võrdlusmaterjale;

- plahvatusvõimsuse ja objektide funktsiooni hindamine lõhkeseadeldises;
- mitme ekspertiisiks esitatud objekti omavahelise kokkusobivuse ja nendest lõhkeseadeldis(t)e moodustamise võimalikkuse hindamine;
- kasutuskõlblikkuse (lõhke- või pürotehnilise aine sisaldumise, plahvatusvõimelisuse, teiste omaduste) kontrollimine üldjuhul välitingimustes polügoonil.

Kui objekti ei ole võimalik uuringute käigus kindlakstehtud tunnuste alusel täpselt määratleda, siis tehakse võimaluse korral järeldused objekti tüübi kohta üldisemate tunnuste (kuju, suurus, mass, jne) põhjal.

PLAHVATUSJÄRGSED UURINGUD

Pärast plahvatust on uurimisobjektideks sündmuskoha olustik koos sündmuskohalt leitud fragmentide ja objektidega. Leitud objekte uuritakse eelmises punktis toodud järjestuses, lisaks hinnatakse nende seoseid toimunud plahvatusega.

Plahvatusjärgse ekspertiisi uuringute harilik järjestus on järgmine:

- tutvumine sündmuskoha olustikuga (ekspert tutvub sündmuskohaga vahetult või kasutab selleks esitatud uurimis- ja tutvumismaterjali);
- plahvatuskeskme tuvastamine (tehakse purustuste raskusastme põhjal);
- kahjustuste detailsem hindamine plahvatuskeskmes (kraatri parameetrid, purustused vahetult keskme kõrval jms);
- kahjustuste hindamine plahvatuskeskmest eemal (killutabamused, lööklaine mõju);
- plahvatusega seotud objektide ja fragmentide kogumine ja fikseerimine, lõhkeaine jääkide olemasolu tuvastamine kiirmeetoditel ja vajaduse korral aineproovide võtmine lõhkeaineekspertiisiks;
- fragmentide sorteerimine ühiste välistunnuste alusel (materjal, esinevad deformatsioonid, võimalik pärinemine ühest objektist);
- fragmentide kokkusobitamine ja üldistamine, st võimalike lõhkeseadeldise osade (ehituse, tüübi, margi) tuvastamine;
- hindamine, kas ja kuivõrd tuvastatud osad on plahvatuse toimumise ja plahvatanud objekti tööpõhimõttega seotud, arvestades kahjustusi, tehnilist sobivust teiste objektidega ja muid iseloomulikke tunnuseid;

- plahvatanud objekti rekonstrueerimine kogutud info põhjal;
- lõpliku hinnangu andmine plahvatanud objekti ehituse ja omaduste kohta ning (vajaduse korral) purustuste suuruse järgi plahvatusvõimsuse hindamine TNT ekvivalendis.

EKSPERDILE ESITATAVAD KÜSIMUSED

Küsimused, mida ei ole järgnevas loetelus, on soovitatav eksperdiga eelnevalt kooskõlastada.

- **Mis on esitatud objekt ning milleks seda kasutatakse?**
Tundmatu objekti ning selle otstarbe tuvastamine.
- **Kas esitatud objekt on lõhkematerjal?**
Küsimusele vastatakse juhul, kui see ei eelda õiguslikke eriteadmisi.
- **Milliste padrunitega on esitatud objektide puhul tegemist?**
Millistele relvade jaoks on esitatud padrunid ette nähtud?
Küsimused 12,7 mm (.50 BMG) ja suuremate tulirelvade padrunitest kohta.
- **Kas esitatud objekt on kasutuskõlblik?**
Kasutuskõlblikkust kontrollitakse katsetustel. Kuna objektid katsete käigus enamasti hävivad, eeldab küsimusele vastamine menetlejapoolset objektide hävitamise luba. Vastasel juhul tuleb hävitamise keeld ekspertiisimääruses üheselt mõistetavalt formuleerida.
- **Kas esitatud objekt on lõhkeseadeldis?**
- **Kas esitatud objektid moodustavad lõhkeseadeldise?**
Ekspert lähtub konkreetseks ekspertiisiks esitatud objektidest, mis tervikuna moodustavad või ei moodusta lõhkeseadeldist. Kui tervik on lõplikult komplekteerimata, siis tuleb pöörata tähelepanu järgmisele küsimusele.
- **Kas esitatud objekt(id) on lõhkeseadeldise osa(d)?**
Erinevate objektide puhul vaadeldakse nende omavahelist kokkusobimist ning antakse hinnang, millist ülesannet konkreetne objekt võib lõhkeseadeldises täita.
- **Kus paiknes plahvatuse kese?**
Küsimus on vajalik siis, kui plahvatuskeskme paiknemise määramine on väheste tunnuste või suurte kahjustuste tõttu raskendatud.
- **Kas sündmuskohalt leitud objektid pärinevad lõhkeseadeldisest?**
Objektide seostamine plahvatuse ning selle tekkepõhjusega, plahvatanud objekti rekonstrueerimine.
- **Millistest osadest koosnes lõhkeseadeldis?**
Lõhkeseadeldise osade kirjeldus.

- **Milline oli plahvatanud objekti käivitus- ja viitemehhanism?**
Initsieerimismehhanismi, viite tekitamise ja rakendumise (nt ukse avamine, ajarelee jne) väljaselgitamine.
- **Milline võis olla plahvatanud lõhkeaine kogus TNT ekvivalendis, arvestades plahvatuses purustusjõudu?**
Plahvatuskohal esinenud purustuste alusel hinnatakse ligikaudset plahvatanud lõhkeaine kogust TNT ekvivalendis. Asjaolu võib olla küllaltki olulise tähendusega: näiteks on teada algselt hangitud lõhkeaine kogus – plahvatas x kg, konfiskeeriti y kg – kuskil peab veel z kg olema.

Näiteid küsimustest, mis jäävad eksperdi pädevusest välja

- **Kas esitatud objekt on tsiviilkäibes keelatud lõhkematerjal?**
Objektide tsiviilkäibesse lubamine või mittelubamine ei kuulu eksperdi pädevusse. Järelevalve turule lastud lõhkematerjali nõuetele vastavuse üle kuulub Tehnilise Järelevalve Ameti pädevusse (lõhkematerjaliseadus § 75 punkt 1).
- **Kas esitatud objekt on lõhkeseadeldise oluline osa?**
Olulise osa tuvastamine on fakti küsimus, mis vajab tõendite hindamist ning pole seega õigusliku küsimusena eksperdi pädevuses (soovitav asendada: “kas esitatud objekt on lõhkeseadeldise osa?” või “kas sündmuskohalt leitud objektid pärinevad lõhkeseadeldisest?”).

EKSPERDIARVAMUS

Ekspertiarvamus kujuneb välja ja seda põhjendatakse ekspertiisiaktis toetudes eespool kirjeldatud uuringutele. Ekspertiisi valmimisel tagastatakse ohutud (plahvatusvõimetud) ekspertiisiobjektid tavaliselt koos ekspertiisiaktiga.

Ekspertiisiobjekte ei tagastata, kui:

- ekspertiisiobjektid hävivad ekspertiisi käigus läbiviidud katsetustel;
- ekspertiisiobjektid on potentsiaalselt ohtlikud (plahvatusvõimelised) ja nende hävitamine organiseeritakse hiljem;
- ekspertiisiobjektid on vajalikud EKEI lõhkeseadeldiste kogu täiendamiseks, ekspertiisiaktis taotletakse nende määramist instituudi kogusse ja need jäetakse vastava kohtuotsuse jõustumiseni EKEI-sse vastutavale hoiule.

Vajaduse korral on võimalik ka potentsiaalselt ohtlike objektide tagastamine menetlejale, kuid see tuleb eelnevalt kindlasti eksperdiga kokku leppida. Sa-

muti tasub keerulisemate juhtumite korral enne ekspertiisi määramist ekspordiga arutada nii määruuse koostamise kui ka esitatavate objektide käitlemise detaile.

KOKKUVÕTE

Loodetavasti vähenevad Eesti Vabariigis ka edaspidi illegaalse lõhkematerjali leiud ja kriminaalsed plahvatused. Samas näitab praktika, et minevikust, peamiselt maailmasõdadest ja Nõukogude armeest on siia jäänud veel palju plahvatusvõimelist. Lõhkeseadeldise ja plahvatuse ekspertiis ei kao tulevikus tõenäoliselt kuhugi, vähemalt seni kuni ühiskonnas leidub inimesi, kes tunnevad huvi lõhkematerjali vastu. Neid on alates poisikestest, kes võimalikult suurt pauku teha ihkavad, kuni tõeliste kriminaalide-terroristideni, kelle eesmärgid on märksa süngemad.

Mida vähemaks jääb kvaliteetset tööstuslikult toodetud lõhkematerjali, seda innukamalt hakkavad need huvilised erinevate segudega katsetama. Võimalik, et hakkab rohkem ilmuma omatehtud komponentidest ja seega uurimise seisukohalt ohtlikumaid lõhkeseadeldisi. Terrorismiohtu, mis tundub nende ridade kirjapaneku ajal siinmail kauge ja võõras mure, ei maksa samuti alahinnata.

Kasutatud kirjandus

- Lõhkematerjaliseadus, 24.03.2004, jõustunud 01.05.2004 – RT I 2004, 25, 170 RT I, 30.12.2011, 18.
- Karistusseadustik, 06.06.2001, jõustunud 01.09.2002 – RT I 2001, 61, 364 RT I, 04.04.2012, 3.
- Aruküla, H., Eigo, L., Joosep, E., Reinsalu, E. Puur- ja lõhketööd. Tallinn, kirjastus: Valgus 1980. 320 lk.
- Maaväe staap. Lõhketööd. Õppematerjal minööride väljaõppeks. Tallinn, 2001. 296 lk.
- Ernits, H. Valimik sõjandustermineid. Tallinn, Eesti Entsüklopeediakirjastus, 1998. 280 lk.

Fotod ja illustratsioonid: Allan Juhe

KOHTUBALLISTIKA- JA TULIRELVAEKSPERTIIS

Herbert Lindmäe

KOHTUBALLISTIKA MÕISTE

Kuriteo toimepanemisel jätab tulirelva kasutamine mitmesuguseid jälgi. Sellised jäljed on kõigepealt objekti pihtamisel jäetud lasujäljed (kuuli, haavlite või kartetšide). Ühtlasi jäävad tulistamisel jäljed relvale (nt rauaõõne tahumine), pihtamisaengule ja padrunikestale, samuti relva hoidnud käele. Nende jälgede järgi saab kriminaalmenetluses välja selgitada tõendamise seisukohalt tähtsaid asjaolusid. Näiteks tulistamisel kuulile või padrunikestale jäänud jälgede järgi identifitseeritakse tulirelva ning tuvastatakse pihtamisaengust, padrunikestast või padrunist lähtudes laskemoona grupikuuluvus.

Kohtuballistika võimaldab teha kindlaks veel muid tulistamisega seonduvaid asjaolusid, nagu tulirelva tehnilist seisundit, relva kõlblikkust tulistamiseks, kas relvast on peale viimast rauaõõne puhastamist tulistatud ning kas on võimalik lask ilma päästikule vajutamiseta. Ühtlasi saab tuvastada, milline oli relva asend ja kannatanu keha asetus lasuvigastuse tekitamisel ning selgitada, kui kaugelt ja kust tulistati. Kõike seda on võimalik edukalt tuvastada siis, kui relva, laskemoona ja lasujälgede uurimisel rakendatakse moodsaid tehnikavahendeid, võtteid ja meetodeid, mis moodustavad kriminalistika tehnika iseseisva osa – kohtuballistika.

Kohtuballistika on kriminalistika tehnika haru, mis käsitleb käsitulirelva, laskemoona, lasujälgi ja tulistamisega seonduvaid asjaolusid, samuti asitõendite avastamise, fikseerimise ning uurimise vahendeid, võtteid ja meetodeid. Kohtuballistika rajaneb ballistikal kui sõjateaduse harul, millest kriminalistika võtab üle ja kasutab talle vajalikke andmeid oma eesmärkidel.

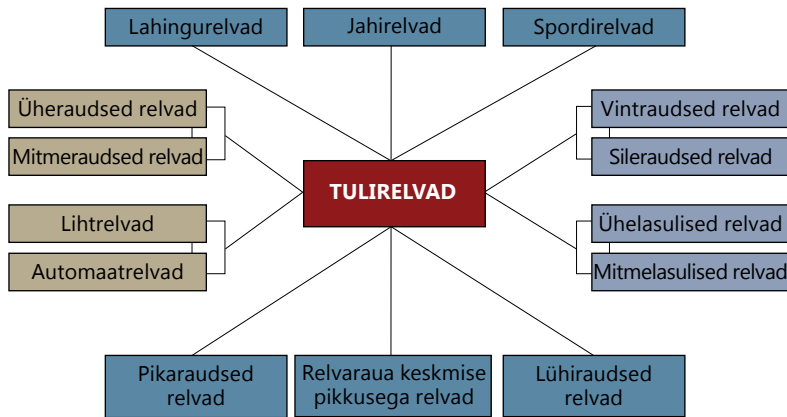
Samal ajal võetakse vastavalt kohtuballistika rakendusvõimalustele kriminalistikas endas kasutusele uusi vahendeid, võtteid ja meetodeid. Seejuures osutatakse tähelepanu nendele küsimustele, millel sõjateaduse seisukohalt sageli pole olulist tähtsust (nt tulirelva identifitseerimine kuulide või padrunikestade järgi). Kohtuballistika kasutab veel füüsika ja keemia vahendeid ja meetodeid (nt lasujälgede avastamine, pihtamiskauguse väljaselgitamine ja tulistamisel tarvitatud püssirohu liigi tuvastamine lasujälgede jär-

gi). Peale selle on vaja mõnikord lasujälgede uurimisel arvestada kohtuarsti-teaduse andmeid (nt kannatanu keha asetuse väljaselgitamine lasuvigastuse tekitamisel).

TULIRELVAD JA PADRUNID

Tulirelvad

Vaatluse tegemiseks, kohtuballistikaekspertiisi määramiseks ning ekspertii-siaktiga tutvumiseks on vaja, et uurija tunneks tulirelva. Tulirelva tundma-õppimisel on eelkõige oluline teada relvaliike. Tulirelvi saab liigitada mit-mest liigitusalusest lähtudes.



Joonis 1. Tulirelvade liigitamine.

Kasutusotstarbe järgi jaotatakse tulirelvad lahingu-, jahi- ja spordirelvadeks. Õhkrelv, signaal-, stardi-, ehitus-, gaasi- ja raketipüstol jmt ei kuulu tulirelvade hulka. Valmistamisviisi järgi jagunevad tulirelvad omavalmistatud ja tehases toodetud relvadeks.

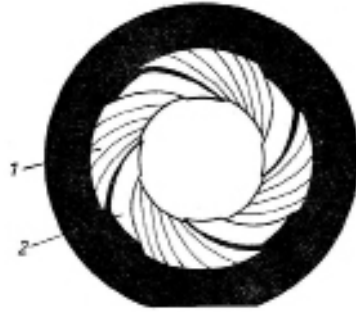
Tulirelva oluline osa on relvaraud, mille õõne ehitusest lähtudes eristatakse vintraudseid ja sileraudseid tulirelvi. Vintraudseks tulirelvaks nimetatakse sellist relva, mille relvaraua õõnes on keermetena vintlõiked (vt joonis 2).



Joonis 2. Vintlõigetega relvaraud. 1 – relvaraua õõs, 2 – vindiväljad, 3 – vintlõiked, 4 – padrunipesa.

Vintraua läbinud kuul pöörleb ka pärast relvaraua õonest väljumist ümber oma pikitelje ning otsak püsib tal lennu ajal ees. Seetõttu tungib kuul paremini läbi õhu ja tõkete. Vintraudsest tulirelvast tulistamisel saab tabada märki täpsemini ja kaugemalt.

Vintraudsetel tulirelvadel on relvaraua õonel tavaliselt paarisarv (neli, kuus, harvemini kaheksa), vahel aga paaritu arv (viis või seitse) vintlõikeid. Vintlõigete suund relvarauas võib olla kas vasak- või parempidine – vastu- või päripäeva (vt joonis 3).

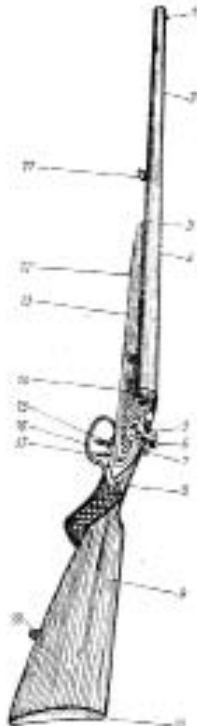


Joonis 3. Nelja parempidise vintlõikega relvaraua õõs. 1 – vintlõiked, 2 – vindiväljad.

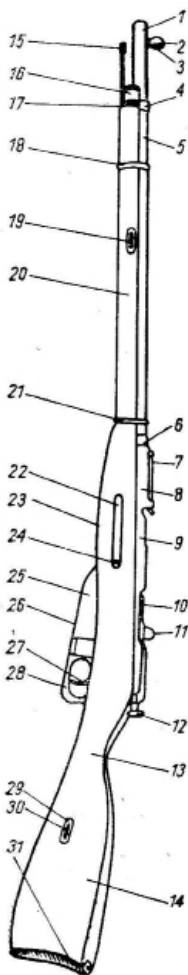
Vintraudsed on kaasaja lahingurelvad ja enamik spordirelvi, samuti ka osa jahirelvi. Tulirelvi, mille relvaraua õõs on sile, nimetatakse sileraudseteks. Sileraudsed tulirelvad on jahipüss (vt joonised 4–5) ja -püstol, samuti omavalmistatud relvad.

Relvaraua pikkusest lähtudes eristatakse pika- ja lühiraudseid, samuti relvaraua keskmise pikkusega tulirelvi. Pikiraudsed tulirelvad on vintpüss (vt joonis 6), spordi- ja jahipüss.

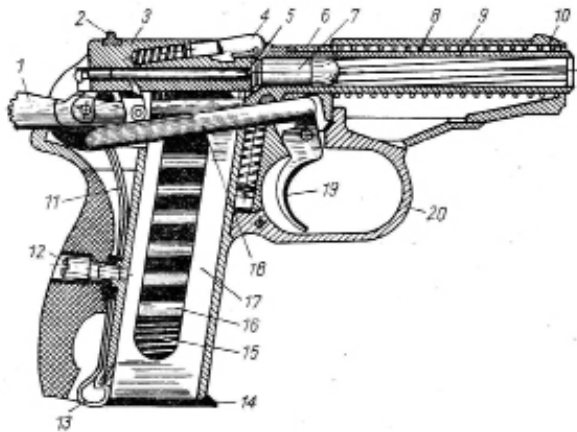
Joonis 4. Kaheraudne kukkedega jahipüss.
 1 – kirp, 2 – sihtlatt,
 3 – vasakpoolne püssiraud,
 4 – parempoolne püssiraud,
 5 – vasakpoolne kukk,
 6 – parempoolne kukk,
 7 – riivistushoob ehk avamiskang, 8 – laekael,
 9 – kaba, 10 – kabaraud (kabakaitse), 11 – rihma ülemine kinnitusaas,
 12 – esilae riiv, 13 – esilaaad,
 14 – vasakpoolne lukk,
 15 – parempoolne ehk eesmine päästik,
 16 – päästikukaitse,
 17 – vasakpoolne ehk tagumine päästik,
 18 – püssirihma alumine kinnitusaas.



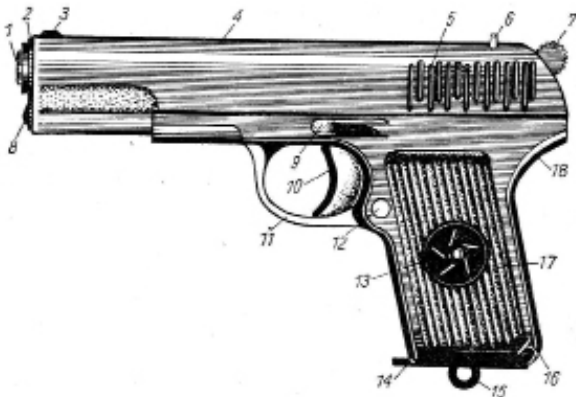
Joonis 5. Kaheraudse kukkedega jahipüssi keskosa.
 1 – sihtlatt,
 2 – padrunipesa,
 3 – püssiraudade ülemine riiv,
 4 – tõukur ehk kestaheitja,
 5 – püssiraudade ülemise riivi pesa,
 6 – riivistushoob ehk avamiskang,
 7 – liigend,
 8 – püssiraudade alumine tagariiv,
 9 – riivistuspolt,
 10 – lööknõel.



Joonis 6. Vintpüss, kaliiber 7,62 mm. 1 – vintraud, 2 – kirbu kaitse, 3 – kirp, 4 – rauakatte ülemine otsak, 5 – vintraua kate, 6 – vintraua kate alumine otsak, 7 – sihikuliist, 8 – sihikualus, 9 – padrunipesa, 10 – lukukoda, 11 – luku käepide, 12 – lukuvinn, 13 – laekael, 14 – kaba, 15 – puhastusvarras, 16 – laesääre otsak, 17 – puhastusvarda pesa, 18 – ülemine hoiderõngas, 19 – rihma ülemine kinnituspesa, 20 – laesäär, 21 – alumine hoiderõngas, 22 – lae pikiõnar, 23 – laad, 24 – tugipolt, 25 – salv, 26 – salve kaas, 27 – päästik, 28 – päästikukaitse, 29 – kinnituspesa plaat, 30 – rihma alumine kinnituspesa, 31 – kabaraud (kabakaitse).

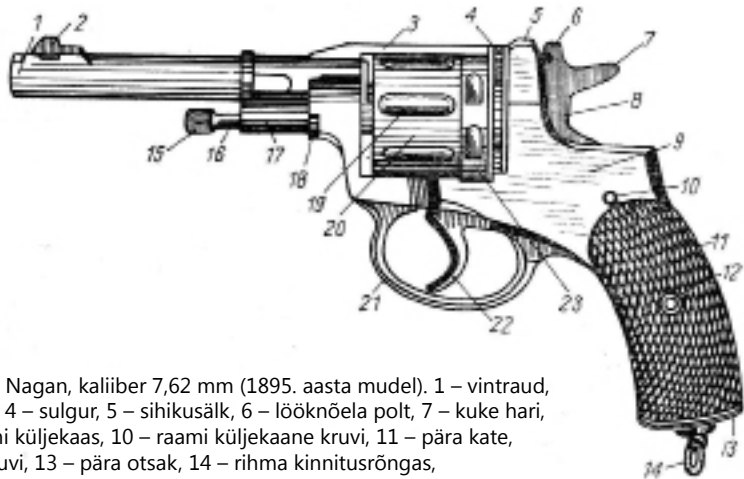


Joonis 7. Püstol, kaliiber 9 mm. 1 – kukk, 2 – sihikusälk, 3 – kelk (milles lukk), 4 – tõmmik, 5 – lööknõela otsak, 6 – kestaheiteava, 7 – padrun padrunipesas, 8 – taandurvedru, 9 – vintraud, 10 – kirp, 11 – kuke vedru, 12 – pära kinnituskrui, 13 – salve riiv, 14 – salve kaas, 15 – salve tõstuki vedru, 16 – salve tõstuk, 17 – salv, 18 – päästehoob, 19 – päästik, 20 – päästikukaitse.



Joonis 8. Püstol, kaliiber 7,62 mm. 1 – vintraua suudmeosa, 2 – vintraua kaelus, 3 – kirp, 4 – kelk (milles lukk), 5 – kelgu haardetoestik, 6 – sihikusälk, 7 – kukk, 8 – taandurvedru otsak, 9 – kelgupeataja, 10 – päästik, 11 – päästikukaitse, 12 – salve riiv, 13 – pära katte kruvi, 14 – salve kaas, 15 – salve kaane rõngas, 16 – rihma kinnitusaas, 17 – pära kate, 18 – püstoliraam.

Kurjategija võib relva kandmise ja peitmise hõlbustamiseks pikaraudse tulirelva relvarauda viili või rauasaega lühendada. Sellist relva nimetatakse **kärbikuks**. Keskmise pikkusega relvaraud on püstolkuulipildujal. Lühiraudsed tulirelvad on **püstol** ja **revolver**. Püstol on lühiraudne ühe- või mitmelasuline relv. Mitmelasulist püstolit laetakse salvest (vt joonised 7–8).



Joonis 9. Revolver Nagan, kaliiber 7,62 mm (1895. aasta mudel). 1 – vintraud, 2 – kirp, 3 – raam, 4 – sulgur, 5 – sihikusälk, 6 – lööknõela polt, 7 – kuke hari, 8 – kukk, 9 – raami küljekaas, 10 – raami küljekaane kruvi, 11 – pära kate, 12 – pära kate kruvi, 13 – pära otsak, 14 – rihma kinnitusrõngas, 15 – padrunikestade väljatõuke varda pea, 16 – padrunikestade väljatõuke varras, 17 – padrunikestade väljatõuke varda kaelus, 18 – trumli telje pea, 19 – trumli pikiõnar, 20 – trummel, 21 – päästikukaitse, 22 – päästik, 23 – trumli ristõnar.

Revolver on lühiraudne mitmelasuline tulirelv, mille laadimiseks kasutatakse pöörlevat trumlit (joonis 9).

Relvaraudade arvu järgi saab relvi jaotada üheraudseteks ja mitmeraudseteks. Üheraudseteks tulirelvadeks on enamasti lahingu- ja spordirelvad. Jahirelvi valmistatakse aga nii ühe- kui ka mitmeraudsetena. Mitmeraudsete tulirelvadena esinevad sageli kahe- ja kolmeraudsed jahirelvad. Neljaraudseid jahirelvi kohtab harva.

Lähtudes sellest, mitu lasku saab relvarauast teha ilma relva uuesti laadimata, kõneldakse ühe- ja mitmelasulistest tulirelvadest. Ühelasulised on enamik jahi- ja spordirelvi, samuti omavalmistatud tulirelvad. Lahingurelvad on mitmelasulised. Vastavalt sellele, kuidas toimub pärast esimest lasku relva ümberlaadimine, löögimehhanismi vinnastamine ja päästmine, liigitatakse tulirelvad liht- ja automaatrelevadeks.

Löögimehhanism on relva detailide süsteem lasu tekitamiseks. Päästikule vajutamisel vabaneb vinnastatud löögimehhanism ja lööknõela otsak annab löögi padrunit sütikule. Saadud löögist süttib sütiku süütesegu, mis põhjustab püssirohulaengu plahvatuse padrunitis.

Lihtrelva (nt revolver, osa vintpüsse ja jahirelvi) ümberlaadimine ja löögimehhanismi vinnastamine toimub pärast lasku käsitsi. Lasust saadud gaasisurvet rakendatakse lihtrelva puhul ainult pihtamislaengu lennutamiseks. Vintpüssil tuleb löögimehhanismi vinnastamiseks püssilukk avada ja uuesti sulgeda, jahirelval või revolveril aga kukk tõmmata tagaseisu. Sisekukkedega jahirelva löögimehhanism vinnastatakse enamasti relva lahti murdes.

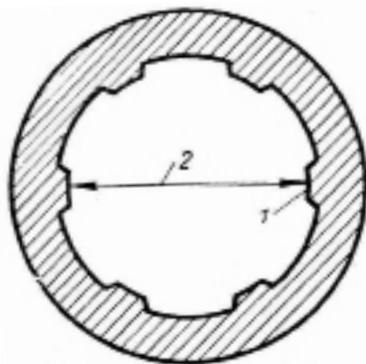
Kui tulirelva ümberlaadimine ning löögimehhanismi vinnastamine või töölerakendamine toimub lasust tekkinud püssirohugaaside survele, on tegemist poolautomaat- või automaatrelevaga.

Gaasisurvet kasutatakse poolautomaat- või täisautomaatrelevade juures kas

tulirelva ümberlaadimiseks ja löögimehhanismi vinnastamiseks (nt enamik püstoleid, mõned vintpüssi ja jahirelva süsteemid) või siis nii tulirelva ümberlaadimiseks, löögimehhanismi vinnastamiseks kui ka töölerakendamiseks (nt püstolkuulipilduja, mõned sõjaväepüstolid). Esimesel juhul saab relvast teha ainult üksiklaske, igaks järgmiseks lasuks on vaja uuesti päästikule vajutada. Sellist relva nimetatakse iselaadivaks ehk poolautomaatrelvaks. Teisel juhul saab aga automaatrelvast tulistada nii üksiklaskude kui ka valanguatega. Täisautomaatrelv tulistab seni, kuni sõrm vajutab päästikule ning relva salves jätkub padruneid.

Tulirelvi liigitatakse veel kaliibri järgi. **Relva kaliibriks** nimetatakse relvaraua õõne läbimõõtu. Vintraudsete tulirelvade puhul mõõdetakse kaliibrit vintlõigete vahedelt – vindiväljadelt (joonis 10).

Vintraudse tulirelva kaliiber määratakse Euroopas (v.a Inglismaal), samuti enamikus teistes riikides millimeetrites, USA-s aga tolli osades.



Joonis 10. Vintraudse tulirelva kaliibri mõõtmine. 1 – vindiväljad, 2 – relva kaliiber.

Relva kaliibrist lähtudes jaotatakse vintraudsed relvad mitmesse rühma. Sagedi võib kohata relvakaliibrit 5,6 mm (spordi- ja mõned jahirelvad), 6,35 mm (nt püstolite Browning ja Walther mõned mudelid), 7,62 mm (nt enamik lahingurelvadest), 7,65 mm (nt püstolid Melior, Star ja püstoli Browning mõned mudelid), 7,92 mm (nt Saksa armees kasutatud vintpüss Mauser), 9 mm (nt püstol Makarov ehk PM, Parabellum ehk P 08, püstolite Browning ja Walther mõned mudelid) ja 11,43 mm (nt püstol ja revolver Colt).

Sileraudsetel jahirelvadel määratakse kaliiber kas millimeetrites või kasutades vananenud, tinglikku mõõtmisviisi. Viimasel juhul näitab jahirelva kaliiber ühest inglise naelast tinast (inglise nael on 453,6 g) valmistatavate ümarate kuulide arvu, mille läbimõõt vastab relvaraua diameetrile. Näiteks juhul kui ühest inglise naelast tinast saab valmistada kuusteist relvaraua diameetrile vastavat ümarat kuuli, on jahirelva kaliiber 16. Levinumad on sileraudsed jahirelvad kaliibriga 12, 16 ja 20.

TULIRELVA VAATLUS

Tulirelv satub uurija kätte kas sündmuskoha, ruumi või paikkonna vaatlusel, isiku, ruumi või paikkonna läbiotsimisel. Relva võib üle anda ka kahtlustatav või keegi teine. Sündmuskoha vaatlusel leitakse tulirelv tavaliselt siis, kui tegemist on enesetapu või enesetapu lavastamisega. Relv asetseb neil juhtudel kas laiba kõrval või käes. Erandiks on juhud, kus tulirelva on mõni kõrvaline isik enne vaatluse toimetamist ära võtnud.

Süüdlane võib mõnikord tulirelva sündmuskohal ära visata või peita. See seletub kurjategija sooviga võimalikult ruttu vabaneda kuriteo toimepanemise vahendist. Sellepärast tuleb alati, kui kuriteo toimepanemisel on kasutatud relva, võtta tarvitusele abinõud selle leidmiseks sündmuskohalt. Kust relva otsida ja millistes piirides seda teha, otsustatakse konkreetseid asjaolusid arvestades. Vajaduse korral tuleb kasutada otsimisseadmeid.

Relva asukoha, paiknemise ja asendi tuvastamine

Relva leidmisel sündmuskohalt alustatakse selle vaatlust tulirelva asukoha kindlaksmääramisega. See määratakse kahe koordinaadiga, lähtudes püsiva asetusega objektidest, nagu seinad, puud jms. Selgitatakse ka relva paiknemine näiteks laiba kehaosade, eriti tema parema käelaba suhtes, ja töendamise seisukohalt oluliste objektide (nt padrunikesta) suhtes. Seejärel tuvastatakse relva asend. Selleks on vaja selgitada, kuhu on suunatud relvaraud ja kummal küljel relv lebab.

Enne relva ülestõstmist tehakse vaatlusprotokolli koostamiseks vajalikke märkmeid ning pildistatakse ja filmitakse sündmusk kohta ja relva. Üld- ja sõlmvõtete tegemiseks märgistatakse relva asukoht numbertähisega. Samuti tähistatakse relva asend põrandal, pinnasel või lumel. Põrandal tehakse seda kriidijoonega. Kui relv asetseb pinnasel või lumel, on otstarbekas relva asend tähistada nii, et seejuures ei puudutataks relva ning sellele ei satuks kriidi- või pinnaseosiseid ega lund.

Järgmiseks tuleb kontrollida relva kaitseriivistatust, vinnastatust ja laetust. Menetlustoiminguga leitud või uurijale üleantud tulirelva vaatlusel tuleb õnnetusjuhtumite ärahoidmiseks eeldada, et tulirelv on laetud. Relva ei tohi suunata enda ega teiste isikute poole. Samuti hoidutakse päästikule vajutamast. Kui uurija relva ehitust ei tunne, on vaatlusel vaja relvaspetsialisti abi.

Relva tõstmiseks või hoidmiseks on lubamatu torgata relvaraua õõnde kas pliatsit või mõnda teist eset – sellega võidakse kergesti hävitada tulistamisel relvaraua õõnde või selle suudmele jäänud jälgi ning rikkuda vindiväljade mikroskoopilisi iseärasusi. Selliselt hoitud relv võib kergesti kukkuda ning kukkumisega võib kaasneda lask.

Relva hoitakse ainult kinnastatud (ühekordsed kummi- või latekskindad)

käega ja vajadusel vaid nendest osadest, kuhu sõrmejälgi ei jää: püstoli rihveldatud käepideme katted, päästikukaitse küljeservad, püstolikelgu haardetoestik, püssirihm jms. Ülestõstetud relva uuritakse läbipaistva kile kohal, mille alla on asetatud valge paberileht. Nii on kerge märgata ja koguda relvalt pudenenud aineosiseid, juuksekarvu jms.

Tulirelva vaatlusel selgitatakse relva kaitseriivi asend. **Kaitseriiv** on detail, mille vastav asend takistab vinnastatud löögimehhanismiga relva päästikule vajutamisel lasku.

Tehniliselt korrasolevast kaitseriivistatud relvast ei saa tulistada. Järelikult juhul, kui laiba kõrvalt leitakse kaitseriivistatud püstol, pole sellest relvast üldse tulistatud, relv ei ole tehniliselt korras või on pandud kaitseriivi pärast lasku.

Seejärel tehakse kindlaks, kas tulirelva löögimehhanism on vinnastatud. Mõnikord nähtub see relva detailide asetusest (nt relvalukk asetseb tagaseisus). Pärast kaitseriivistatuse ja vinnastatuse kindlakstegemist tuleb selgitada, kas relv on laetud. Püstoli laetuse kontrollimiseks võetakse püstolipärast välja padrunisalv. Seejuures tuleb olla ettevaatlik, et mitte hävitada sõrmejälgi salve külgedel. Pärast salve püstolipärast väljavõtmist tõmmatakse püstolikelk tagasi, et kontrollida, kas padrunipesa on tühi.

Kui salv jääb välja võtmata ning selles on padruneid, siis viib püstolikelk ette liikumisel salvest uue padruni padrunipessa. Seetõttu võib kergesti juhtuda õnnetus.

Salvest eraldatakse padrunid. Need loetakse üle ja neid kirjeldatakse vaatlusprotokollis. Vintpüssi laetuse kontrollimiseks avatakse padrunisalve kaas, padrunid võetakse välja ning tõmmatakse tagasi püssilukk. Et veenduda, kas jahirelv on laetud, murtakse see lahti.

Kui padrunikest või padrun ei tule padrunipesast püstolikelgu tagasitõmbamisel, vintpüssi luku avamisel või jahirelva lahtimurdmisel välja, jäetakse padrunipesa tühjendamata. Sealjuures on vaja aga tarvitusele võttaabinõud, et relva vaatlusel, transportimisel, hoidmisel või ka ekspertiisiasutuses relva pakendist väljavõtmisel ei juhtuks õnnetust. Sel eesmärgil võetakse vintpüssist välja püssilukk, jahipüssil eraldatakse relvaraud või -rauad, püstolil – püstolikelk.

Revolvri puhul tuleb pöörata tähelepanu kõigepealt trumli asetusele ja selgitada, kas vintraua vastas asetsev padrunipesa on tühi või leidub selles padrunikest või padrun. Selleks tuleb eraldada revolvritrummel. Enne revolvritrumli eraldamist tähistatakse trumli asetus revolvri raamis. Selleks tõmmatakse värvipliatsiga jooned või tehakse plastiliinist märgised trumli silindrilisele pinnale ja esiküljele mõlemal pool revolvri raami. Pärast seda eraldatakse trummel raamist.

Tuleb silmas pidada, et pärast lasku jääb revolvrikuke ette trumli padrunipessa padrunikest. Kui tulistamisel esines tõrge, on padruni sütikul lööknoela otsaku jälg. Seejärel uuritakse trumli teisi padrunipesi. Padrunite, padrunikestade ja tühjade padrunipesade järjestikune asetus talletatakse vaatlus-

protokollis. Revolvritrumli tagaküljest tehakse detailfoto. Soovitatav on padrunite, padrunikestade ja tühjade padrunipesade järjestikuse asetuse kohta trumlis koostada skeem.

Kui trummel raamist ei eraldu, lükatakse padrunid ja padrunikestad trumlist välja väljatõukevardaga ning vaatlusprotokollis märgitakse täpselt nende järjestus. Padrunite, padrunikestade ja tühjade padrunipesade järjestikune asetuse on tõendamise seisukohalt tähtsate asjaolude väljaselgitamise alus. Näiteks saab vaatlusel kindlaks teha, kas relva on pärast viimast lasku vinastatud, ekspertiisi tegemisel on aga võimalik sündmuskohalt leitud või laibast väljavõetud kuulide ja revolvritrumlis esinevate padrunikestade vastavusse järgi selgitada lasuvigastuste või -purustuste tekitamise järjestus.

Jälgede uurimine

Relva vaatlusel uuritakse relva pinda ning selgitatakse, kas ja kus metallil esineb roostejälgi laikudena, täpetena või kihina.

Kui uurijal on alust arvata, et lask võis toimuda relva kukkumisel saadud põrutusest, on vaja tuvastada, kas relval leidub puidu-, värvi- või pinnaseosiseid. Ühtlasi peab kontrollima, kas kohas, kust relv leiti, on relva kukkumisele viitavaid jälgi.

Relvalt eemaldatakse marliga vere- ja ajupritsmed ning koetükikesed. Marli lõik, samuti puhta marli proov kasutatud marlist pakitakse eraldi. Juukseid tuleb eemaldada relvalt näiteks pintsettidega. Pärast seda töödeldakse relva pinda sõrmejälgede nähtavaks muutmise eesmärgil. Relva kuiva pinda töödeldakse pulbritega. Kui relv on toodud külma käest sooja ruumi, siis katub relva metallpind niiskusekirmega. Sellist pinda ei tohi kohe pulbriga töödelda. Et vältida oma sõrmejälgede jätmist relvale, tuleb kasutada ühekordseid kindaid.

Tulirelva liigi, süsteemi ja mudeli ning relvanumbri tuvastamine

Vaatlusel määratakse relva liik ning püütakse välja selgitada tema süsteem ja mudel. Selleks on vaja uurida relval esinevaid stantsimärgiseid (nt relva süsteemi või mudeli nimetus ja vabrikumärk). Ühtlasi püütakse teha kindlaks relva number, mis on stantsitud tulirelva detailidele. Sisedetailidele stantsitakse sageli ainult relva numbri lõpposa.

Teades relva numbrit, saab registreeritud relva korral selgitada, kellele see on välja antud.

Relvaraua õõne vaatlus

Relvaraua õõne uurimiseks asetatakse padrunipesa ette ekraanina valge paberileht nii, et sellele langenud valgus peegelduks relvaraua õõnde. Relvaraua suudmest sisse vaadates selgitatakse, kas relvarauas esineb vintlõikeid, ning määratakse kindlaks nende arv ja suund. On vaja kindlaks teha, kas relvaraua õõne seintel on roostet, tahmataolist määrdumist või õli ning kas õõnest on tunda põlenud püssirohule iseloomulikku lõhna.

Relva pakkimine

Kuna relv suunatakse Eesti Kohtuekspertiisi Instituuti kohe, ei tule vaatluse lõpetamisel relvaraua õõnt puhastada, küll aga tuleb relvaraua suudmeosale kilemähis siduda. Suudmemähis on vaja selleks, et vältida kõrvaliste aineosiste sattumist relvaraua õõnde, vähendada niiskuse toimet rauaõõnle ning takistada põlemata või poolpõlenud püssirohuosakeste väljapudenemist. Suudmemähis jäetakse tegemata siis, kui relval leitakse suudme piirkonnas sõrmejälgi või ekspertiisi ülesandeks on selgitada ainult relva tehnilist korrasolekut ning tuvastada, kas relvast saab lasku teha. Suudmeossa vatitampooni või paberitropi asetamine ei ole lubatud.

Kui määratakse DNA-ekspertiis või kui relval avastati sõrmejälgi, tuleb see pakkida nii, et bioloogiline materjal relval ei kontamineeruks ja jäljed relva hoidmisel ja transportimisel ei hävineks. Relv ei tohi pakendis loksuda. Pakkimiseks on otstarbekas kasutada selleks ette nähtud ühekordset pakendit või kartongist karpi. Ühtlasi võidakse relv, padrunid ja salv kinnitada karbi põhja külge.

PADRUNID

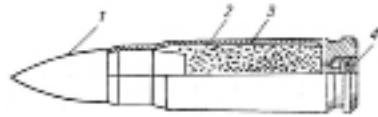
Padrunite liigid ja nende ehitus

Tulirelvade laadimiseks kasutatakse laskemoonana padruneid. Padrunite ehitus sõltub relva kasutusotstarbest ning konstruktsioonist. Seepärast liigitatakse padruneid tulirelva liikidest lähtudes. Kõneldakse vintraudsete ja sileraudsete tulirelvade padrunitest ning eristatakse veel lahingu-, jahi- ja spordirelvade padruneid. Padrunid jaotatakse ka püssi-, revolvri- ning püstolipadruniteks. Peale selle võib padruneid liigitada relva kaliibri järgi.

Padrunitel eristatakse padrunikesta koos sütikuga, samuti pihtamis- ja püssirohulaengut. Vintraudse tulirelva padrunitel on pihtamislaenguks kuul (vt joonis 11).

Joonis 11. Vintraudse tulirelva padrun.

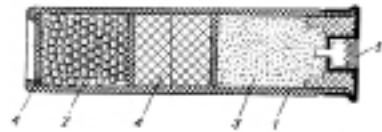
1 – kuul, 2 – püssirohulaeng, 3 – padrunikest, 4 – sütik.



Sileraudse jahirelva padrunitel kasutatakse pihtamislaenguna haavleid, kartetše või kuuli. Peale pihtamis- ja püssirohulaengu võivad sileraudse jahirelva padrunitel olla tropid, seibid, konteinerid jms (vt joonis 12).

Joonis 12. Sileraudse jahirelva padrun.

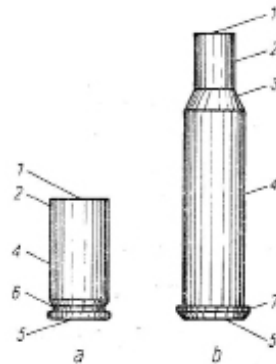
1 – padrunikest, 2 – haavlid, 3 – püssirohulaeng, 4 – tropid, 5 – sütik.



Padrunikest

Lahingu- ja spordirelva padrunitel on padrunikestad metallist. Sileraudse jahirelva padrunitel valmistatakse aga nii metallkesti kui ka kesti, mille silindriline tüvi on papist või plastist. Kuju järgi jaotatakse padrunikestad **silindrilisteks** ja suudmeosas ahnevateks ehk **puudelikujuulisteks** (vt joonis 13).

Silinderpadrunikestad on sileraudsete jahirelvade ning spordirelvade ja revolvrite padrunitel, sageli ka püstolipadrunitel. Seevastu on vintpüssipadru-



Joonis 13. Padrunikesta kuju ja ehitus.

A – silinderpadrunikest, B – suudmeosas ahnev padrunikest. 1 – suudme serv, 2 – suudmeosa, 3 – ahend, 4 – tüvi, 5 – põhi, 6 – ringõnar, 7 – põhjaääris.

nitel tavaliselt suudmeosas ahenevad padrunikestad. Selliseid padrunikesti esineb ka püstolipadrunitel.

Padrunikestal eristatakse suudmeosa, tüviosa ja põhja. Kui kesta tüviosa aheneb suudmeosaks, nimetatakse padrunikesta kitsenevat lõiku ahendiks.

Padrunikesta põhja ääristab tihti ringõnar. Kui see puudub, moodustab padrunikesta põhi esileulatuva äärise.

Padrunikesta põhja keskosas on sütikupesa, milles asetseb padruni sütik. Spordirelvade padrunitel tavaliselt padrunikesta põhjal sütikupesa ei ole. Süütesegu asetseb siin padrunikesta põhja äärise uurdes.

Padrunikesta põhjal on tihti stantsimärgis (nt padruni valmistamise aasta kaks viimast numbrit, vabrikumärk, tehase number, relva kaliiber ja padrunipartii number).

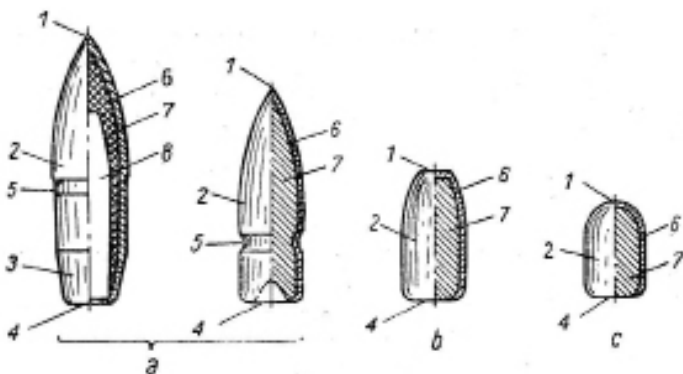
Pihtamisaeng

Padrunikesta suudmeosas paikneb pihtamisaeng. Lahingu- ja spordirelva ning tihti ka jahirelva padrunites on pihtamisaenguks **kuul**.

Kuulid on tavaliselt kaetud kesta ehk mantliga. Mõnikord võib kesta aga puududa (nt spordirelva ja sileraudse jahirelva kuulid ning üksikjuhtudel ka revolvi- ja püstolikuulid). Vintraudsetele jahirelvadele valmistatakse padruneid, kus kestaga on kaetud ainult kuuli tüviosa.

Kestaga kuulil on pliisüdamik. Selles võib olla veel terassüdamik (nt tavalised ja soomust läbivad vintpüssi kuulid), põlevaine ja muud osised (nt vintpüssi trasseeriv, süüte- ja lõhkekuul).

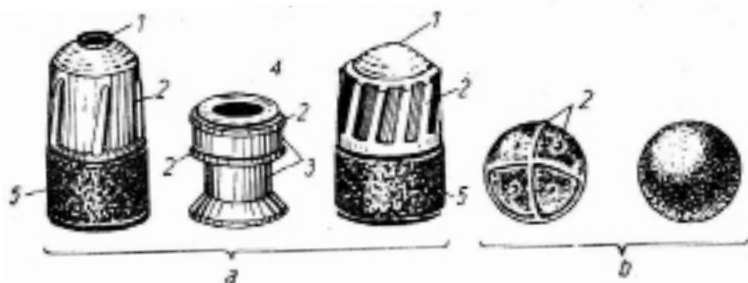
Vintraudse tulirelva kuulil eristatakse otsakut, tüviosa ja põhja. Kui kuuli tüviosa aheneb koonuselisel, nimetatakse selle alumist osa ahendiks. Kuuli tüviosal võib esineda ka ringõnar, mis vähendab kuuli hõõrdumist relvaraua õõne läbimisel ning tõstab tulirelva ballistilisi omadusi. Kuuli otsaku kujust lähtudes võivad kuulid olla kas terava-, tõmbi- või ümaraotsalised. Kuuli põhi on ristlõikeline, kumer või nõgus (vt joonis 14).



Joonis 14. Vintraudse tulirelva kuuli kuju ja ehitus, a – teravaotsaline kuul, b – tõmbiotsaline kuul, c – ümaraotsaline kuul. 1 – kuuli otsak, 2 – tüviosa, 3 – ahend, 4 – põhi, 5 – ringõnar, 6 – kesta, 7 – pliisüdamik, 8 – terassüdamik.

Kuul kinnitatakse padrunikesta suudmeossa kas suudme serva võotamisega kuuli ringõnارasse või suudme serva kokkusurumisega. Seejuures võivad padrunikesta suudme serval ja kuuli tüviosal esineda punkti- või lõigutaolised kinnitusjäljed. Mõnikord asetseb kuul sügavamal ning tema otsak ei ulatu padrunikesta suudmest välja (nt revolvri Nagan kuul).

Sileraudse jahirelva kuul asetseb padrunikestas ning ei ulatu selle suudmest esile. Kuuli kuju on ümar või silindriline. Kuuli pinnal on tihti kald-, piki- või ristisuunalisi õnarusi ja eendeid. Silinderkuuli otsak on kas ümar või tõmp ning selle keskosas võib olla pikisuunaline tühimik. Kuuli põhjale on mõnikord kinnitatud vilt- või plasttrops (vt joonis 15).



Joonis 15. Sileraudse jahirelva kuuli kuju ja ehitus, a – silinderkuul, b – ümarkuul. 1 – kuuli otsak, 2 – eend, 3 – õnarus, 4 – pikisuunaline tühimik, 5 – vilttrops.

Sileraudse jahirelva padrunis kasutatakse pihtamislaenguna veel haavleid või kartetše. Pihtamislaeng moodustub siin hulgast ümaratest kestata kuulikestest.

Olenevalt haavlite läbimõõdust, tähistatakse neid erinevate suurusnumbritega. Kõige jämedamate haavlite läbimõõt on 5,5 mm (haavli nr 6/0). Haavlite iga järgmise suurusnumbri juures on nende läbimõõt 0,25 mm väiksem. Kõige peenemad haavlid (nr 11) on läbimõõduga 1,5 mm. Kui pihtamislaengus on kuulikeste läbimõõt aga üle 5,5 mm, nimetatakse neid kartetšideks. Kõige jämedamate kartetšide läbimõõt on 9,0 mm. Jahirelva padruneid laetakse mõnikord omavalmistatud haavlite või kartetšidega.

Püssirohulaeng

Püssirohulaenguna tarvitatakse padrunites tavaliselt suitsuta püssirohtu, ent jahirelva padrunis võib olla laenguks ka suitsuga ehk must püssirohi. Olenevalt padruni valmistamisel kasutatud püssirohu liigist on püssirohulaengu osistel erinev suurus, kuju ja värvus.

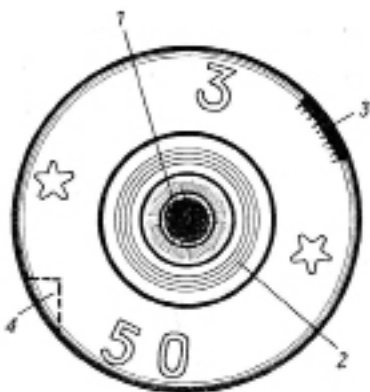
Jälgede kujunemine tulistamisel pihtamislaengule ja padrunikestale. Tulirelva laadimisel lükatakse padrun padrunipessa. Padrun sobib tulirelva laadimiseks siis, kui ta ehitus vastab selle relva padrunipesale. Et padrunipesa on

mitmel relvaliigil, -süsteemil või -mudelil oma ehituselt ühesugune või lähedane, on nende laadimiseks võimalik kasutada ühte ja sama laskemoona.

Padrunipesa suletakse tagantpoolt sulguriga. Päästikule vajutamisel vabaneb vinnastatud löögimehhanism ja lööknõela otsak annab löögi padruni sütikule, jättes sellele oma jälje. Sütikule süütesegu süttib ja süütab püssirohulaengu, mille plahvatamisel tekkinud gaaside survele paiskub pihtamislaeng relvarauast välja.

Et vintraudse tulirelva kuul löikuks oma tüviosa pinnaga vintlõigetesse ning omandaks pöörleva liikumise, on ta läbimõõt relva kaliibrist pisut suurem. Seetõttu jäävadki relvaraua õõnt läbides kuuli tüviosaale vindiväljajäljed. Pihtamislaengule jääb relvaraua õõne mikroskoopilistest ebatasasustest jälgi ka sileraudsest tulirelvast tulistamisel.

Lasu hetkel surutakse püssirohugaaside toimel padrunikest tihedalt vastu sulguri esiseina. Seetõttu jätab sulgur tavaliselt oma jälje kuumenenud sütikule ja mõnikord ka padrunikesta põhjale. Padrunikesta või padruni automaatsel eemaldamisel padrunipesast jäävad padrunikestale tõmmiku, samuti kestaheitja jäljed (vt joonis 16).



Joonis 16. Tulistamisel padrunikestale jäänud jäljed. 1 – lööknõela otsaku jälg, 2 – sulguri jälg, 3 – tõmmiku jälg, 4 – kestaheitja jälg.

Tühja padrunikesta või padruni automaatsel eemaldamisel padrunipesast haakub tõmmiku hammas padrunikesta põhja äärise taha ja tõmbab kesta relvaluku või püstolikelgu tagasiliikumisel välja. Kestaheitjalt saadud löögist heidetakse tühi padrunikest või padrun relvast.

Jahirelval nimetatakse tõmmikut tõukuriks. Relva lahtimurdmisel surub tõukur padrunikesta tagumise osa padrunipesast väljapoole ning padrun või tühi padrunikest eemaldatakse padrunipesast sõrmedega või mõne relvamudeli puhul ka lahtimurdmisel vedruga. Mõnel relvaliigil puudub tõmmik või siis kestaheitja. Näiteks revolvritel surutakse padrun või tühi padrunikest revolvertrumlist välja tavaliselt väljatõukevarda abil. Ka omavalmistatud tulirelvadel need detailid enamasti puuduvad.

Olenevalt tulirelva konstruktsioonist võivad padrunikestale oma jälgi jätta veel mõned teised relva detailid (nt padrunipesa, salve ja kestahteava serv).

Pihtamislauengu, troppide, padrunikesta ja padruni vaatlus

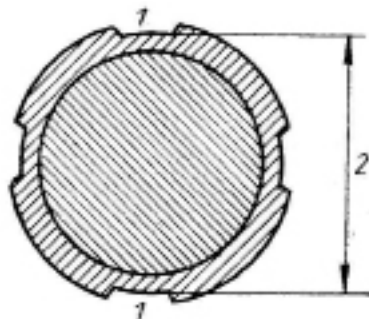
Kuuli, haavlite, kartetšide ja troppide, samuti padrunikesta ja padruni vaatlusel selgitatakse nende kuju, mõõtmed ja muud ehitustunnused ning uuritakse tulistamisel nendele jäänud jälgi.

Kuuli, haavlite, kartetšide ja troppide vaatlus

Kuulil mõõdetakse pikkust ja tüviosa läbimõõtu, tuvastatakse kuuli kesta värvus, ringõnara esinemine ja asetus tüviosal ning kuuli otsaku ja põhja kuju.

Välja selgitatakse ka need tunnused, mis viitavad kuuli kinnitusviisile padrunikesta suudmes (nt kinnitusjälgede olemasolu, nende arv, kuju ja asetus kuulil). Kui kuulil on vindi väljajäljed, tehakse kindlaks nende arv ja kalle. Et tuvastada tulistamisel kasutatud relva vintraua kaliibrit, mõõdetakse kuuli läbimõõtu vindi väljajälgede vahemikust mikroskoobi abil (vt joonis 17).

Joonis 17. Relva vintraua kaliibri tuvastamine tulistamisel kuulile jäänud vindi väljajälgede järgi. 1 – vindi väljajäljed, 2 – vintraua kaliiber.



Kuuli vaatlusel uuritakse veel kuulile tõkke läbimisel või tõkkesse tungimisel jäänud jälgi, samuti kõrvaliste aineosiste esinemist.

Vaatlusprotokollis tuleks kuuli vaatluse käik ja tulemused esitada näiteks järgmiselt: “Ümaraotsalise püstolikuuli pikkus on 14,02 mm, tüviosa läbimõõt 7,80 mm, mass 5,6 g. Kuuli kest punakaspruunist metallist. Kuuli põhi ristlõikeline. Tüviosal kolm punktitaolist kuuli kinnitusjälge. Kuulil neli parempidise kaldega vindi välja jälge. Relva vintraua kaliiber vindi väljajälgedest mõõdetuna 7,62 mm. Kuuli otsakul ja tüviosal pikisuunalisi krampe ja kriimustusi, samuti valkjaid aineosakesi. Kuuli kaalumiseks kasutati digitaalset kaalu, mõõtmiseks nihikut.”

Vaatlusprotokollis ei esitata järeldusi tulistamisel kasutatud relva süsteemi või mudeli kohta. Haavlite või kartetšide vaatlusel pööratakse tähelepanu nende arvule, kujule ja mõõtmetele.

Ümara kujuga haavliil või kartetšil tehakse kindlaks läbimõõt. Kui haavliil või kartetšil on ebakorrapärane kuju, mõõdetakse seda kitsamast ja laiemast kohast.

Veel selgitatakse, milline on metalli värvus ning kas pihtamislauengu pinnal leidub vigastusi ja kõrvalisi aineosiseid. Troppide puhul on tähtis nende

arv, materjal (nt plastmass, vilt, papp või paber), kuju, mõõtmed (nt ümara tropi läbimõõt ja paksus) ning muud tunnused, nagu plekid, kõrvaliste ainesiste esinemine ning tekst tropina kasutatud paberitükil.

Padrunikesta ja padruni vaatlus

Padrunikesta vaatlusel on vaja selgitada kesta ehitustunnused (nt kesta kuju, mõõtmed, materjal ja selle värvus). Mõõdetakse padrunikesta pikkust, suudme ning põhja läbimõõtu, uuritakse kuuli kinnitusjälgi kesta suudmes ja stantsimärgiseid padrunikesta põhjal.

Vaatlusel tehakse kindlaks tulistamisel padrunikestale jäänud jäljed, nende kuju ja asetus. Vaatlusprotokollis kirjeldatakse padrunikesta näiteks järgmiselt: “Suudmes osas aheneva padrunikesta pikkus 24,7 mm, suudme läbimõõt 7,8 mm, põhja läbimõõt 9,9 mm. Mõõtmisel kasutati nihikut. Kest valmistatud kollaka värvusega metallist. Suudmes osal kolm punktitaolist kuuli kinnitusjälge. Padrunikesta põhjal viisnurgakujuline tähis ja numbrid 45-VI-270. Padruni sütikul ümarjas, küljelt libamisi kujunenud lööknõela otsaku jälg. Padrunikesta põhja äärisel, märgise “45” kohal tõmmiku jälg ning märgise “VI” kohal kolmnurkne kestaheitja jälg.”

Padrunite vaatlusel peetakse silmas padrunikesta ja kuuli vaatluse kohta antud soovitusi.

Pakkimine

Relvast väljavõetud padrunid, salv või revolvrirummel, samuti padrunikeskad, kuulid, haavlid, kartetšid või tropid pakitakse ükshaaval kileümbrisesse. Eraldi pakkimisel on välistatud nendele jäänud jälgede hävimine üksteise vastu hõõrdumisel. On keelatud teha padrunile, kuulile või padrunikeskale nõelaotsa või mingi teravikuga tähiseid ning suruda kuuli padrunikeska suudmesse.

Üheliigilised padrunid paigutatakse ühisesse pakendisse.

Tulirelva, lasujälje, kuuli jne vaatluseks võib uurija kaasata kohtuballistika asjatundja. Kohtuballistikaekspertiisi tegemisel uuritakse neid objekte põhjalikumalt, pidades silmas ekspertiisi ülesandeid.

TULIRELVA IDENTIFITSEERIMINE

Tulistamisel kasutatud relva identifitseerimine on kohtuballistikaekspertiisi tegemisel võimalik seetõttu, et vindi väljade, samuti ka relva teiste detailide ehitus on individuaalne ja suhteliselt püsiv. Tulirelva detailide ehituse individuaalsuse määravad oma kogumis need mikroskoopilised iseärasused, mis kujunevad relva valmistamisel ja kasutamisel. Nende suhteline püsivus seletub aga relva valmistamiseks kasutatud metalli vastupidavusega. Tulirelva saab identifitseerida nii pihtamislaengu kui ka padrunikesta järgi.

Tulirelva identifitseerimine pihtamislaengu järgi

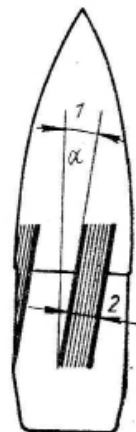
Vintraudset tulirelva identifitseeritakse kuuli ehitustunnuste ning kuulile tulistamisel jäänud vindi väljajälgede järgi.

Kõigepealt tuvastatakse relva grupikuuluvus (nt relva liik, süsteem või mudel). Eesmärk on kuuli ehitustunnuste ja vindi väljajälgedes kajastunud relvaraua õone üldisemat laadi tunnuste kogumi alusel välja selgitada võimalikult kitsam relvagrupp, mis hõlmaks ka kuriteo toimepanemisel kasutatud tulirelva. Relva grupikuuluvuse tuvastamisel lähtutakse sellistest kuuli ehitustunnustest nagu mõõtmed, kuju ja mass, samuti kinnitusviisi padrunikesta suudmes.

Tulirelva grupikuuluvuse tuvastamisel tuleb arvestada aga asjaolu, et mõnd eri liiki, süsteemi või mudelit relva saab laadida standardsete padrunitega (nt lühike vintpüss – karabiin SKS ja automaat AK, samuti püstol TT ja püstolkuulipildujad PPŠ või PPS). Ühtlasi võidakse kasutada mittestandardseid padruneid, mis küll mahuvad relva padrunipessa, kuid ei vasta sellele oma ehituselt (nt 9 mm kaliibriga püstoli Parabellum padrune tulistamine 7,62 mm kaliibriga püstolist TT). Seetõttu ei saa üksnes kuuli ehituslike tunnuste alusel alati kindlaks teha tulistamisel kasutatud relva liiki, süsteemi või mudelit.

Tulirelva grupikuuluvuse väljaselgitamiseks tuleb peale kuuli ehitustunnuste uurida tulistamisel kuulile jäänud vindi väljajälgi. Nende järgi tuvastatakse relvaraua õone sellised üldisemat laadi tunnused nagu relva kaliiber, vindi väljade arv, kalle ja kaldenurk ning vindi väljade laius (vt joonis 18).

Vindi väljade laiust ja kaldenurka kuulil mõõdetakse mikroskoobi abil. Eri liiki, süsteemi või mudelit relvadel võivad mõned relvaraua õone üldisemat laadi tunnu-



Joonis 18. Vindi välja kaldenurga ja laiuse väljaselgitamine vindi väljajälgede järgi. 1 – vindi välja kaldenurk, 2 – vindi välja laius.

sed kokku langeda. Sellepärast saab põhjendatud järeltuli tulistamisel kasutatud relva grupikuuluvuse kohta teha ainult kuulile jäänud jälgedes kajastunud relvaraua õõne üldisemat laadi tunnuste ning kuuli ehitustunnuste kogumi alusel. Sellisel teel selgitatud relvagrupi edasine ahendamine ja konkreetse tulirelva tuvastamine toimub aga tulistamisel kuulile jäänud jälgedes kajastunud relvaraua õõne mikroskoopiliste iseärasuste järgi.

Tulistamisel kasutatud relva tuvastamine

Vintraua õõne mikroskoopilised iseärasused kajastuvad kuulil vindiväljajälgedes pikisuunaliste vaokeste ja vallikestena. Nendest jälgedest saadakse informatsiooni kuriteo toimepanemisel kasutatud tulirelva vintraua õõne mikroskoopilise ehituse kohta.

Vintraua õõne läbimisel muutuvad kuulil vindiväljajäljed pidevalt, mistõttu ei ole võimalik neid vahetult võrrelda kontrollitava tulirelva vintraua õõne tunnustega. Sellepärast tuleb tulirelva identifitseerimiseks kasutada võrdluskuale, mille abil õpitakse tundma kontrollitava tulirelva vintraua õõne ehitust. Võrdluskualide saamiseks teeb kohtuballistikaekspert kontrollitavast relvast eksperimentaallaske. Kuuli lennuhoo pidurdamiseks tulistatakse kuulipüüdjasse, mis on täidetud näiteks vati või veega. Kuulipüüdjas võivad olla ka poorsest kummist õhukesed plaadid, želatiin või parafiin. Laskemoonana kasutatakse eelkõige sündmuskohalt leitud või koos tulirelvaga äravõetud padruneid. Nende puudumisel tehakse eksperimentaallaske teiste kontrollitavale tulirelval sobivate padrunitega.

Vintraua õõne tunnuste selgitamiseks ja võrdlemiseks kasutatakse stereo- ja võrdlusmikroskoopi, mille abil tehakse võrdlusuurimist üksikute vindiväljajälgede kaupa.

Tulirelva identifitseerimist raskendab asjaolu, et vintraua õõne iseärasused võivad roostetamise, hoolimatu puhastamise või siis paljukordse tulistamise tõttu oluliselt muutuda. Ühtlasi võib kuul tõket läbides deformeeruda ja kuulile jäänud vindiväljajäljed osaliselt või täielikult hävida. Kohtuballistikaekspertiisiga on sel juhul võimalik tuvastada ainult relva grupikuuluvust.

Sileraudse tulirelva identifitseerimine

Sileraudse tulirelva identifitseerimisel kuulide järgi lähtutakse kuuli läbimõõdust ja pihtamislaengule või selle konteinerile jäänud relvaraua õõne jälgedest. Kuna relvaraua õõne jäljed jäävad samuti haavlitele ja kartetšidele või nende konteinerile, saab identifitseerida tulirelva ka nende jälgede järgi. Identifitseerimist raskendab aga asjaolu, et selliste jälgede kujunemismehhanism on väga keerukas ning eksperimentaallaskude tegemisel ei ole tihti võimalik saada sobivat võrdlusmaterjali. Neil juhtudel ei lähe korda sileraudset tulirelva identifitseerida.

Tulirelva identifitseerimine padrunikestade järgi

Tulirelva identifitseerimiseks padrunikestade järgi uuritakse, nagu kuulidegi juures, nende ehitust ning padrunikestale jälgi jätnud relvadetailide tunnuseid.

Relva grupikuuluvuse tuvastamine

Padrunikesta ehitustunnustest selgitatakse selle kuju, mõõtmed, samuti märkega padrunikesta põhjal. Padrunikesta ehituslike tunnuste ning tulistamisel padrunikestale oma jälje jätnud detailide, nagu lööknõela otsaku, sulguri, tömmiku ja kestaheitja üldisemat laadi tunnuste järgi tuvastatakse kuriteo toimepanemisel kasutatud tulirelva grupikuuluvus.

Tulirelva mõni detail (nt jahirelva tõukur ja sulgur) võib jätta ainult vaevumärgatava jälje, mistõttu selle kasutamine tulirelva identifitseerimisel pole tavaliselt võimalik.

Kuna tulistamiseks erinevat liiki, süsteemi või mudelit relvast kasutatakse tihti standardseid padruneid, kusjuures relva saab mõnikord laadida ka oma kujult ja mõõtmetelt padrunipesa ehitusele lähedaste padrunitega, tuleb tulirelva grupikuuluvuse tuvastamisel lähtuda padrunikesta ehituslike tunnuste ning padrunikestale jälgi jätnud relvadetailide üldisemat laadi tunnuste kogumist.

Tulistamisel kasutatud relva tuvastamine

Kuriteo toimepanemisel kasutatud konkreetse tulirelva tuvastamiseks on vaja lisaks relva grupikuuluvuse kindlakstegemisel aluseks olnud tunnustele uurida ja võrrelda sündmuskohalt leitud padrunikestale ja eksperimentaallaskude tegemisel saadud võrdluspadrunkestadele jäetud jälgede järgi lööknõela otsaku või mõne teise relvadetaili mikroskoopilisi iseärasusi. Selleks on vaja stereo- ja võrdluskoskoopide kasutamist.

Konkreetse tulirelva tuvastamist raskendab või muudab võimatuks relva mõne detaili asendamine, ümberehitamine, roostetamine või relva parandamine pärast kuriteo toimepanemist. Seetõttu saab identifitseerimisel padrunikestade järgi välja selgitada mõnikord ainult tulirelva grupikuuluvust.

PIHTAMISLAENGU JÄLJED

Tulistamise suuna ja tulistuskoha tuvastamine

Olenevalt objekti laadist võib pihtamislaeng jätta sellele ainult oma jälje või siis põhjustada väljaspool pihtamislaengu toimepiirkonda muid suuremaid või väiksemaid purustusi (nt lasupurustused klaasis või mõnes teises harras objektis).

Pihtamislaengu jäljed jaotatakse läbivuse järgi objekti läbivateks ja pimevigastuse jälgedeks. Esimesel juhul tungib pihtamislaeng objektist läbi, teisel juhul jääb see aga tõkkesse või rikošeteerub (põrkub objekti pinnalt kõrvale).

Objekti läbiva jälje puhul eristatakse pihtamislaengu sisenemis- ja väljumisava. Kui sisenemisava ei külgne vahetult väljumisavaga, moodustub lasukanal. Objekti läbimata jäljes ei ole väljumisava.

Tulistamise suuna tuvastamine. Kui pihtamislaeng ei ole kindla asetusega objekti läbinud, ei valmista raskusi küsimuse lahendamine, kustpoolt on tulistatud. Kui tegemist on aga objekti läbiva jäljega, tuleb uurida neid tunnuseid, mille alusel saab teha järeldusi pihtamislaengu sisenemis- ja väljumisava kohta.

Objekti läbides rebib pihtamislaeng väljumisel tavaliselt tõkke osiseid laiemalt lahti kui sisenemisel. Seetõttu laieneb sageli objekti läbiv jälg koossekujuliselt.

Tulistamise suuna tuvastamine pihtamislaengu jälgede järgi klaasis

Klaasi läbides jätab kuul sellesse oma lennu suunas laieneva lehtrikujulise ava, ühtlasi tekivad klaasis kiirjad ehk radiaalsed ja ringjad ehk kontsentriilsed mōrad (lasupurustused). Ringjate mōrade ühtne kese on kuuliauk.

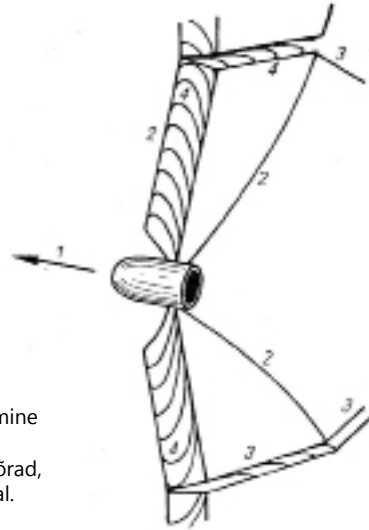
Kuuli läbimisel paindub klaas kuuli lennu suunas väljapoole. Pinge klaasi välisküljel suureneb niivõrd, et sellelt küljelt algab kiirjate mōrade tekkimine. Seejärel mōraneb klaasi see külg, kustpoolt tulistati. Ringjad mōrad tekitavad vastupidiselt kiirjate suunale.

Kiirjate ja ringjate mōrade servadel ilmnevad lookjad, lehvikutaoliselt külgnevad kujundid. Need koonduvad purunemisservadel klaasi viimati mōranenud küljele. Kiirjate mōrade puhul on lookjad elemendid koondunud klaasi sellele küljele, kustpoolt tulistati. Ringjate mōrade juures on aga purunemisserva ehitus vastupidine (vt joonis 19).

Kui lasupurustused on ühes aknaklaasis, ei ole tulistamise suuna täpne tuvastamine võimalik. Sel juhul saab ainult selgitada, kas kuul on läbinud klaasi enam-vähem ristisuunaliselt või küljelt. Aknaklaasi ristisuunalisel läbimisel on kuuliaugul tavaliselt ümar kuju, kusjuures ringjad mōrad moodus-

tavad ümaraid kujundeid. Kui kuul läbib aknaklaasi teravnurga all, on kuuli-
 auk ovaalse kujuga. Ka ringjad mõrad moodustavad kujundeid, mis on kuu-
 li lennu suunas pikergused.

Ühtlasi tuleb arvestada asjaolu, et taolised purustused tekivad ka klaasi
 ristisuunalisel pihtamisel, kui kuul on deformeerunud või tabas tõket oma
 küljepinnaga (nt klaasi läbis ristisuunaliselt kärbikust tulistatud kuul, tulis-
 tamisel kasutati omavalmistatud tulirelva või relva, mille kaliiber oli kuuli
 läbimõõdust tunduvalt suurem).



Joonis 19. Lasupurustuste tekkimine
 klaasil. 1 – kuuli lennu suund,
 2 – kiirjad mõrad, 3 – ringjad mõrad,
 4 – lookjad kujundid klaasi serval.

Tulistamise suuna selgitamine haavlite ja kartetšide hajumisvälja järgi

Tulistamise suuna kohta saab mõningaid järeldusi teha haavlite või kartetši-
 de hajumisvälja järgi tõkkel. Kui haavlite või kartetšide hajumisväli on ring-
 jas, on lasu suund olnud enam-vähem risti objekti pinnaga. Kui aga haavli-
 või kartetšilaeng on tabanud objekti teravnurga all, on hajumisväli ovaalne.

Kuuli lennujoone viseerimine

Tulistamise suuna täpsem kindlakstegemine on võimalik kuuli lennujoone
 viseerimise teel.

Kuuli lennujoont saab viseerida siis, kui on pihtatud kaht püsiva asetu-
 sega objekti (nt kuul läbis kaks teineteisest teatud kaugusel asuvat tõket või
 siis, läbinud ühe objekti, tungis mingisse teise tõkkesse või rikošeteerus sel-
 lelt). Samuti on võimalik kuuli lennujoont viseerida juhul, kui pihtamislaeng
 on jätnud mingi kindla asetusega objekti lasukanali.

Kahe objekti korral ühendatakse laserkiire, jämeda niidi või peenikese
 nõõri abil tõketes esinevate kuulijälgede keskpunktid. Laseri valgustäpp või

pinguldatud nöör näitab kuuli lennu suunda. Kuuli lennujoone kindlaksmääramiseks viseeritakse viseerimistoruga piki nööri. Viseerimistoru puudumisel valmistatakse see kokkupööratuna paberilehest. Jämedama viseerimistoru korral on võimalik tulistamise suunda läbi viseerimistoru ka pildistada. Et viseerimistorule anda püsikindlust, kinnitatakse see statiiviga mingile kindlale alusele.

Kui kuul on objekti jätnud lasukanali, viseeritakse selle suuna järgi. Selleks torgatakse läbi lasukanali varras või võimaluse korral viseerimistoru.

Mõnikord on vaja tuvastada objekti läbinud pihtamislaengust lasukanalisest jäänud metalli jälgi. Neil juhtudel ei ole lubatud lasukanalit puutada. Läbi lasukanali võib viseerimisel kasutatavat eset torgata alles pärast seda, kui osa lasukanalist on objektist tehtud väljalõikega või muul viisil eraldatud.

Viseerimine on võimalik veel tõkke kõrvalt, arvestades pihtamislaengu sisenemis- ja väljumisava kõrgust põranda- või maapinnast ja lasukanali suunda.

Tulistuskoha tuvastamine

Tulistuskoht asetseb kuuli lennujoonel. Selle täpsemaks kindlakstegemiseks arvestatakse kuuli lendu mõjustavaid tegureid, nagu ilmastikutingimusi (nt tuule suund, tugevus ja õhuniiskus), relva omadusi (nt relvaraua pikkus, rauaõõne kulumine) ja kasutatud laskemoona iseärasusi (nt kuuli kuju ja raskus).

Tulistaja täpse asukoha selgitamiseks pööratakse tähelepanu viseerimis-suunas paiknevatele objektidele (nt elamu aken), kust kuriteo toimepanemisel võidi tulistada. Samuti otsitakse viseerimissuunas tulistaja jäetud jalatsijälgi ning tulistamisel mahajäänud jahirelva padrunitroppe ja padrunist. Kui kaugemale ja millises suunas heidetakse tulistamisel padrunist, sõltub kasutatud tulirelva liigist, süsteemist ja mudelist. Sellepärast saab tihti padrunist asukoha järgi tulistuskohta juba küllaltki täpselt määrata.

PIHTAMISKAUGUSE SELGITAMINE

Tulistamisel paiskuvad pihtamisaengu järel koos suudmeleegiga relvaraua suudmest suure purustusjõuga gaasid. Ühtlasi paiskub relvast püssirohutahma, põlemata või poolpõlenud püssirohuosiseid, relvaraua õone läbimisel pihtamisaengult hõrdunud metalliosiseid, sütiku süütesegu põlemisjääke ning määrdeõli piisku. Selle järgi, kas ja kuidas need ained mõjustavad tõket pihtamisaengu toime piirkonnas ja selle ümber, eristatakse kontakt-, lähi- ja kauglaske.

Kontaktlask

Kontaktlasu korral on relvaraua suudmeosa surutud vastu objekti. Mõnikord võib tõkkel (nt laiba nahal) esineda koguni relvaraua suudme jälg. Kuna gaasid ei ole hajunud, on nende purustusjõud suur. Kontaktlask jätab näiteks riidest tõkkesse ulatuslikke risti- või tähekujulisi rebendeid. Relvaraua suudmest väljapaiskunud püssirohutahm, põlemata või poolpõlenud püssirohuosised ning pihtamisaengu pinnalt eraldunud metalliosised tungivad lasukanalisse. Ühtlasi satub kontaktlasu puhul relvaraua õõnde tõkke osiseid. Juhul kui püstoli relvaraud oli tulistamisel vajutatud näiteks vastu oimukohta, leidub relvaraua õõnes verd, juukse- ja ajutükikesi.

Lähilask

Lähilasu korral on pihtamisaengu jälje ümber püssirohutahmast, põlemata või poolpõlenud püssirohuosistest, pihtamisaengust eraldunud metalliosistest, sütiku süütesegu põlemisjääkidest, õlipritsmetest ning suudmeleegi toimest tingitud ringjas jälg, mille intensiivsus ja ulatus sõltuvad pihtamiskaugusest.

Mida lähemalt tulistati, seda väiksem on relvaraua õõnest paiskunud püssirohutahma ja muude aineosiste jälje läbimõõt ning seda mõjusam on gaaside purustusjõu ning kõrge temperatuuri toime.

Olenevalt tulirelva liigist, tüübist ja mudelist ilmneb lähilasu tunnuseid veel tulistamisel 2–3 meetri kauguselt. Seetõttu saab lähilasu jälgede põhjal küllaltki täpselt selgitada, kui kaugelt on tulistatud. Kuna lähilasu jälgede ulatust ja intensiivsust mõjustavad veel tulirelva ja laskemoona omadused (nt relva kaliiber, relvaraua pikkus, püssirohulaeng), teeb kohtuballistikaekspert pihtamiskauguse leidmiseks eksperimentaallaske. Katsete tegemisel kasutatakse menetlustoimingus äravõetud või uurijale üleantud tulirelva ja padruneid. Kui kontrollitavat tulirelva ei ole leitud ega sellist laske-moona saadud, on vaja katsete tegemisel kasutada samaliigilist relva ja laske-moona. Eksperimentaallaskude jälgi võrreldakse kuriteo toimepanemisel jäänud lasujäljega.

Kauglask

Kauglasu puhul puuduvad lähilasu tunnused. Ainult siis, kui tulistamisel kasutati eriotstarbelisi kuule (nt süüte- või trasseeriv kuul), on kauglasu jäljes üksikuid lähilasule omaseid tunnuseid, nagu kuuli põlevaine jäägid ja kõrge temperatuuri mõjustus.

Ka kauglasu jälgedest saab vahel teha järeldusi pihtamiskauguse kohta. Näiteks selgitatakse pihtamiskaugust haavli- või kartetšilaengu hajumisvälja mõõtmete alusel. Mida kaugemalt on sileraudsest jahirelvast tulistatud, seda enam hajub pihtamisaeng. Haavlite ja kartetšide hajumine sõltub veel relvaraua ehitusest, relva kaliibrist ja rauaõõne kulumisest, samuti püssirohulaengust, haavlite ja kartetšide suurusest, kujust ja materjalist, troppidest ja padrundi laadimisest. Näiteks hajub pihtamisaeng vähem tulistamisel tšokkrauast, mille rauaõõs aheneb suudme suunas, või kui relvaraud on kulumata ja relva kaliiber väike. Hajumisväli jääb väiksemaks ka sel juhul, kui tulistamisel kasutati padrunit, mis oli laetud ühtlase suuruse ja kujuga jämedamate haavlite või kartetšidega ning padrunis olid plastmassist või vildist tropid ja suurem püssirohulaeng.

Pihtamiskaugus selgitatakse kohtubalistikaekspertiisiga, lähtudes eksperimentide tulemustest. Oluline on, et eksperimentaallaskude tegemisel kasutataks kontrollitavat tulirelva ja kuriteo toimepanemisel kasutatud laske moonaga samaliigilisi padruneid.

PIHTAMISLAENGU JÄLGEDE TALLETAMINE

Kirjalik talletamine

Lasujälgede kirjalikul fikseerimisel märgitakse sündmuskoha vaatlusprotokolli lasujäljega eseme nimetus, materjal ja paiknemine ruumis või paikkonnas. Kui objekti asetus on muudetav, tuleb protokollis täpselt näidata selle paiknemine kahe püsiva asetusega objekti suhtes (nt ahjunurk, akna või ukse piit, kivi, puu, hoone nurk). Nende andmete järgi peab vajaduse korral olema võimalik sündmuskoha olustikku taastada.

Ühtlasi märgitakse protokolli lasujälje asetus objektil ja tõkke paksus. Kui kaheldakse, kas purustus on tekitatud tulistamisega, siis kõneldakse lasujäljetaolisest purustusest.

Protokollist peab nähtuma, kas tegemist on objekti läbiva või läbimata pihtamisaengu jäljega. Oluline on märkida protokolli lasujälje kõrgus maast või põrandapinnast. Lasukanali korral märgitakse protokolli kuuliava kõrgus maast või põrandapinnast objekti mõlemal küljel ning milline on lasukanali suund. Laiba puhul määratakse lasuvigastuse kõrgus ka jalataldadest. Mitme lasujälje puhul kirjeldatakse vaatlusprotokollis nende asetust üksteise suh-

tes. Kui tõket on tabanud ainult üksikud haavlid või kartetšid, tuvastatakse iga üksiku tõkkesse tunginud haavli või kartetši jäetud jälje asukoht. Haavli- või kartetšilaengu korral märgitakse protokollis üksikute haavlite või kartetšide arv tõkkes, samuti nende hajumisvälja kuju ja mõõtmed.

Vaatlusprotokollis kirjeldatakse lasujälje kuju (nt ümar, ovaalne, tähe- või ristikujuline) ja mõõtmeid ning lasukanali laadi. Protokollist peab nähtuma, kas lasukanal on objekti läbiva lasujälje puhul ühtlane või lehtritaoliselt laienev, kas lasuava serv on sile või hambuline. Kui pihtamislaeng läbis metalleseme, tuleb protokollis näidata, kummal tõkke küljel on lasuava servad pööratud väljapoole.

Kui lasuava servadel on märgata pihtamislaengu jäetud metalli hõõrdetäpid, tuleb ka see kajastada vaatlusprotokollis. Vaatlusprotokollis märgitakse, kas objekti läbiva lasujälje korral on tõkkest, lasuava servadelt, eraldunud osiseid (nt puidutükikesed, klaasikillud), kummalt objekti küljelt need on eraldunud ja kuhu paikunud. Samuti tuleb vaatlusprotokollis kirjeldada lasuga kaasnenud purustusi, nende kuju ja mõõtmeid (nt mõrade ning rebendite kuju ja ulatus).

Protokollis esitatakse andmed, mille alusel võib otsustada, kas tegemist oli kontakt-, lähi- või kauglasuga. Nii märgitakse protokollis, kas lasuava ümber on püssirohutahmataoline hall või mustjas jälg, selle jälje kuju ja mõõtmed. Kui jälg on ümar, mõõdetakse selle läbimõõt. Korrapäratu kujuga jälje puhul tuleb näidata protokollis selle laius ja pikkus lühima ja pikima mõõtmena.

Kui pihtamislaengu sisenemisava ümber leidub veel põlemata ja poolpõlenud püssirohuosiste taolisi täppe, kõrge temperatuuri toime jälgi (nt riide pinnal on koekarvad põlenud) või ultraviolettkiirgusega ergastamisel sinakalt helenduvaid määrdetäpid taolisi jälgi, kirjeldatakse vaatlusprotokollis ka neid.

Protokollis ei tehta järeldusi pihtamislaengu sisenemis- või väljumisava paiknemise, tulistamise suuna või pihtamiskauguse kohta.

Pildistamine ja filmimine

Ruumist või paikkonnast tehakse üldvõtted, millel tähistatakse lasujäljega objekt. Neid kasutatakse vajaduse korral sündmuskoha olustiku taastamisel kõrvuti vaatlusprotokolliga (nt uurimiseksperimenti teostamisel ja kohutuballistikaekspertiisi tegemisel). Lasujäljega objekt talletatakse mõõtkavaliselt. Lasujälg märgistatakse objektile numbretähiste või nooltega.

Kui objekti on pihtatud haavli- või kartetšilaenguga, tähistatakse objektile pihtamislaengu hajumisväli (piirmiste haavlite või kartetšide paiknemine tõkkes).

Lasujäljest tehakse mõõtkavavõtted. Kui pihtamislaeng on objekti läbinud, tuleb pildistada lasujälge objekti mõlemalt küljelt.

Esemete äravõtmine ja pakkimine

Kui pihtamisaeng ei ole objekti läbinud, võetakse see tõkkest välja, kusjuures tehakse kindlaks ka lasukanali suund ja sügavus.

Pihtamisaengu väljavõtmisel tuleb vältida kontakt- või lähilasu tunnuste hävimist. Selleks võetakse pihtamisaeng võimaluse korral välja tõkke teiselt küljelt.

Pihtamisaengu väljavõtmiseks kasutatakse nuga, peitlit, saagi või puuri, kusjuures tuleb vältida tõkkesse tunginud kuuli, haavlite või kartetšide vigastamist. Selleks on vaja eraldada lasujäljega suurem objekti tükk või tükid ning neid ettevaatlikult purustades või lõhestades pihtamisaeng välja võtta. Et vajaduse korral oleks võimalik tuvastada pihtamisaengu sisenemiseava asukohta tõkkes, tähistatakse objektile enne väljalõike tegemist või tüki eraldamist lasujälje keskpunkt nelja joonlõiguga. Jooned tõmmatakse pihtamisaengu sisenemisavast kaugemale ning nende ühendamisel ristuvad nad ava keskpunktis.

Kui tõkkest ei ole kohapeal võimalik pihtamisaengut ilma kontakt- või lähilasu tunnuste hävimiseta välja võtta, võetakse sündmuskohalt kaasa ese või selle osa (nt esemest tehtud väljalõige) koos tõkkesse tunginud pihtamisaenguga. Pihtamisaeng võetakse tõkkest välja kohtubalistikaekspertiisi käigus. Kui eseme või selle osa kaasavõtmine sündmuskohalt ei ole võimalik, tagatakse lasujälgede säilimine nende esialgsel kujul kuni kohtubalistikaekspertiisi tegemiseni. Pihtamisaengu võtab tõkkest välja kohtubalistikaekspert pärast lasujälgede uurimist sündmuskohal.

Laibast võtab kuuli, haavlid või kartetšid välja ning tuvastab lasukanali suuna ja sügavuse kohtuarst-ekspert.

Kui pihtamisaeng on läbinud eseme ning tõendamisel on vaja tuvastada lasukanalisse jäänud metalli jälgi, teha kindlaks, kustpoolt on tulistatud või selgitada, kas tegemist on kontakt- või lähilasuga, võetakse sündmuskohalt kaasa lasujäljega ese või selle osa.

Kui lasujäljed on kannatanu riietusesemetel, tuleb need alati ära võtta. Riietusesemetest väljalõigete tegemine ei ole lubatud.

Kui riietusele on verega määrdund, kuivatatakse see toatemperatuuril, et vältida vere roiskumist.

Kuna lähilasu korral riidele sattunud poolpõlenud ja põlemata püssirohuosised võivad riietuseseme ülesriputamisel maha pudeneda, tuleb riietusele kuivatamiseks asetada nii, et selle välimine külg jääks rõhtsalt ülespoole.

Lasujälgi ei tohi eseme äravõtmisel tähistada pliiatsi või kriidijoonega, kuna sellega võib jäljele sattuda edasist uurimist segavaid kõrvalisi aineosiseid. Lasujäljele kinnitatakse nõõpnõeltega või kleepkile lõikudega jäljest suurem nelinurkne kile- või paberitükk.

Kui pihtamisaeng on tabanud akn klaasi, võetakse sündmuskohalt kaasa aknaraam koos selles säilinud klaasitükkidega. Et klaasitükid raamist väl-

ja ei langeks, asetatakse klaasitükkidele mõradega ristuvalt kleepkile lõike või liimitakse nendele paberiribasid. Raamile või klaasile liimitud märkmelipikul tähistatakse klaasi sise- või väliskülg, samuti raami ülemine või alumine serv.

Kui aknaraami ei ole võimalik sündmuskohalt ära võtta, kogutakse pärast lasujälje kirjalikku talletamist ning pildistamist või filmimist raami jäänud klaasitükid kokku ja võetakse kaasa. Et hõlbustada lasujälgede uurimisel klaasitükkide külgnevate purunemisservade järgi kokkuasetamist, liimitakse klaasitükkidele märkmelipikud. Lipikutel märgitakse klaasitüki number ning selle klaasitükiga aknaraamis külgnevate teiste klaasitükkide numbrid, samuti akna sise- või väliskülg.

Sündmuskohal kogutakse kokku ja võetakse ära ka aknaraamist eraldunud klaasitükid.

Raam koos selles säilinud klaasitükkidega, samuti raamist väljavõetud ja sündmuskohalt kogutud klaasitükid pakitakse nii, et nende transportimisel oleks välistatud hilisemate purustuste tekkimine. Vajaduse korral saab sündmuskoha vaatlusprotokolli ja fotode või filmi järgi kontrollida, kas sündmuskohalt äravõetud klaasitükkidele on tekkinud uusi purustusi.

Muude esemete pakkimine peab olema selline, et transportimisel oleks välditud lasujälgede hõõrdumine vastu pakendi sisepinda. Otstarbekas on kasutada kilekotti, kust saab kergesti koguda lasujälgedelt eraldunud aineosiseid (nt poolpõlenud või põlemata püssirohuosised).

Pakend varustatakse märkmelipikuga. Lipikule märgitakse uurimistoi-ningu nimetus, mille käigus ese ära võeti, uurimistoi-ningu teostamise aeg ning eseme omaniku nimi.

KOHTUBALLISTIKAEKSPERTIISI ETTEVALMISTAMINE

Kohtuballistikaekspertiisi tehakse nende kuritegude kohtueelses menetluses, mille toimepanemisel on kasutatud tulirelva. Samuti on see vajalik tulirelva või laskemoonaga seotud süütegude puhul.

Ekspertiisi tegemiseks esitatakse

- tulirelv või selle detail,
- padrun,
- pihtamislaeng (kuul, haavlid, kartetšid),
- padrunikest,
- tropid ja
- lasujälgedega ese või sellest tehtud väljalõige.

Tulirelva või selle detailiga seonduvad ekspertiisiülesanded

Tulirelva puhul on sageli vaja kindlaks teha, kas see on tehniliselt korras ja laskekõlblik. Kui relva süsteem või mudel ei ole üldtuntud ning relval puuduvad stantsimärgised, on vaja tuvastada need andmed ekspertiisiga (nt esitatakse eksperdile küsimus: milline on ekspertiisiks esitatud relva süsteem ja mudel?). Kuna relva süsteemi ja mudeli tuvastamine eeldab kaliibri kindlakstegemist, siis ei ole vaja kaliibri kohta küsimust enam esitada.

Kui relv on omavalmistatud, seda küsimust ei esitata. Küll võidakse sel juhul ekspertiisiga tuvastada, millist liiki, süsteemi või mudelit tulirelv on olnud relva valmistamisel eeskujuks.

Tihti on vaja tõendamisel selgitada, kas kuriteo toimepanemisel kasutatud relvast on võimalik lask ilma päästikule vajutamiseta. Seejuures tuleb arvestada asjaolu, et lask ilma päästikule vajutamiseta ei toimu iseendast, vaid see on võimalik ainult teatud tingimustes. Sagedamini tekib selline lask relva põrutusest kukkumisel või mõne eseme vastu löömisel. Lask toimub mõnikord tahtmatult ka relvakuke vabastamisel enne selle lõplikku vinnastamist. Jahirelva kukk võib tagasitõmbamisel libiseda sõrme alt ja ettepoole liikudes anda tehniliselt mittekorras relva puhul löögi lööknõelale. Lask ilma päästikule vajutamiseta võib toimuda veel löögist vastu vinnastamata relvakukke, samuti jahirelva kokkumurdmisel, kui lööknõela otsak surub tehniliselt mittekorras relva puhul vastu sütikut ja tekitab lasu.

Kuna eksperdil on oluline teada, millistes tingimustes lask ilma päästikule vajutamiseta on toimunud, tuleb kohtuballistikaekspertiisi ettevalmistamisel vajalikud asjaolud üksikasjalikult välja selgitada. Kui lask toimus näiteks relva kukkumisel, tuvastab uurija, kui kõrgelt, millise osaga ja mille vastu tulirelv kukkus ning kas relv oli kaitseriivis. Neid asjaolusid teades saab kohtuballistikaekspert tulirelva uurimisel kohe pöörata tähelepanu relva nendele omadustele, mis võisid põhjustada lasu ilma päästikule vajutamiseta. Sellepärast on vaja ekspertiisiülesande sõnastus seostada kohtueelses uurimisel

tuvastatud kuriteo toimepanemise asjaoludega (nt kas ekspertiisiks esitatud jahirelvast oli võimalik lask ilma päästikule vajutamisetä, kui kaitseriivistatud relv kukkus umbes 1 m kõrguselt kabaga vastu kivi). Ainult sel juhul, kui tulistamise asjaolud ei ole välja selgitatud, sõnastatakse küsimus ilma nendele viitamata. Vahel on tõendamisel oluline, et ekspertiisiga tuvastatakse, kas tulirelva on remonditud ning asendatud selle detaile.

Kui sündmuskohalt leiti relvadetail, tehakse kohtuballistikaekspertiisiga kindlaks, milline on tulirelva liik, süsteem ja mudel, millest see detail on eraldunud. Kui tulistamisel relvaraud lõhkes, selgitatakse, millest see on tingitud. Ekspertiisiülesanne lahendatakse kompleksekspertiisiga, mille teevad kohtuballistikaekspert ja metallograafiaekspert (metallograafia käsitleb metallide ja nende sulamite siseehitust ja uurimismeetodeid). Ekspertidele esitatakse lõhkenud relvarauaga tulirelv ning tulistamisel kasutatud padruniga samaliigilist laskemoona, mis on ära võetud jahirelva kasutanud isikult. Ekspertiisi ettevalmistamisel selgitatakse üksikasjaliselt tulistamisega seonduvad asjaolud.

Kui ekspertiisiülesanne on tuvastada tulistamisel relvaraua õõne seinale jäänud jälgede järgi, kas on tulistatud pärast relvaraua õõne õlitamist või kas relvaraua õõnt on pärast tulistamist õlitatud, määratakse kohtuballistikaekspertiis. Tulistamise aja kohta tõendamisel kasutatavate järelduste tegemine ei ole võimalik.

Padruniga seonduvad ekspertiisiülesanded

Menetlustoimingus äravõetud või uurijale üleantud padrunite puhul tuleb selgitada, kas need on laskekõlblikud. Sel juhul on vahel oluline saada selgust, millist liiki, süsteemi ja mudelit tulirelva jaoks on esitatud padrunid ette nähtud.

Pihtamisaenguga seonduvad ekspertiisiülesanded

Tihti tuleb tulirelva identifitseerimisel lähtuda tõkkest väljavõetud või kannatanu kehast operatsiooni tegemisel või laiba lahkamisel leitud pihtamisaengust. Kui kontrollitav tulirelv puudub, on kohtuballistikaekspertiisi tegemisel vaja kindlaks teha, millist liiki, süsteemi või mudelit tulirelvast on kuul tulistatud.

Kui sündmuskoha vaatlusel, kannatanu opereerimisel või laiba lahkamisel leiti mitu kuuli, tuleb ekspertiisiga tuvastada, kas need on tulistatud samast tulirelvast.

Pärast kontrollitava relva leidmist või selle üleandmist on ekspertiisiülesandeks tuvastada, kas kuul või kuulid on sellest tulistatud. Ühtlasi võib ekspertiisiülesandeks olla sileraudse jahirelva identifitseerimine kuuli või konteineri järgi. Kohtuballistikaekspertidele antakse sel juhul üle kõik sündmuskohalt leitud või lasuvigastusest väljavõetud kuulid ja konteinerid.

Padrunikesta ja troppidega seonduvad ekspertiisiülesanded

Sündmuskohalt leitud padrunikestast lähtudes on kohtuballistikaekspertiisi eesmärk identifitseerida tulirelv. Kui kontrollitav tulirelv puudub, tehakse padrunikesta järgi kindlaks relva grupikuuluvus. Grupikuuluvuse kohta saadud andmeid kasutatakse tulirelva otsimiseks.

Kui sündmuskohalt leiti mitu padrunikesta, on ekspertiisiülesanne selgitada, kas padrunikestad on heidetud samast tulirelvast tulistamisel. Pärast kontrollitava tulirelva leidmist on vaja padrunikestast lähtudes identifitseerida tulirelv.

Kui tulirelva on vaja identifitseerida kuulist või padrunikestast lähtudes, tuleb ekspertiisi ettevalmistamisel selgitada asjaolud, mis võisid põhjustada relva tunnuste muutumist ajavahemikus kuriteo toimepanemisest kuni selle äravõtmiseni või uurijale üleandmiseni. Selleks tuvastatakse, kas relvast on selles ajavahemikus tulistatud; mitu lasku on tehtud; kus ja millistes tingimustes relva hoiti; kas relva on selles ajavahemikus puhastatud ning millal ja kuidas see toimus; kas ja millal on relva parandatud ning milles see seisnes (nt ühe või teise detaili asendamine); kas tulirelval on relvarauda lühendatud.

Kui sündmuskohalt leiti padrunitroppe, saab ekspertiisiga välja selgitada tulistamisel kasutatud jahirelva kaliibrit.

Ka lasujäljega seonduvad ekspertiisiülesanded. Kui ekspertiisiülesande lahendamiseks on vaja uurida lasujälgi, esitatakse eksperdile või ekspertidele lasujälgedega objekt (nt lasujäljega ese, esemest tehtud väljalõige), samuti sündmuskoha vaatlusprotokoll, ruumi või paikkonna plaan või skeem ning lasujälgedega objektist ja lasujälgedest tehtud fotod või film.

Ekspertiisi ettevalmistamisel selgitatakse välja tulistamisega seonduvad asjaolud. Sõltuvalt tõendamise vajadustest on kohtuballistikaekspertiisi ülesanne näiteks tuvastada, kas tõkkel esineb lasujalg; millist liiki tulirelvaga on lasujalg tekitatud; milline on lasujälgede tekkimise järjestus; kus paiknevad pihtamislaengu sisenemis- ja väljumisava (kummalt poolt on pihtamislaeng objekti läbinud); kui kaugelt ja kust on tulistatud.

Kui on vaja teha kindlaks, kas vigastus objektil on tulirelva lasuvigastus, tuleb määrata kohtuballistikaekspertiis.

Kui ekspertiisiülesannete lahendamiseks on vaja uurida lasujälgi kannatanu kehal, määratakse kompleksekspertiis, milles osalevad kohtuballistika- ja kohtuarst-ekspert. Sageli tuvastavad kohtuballistika- ja kohtuarst-ekspert kompleksekspertiisiga veel seda, milline oli kannatanu keha asetus ja relva asend lasuvigastuse tekitamisel.

Infotehnoloogiaekspertiisid

Oliver Olt

SISSEJUHATUS JA AJALOOLINE ÜLEVAADE

Tänapäeval kasutatakse igapäevaelus aina rohkem mitmesuguseid infotehnoloogilisi vahendeid. Kui kuni 90ndate alguseni võis leida infotehnoloogilisi vahendeid vaid asjaarmastajate ja valdkonnale spetsialiseerunud spetsialistide kodust, siis tänapäeval võib neid leida peaaegu iga inimese taskust. Praegusel infoajastul võib toime pandud kuriteo menetlemisel mõnikord palju abi olla ohvri või kurjategija valduses olnud infotehnoloogilisest vahendist, kust võib leida olulisi viiteid juhtniidini jõudmiseks või kuriteo tõendamiseks. Infotehnoloogiaekspertiisi eesmärk on leida infotehnoloogilistest seadmetest ja andmekandjatest infot. Infotehnoloogiline vahend võib olla personaalarvuti, mobiiltelefon, fotoaparaat, videokaamera, diktofon, MP3-pleier GPS ehk positsioneerimisseade jms. Andmekandjad võivad olla kõvakettad, mälupulgad, mälukaardid, laserplaadid, magnetoptilised kettad ja varunduslindid. Infotehnoloogiline vahend võib olla ka mõni selline seade, mis ei ole laiatarbekaup, vaid mis on ise kuritegelikult otstarbel meisterdatud, näiteks pangakaartide kopeerimisseade, mis paigaldatakse pangaautomaatide külge.

Arvutiteadus on võrreldes teiste kohtuteadustega suhteliselt uus valdkond, mis sai alguse 1980ndate alguses ehk pärast personaalarvutite kasutusse jõudmist. Esimesena hakkas selle ekspertiisiliigiga tegelema 1984. aastal Michael R. Anderson, kes töötas eriajendina Ameerika Ühendriikide maksuametis (IRS) kriminaalosakonnas. Ta töötas sel alal riigiasutuses 1990ndate ni, misjärel rajas 1996. aastal erafirma New Technologies, millega jätkas IT-ekspertiisi valdkonda. (The History of Computer Forensics.)

Eestis alustati IT-ekspertiisidega 1997. aastal Kohtuekspertiisi ja Kriminologistika Keskuse (KEKK) dokumendiosakonnas. Algselt kasutati tööks laiatarbe- ja tarkvararakendusi, milleks olid Norton Diskedit ja Norton Unerase, kuid peagi tekkis asitõendite kaitse- ja muutumatuse säilitamise huvides vajadus erivahendite järele. Juba 2000. aastal võeti kasutusele andmekandjate turvalist kopeerimist ja integreeritud uurimiskeskonda võimaldav spetsiaaltarkvara nimega Encase tootjalt Guidance Software. (London 2005.)

1. mail 2001 loodi KEKK-i infotehnoloogialabor. 2008. aastal KEKK ja

Eesti Kohtuarstlik Ekspertiisibüroo ühinesid ning uueks nimeks sai Eesti Kohtuekspertiisi Instituut (EKEI). 2009. aastal eraldus tehniline valdkond dokumendiosakonnast ning EKEI-sse loodi uus osakond nimega infotehnoloogiaosakond, kus tehakse infotehnoloogia-, kujutise- ja hääleekspertiise.

2012. aasta märtsis akrediteeriti andmekandjate kopeerimise meetod. EKEI IT-osakond oli esimesi Euroopas, kes sai akrediteeringu ISO 17025 standardi järgi küberkuritegude tõendamiseks. (Justiitsministeerium 2012.)

ÜLEVAADE EKSPERTIISI VAJADUSTEST (TENDENTS)

Arvutitega seotud kuritegusid on laias valikus alustades kelmustest, kus arvuti võib olla ainult üks kaudne abivahend (dokumentide võltsimine) kuni kuritegudeni, kus nii rünnatav objekt kui ka kuriteo vahend võib olla arvuti (näiteks serverite ebaseaduslik kasutamine). Nagu teiste kuriteoliikidega, võib jätta ka arvutiga tehtud kuritegu oma jälje. IT-ekspertiis võib aidata leida lisainformatsiooni, tõendeid või viiteid kuritöö koosseisu kohta, näiteks narkootiliste ainete käitlemise puhul võib leida õpetusi narkootiliste ainete valmistamise kohta, suhtlust narkootiliste ainete vahendamise kohta või pildi- või videomaterjali aine valmistamise kohta.

Ülevaade ekspertiisiliigist

Infotehnoloogiaekspertiiside ülesanne on uurida mitmesuguseid seadmeid ja andmekandjaid, mis sisaldavad digitaalset informatsiooni. Põhieesmärk on leida kuriteo juhtumiga seotud asjakohast informatsiooni ja esitada seda inimesele arusaadaval kujul. Andmed salvestatakse reeglina andmekandjatele failidena, mida struktureeritakse ja hallatakse failisüsteemis.

Faile on mitmesugust tüüpi, näiteks multimeediafaailid, dokumendifaailid, tabelarvutusfaailid, andmebaasid jne, mille salvestamiseks ja lugemiseks kasutatakse erinevaid standardeid. Mõned seadmed ei kasuta andmete haldamiseks failisüsteemi. Sellised on näiteks videosalvestusseadmed, mis haldavad videofaile oma standardi järgi.

Esimesed loendusvahendid olid inimestel sõrmed ja varbad, millest on välja kujunenud inimesele arusaadav kümnendsüsteem. Infotehnoloogilistes vahendites on informatsioon talletatud digitaalselt ehk kahendsüsteemis (Binay. Vallaste.ee). Kahendarve kasutatakse seadmetes sellisel põhjusel, et kahendkoodi saab kasutada signaalitöötuseks – 1 tähendab seda, et signaal on olemas ja 0 tähistab signaali puudumist.

Kahendarvude lihtsamaks esitamiseks inimese jaoks kasutatakse kuuestikümnendkoodi, mis algab nagu kümnendsüsteem (0–9), kuid numbrite jätkamiseks kasutatakse ladinatähti A–F. Järgnevas tabelis on välja toodud kuuestikümnendsüsteem, kus igale arvule on toodud vaste kahend- ja kümnendarvuna (rapidtables.com):

Kümendarv	Kahendarv	Kuuteist-kümendarv
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

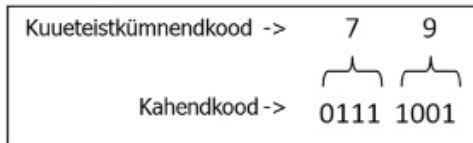
Kuuteistkümnendsüsteem.

Teksti ja sümbolite esitamiseks on välja töötatud erinevaid standardeid. Üks vanimaid ja levinumaid on ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ehk Ameerika Informatsioonivahetuse Standardkood. ASCII standardi esimene versioon avaldati 1967. aastal ja selle viimane värskendus pärineb aastast 1986. ASCII tabel sisaldab ladina tähti, numbreid, keelemärke ja klaviatuurifunktsioone (Ameerika Informatsioonivahetuse Standardkood. Wikipedia.org). Mõned näited (ascii-code.com) on järgmises tabelis.

Kümendarv	Kuuteist-kümendarv	Kahendarv	Sümbol	Kirjeldus
32	20	00100000		Tühik
43	2B	00101011	+	Pluss
49	31	00110001	1	Üks
50	32	00110010	2	Kaks
51	33	00110011	3	Kolm
65	41	01000001	A	Suur A
66	42	01000010	B	Suur B
67	43	01000011	C	Suur C
97	61	01100001	a	Väike a
98	62	01100010	b	Väike b
99	63	01100011	c	Väike c

Näiteid ASCII tabelist.

Väikseim andmeühik digitaalmaailmas on bitt. Bitt on üks järk kahend-arvust väärtusega 1 või 0. Ühte bitti saab mahutada infot, mis kirjeldab võrd-tõenäosust – mees või naine, parem või vasak, kull või kiri, tõene või vale. Väikseimaks töödeldavaks suuruseks on bait, mis koosneb 8-bitisest jadast (Bait. Wikipedia.org). Ühel baidil võib olla 256 erinevat väärtust ($2^8 = 256$). Näiteks ASCII sümbolile y vastab bait kahendkujul 01111001, mis on kuue-teistkümnendsüsteemis 79 ja kümnendarvuna 121. Kasutades kuue-teistkümnendsüsteemi tabelit (vt ülaltpoolt) saab kahendkoodi lihtsalt teisen-dada kuue-teistkümnendkoodiks ja vastupidi:



Kahendkoodi teisendamine kuue-teistkümnendkoodiks.

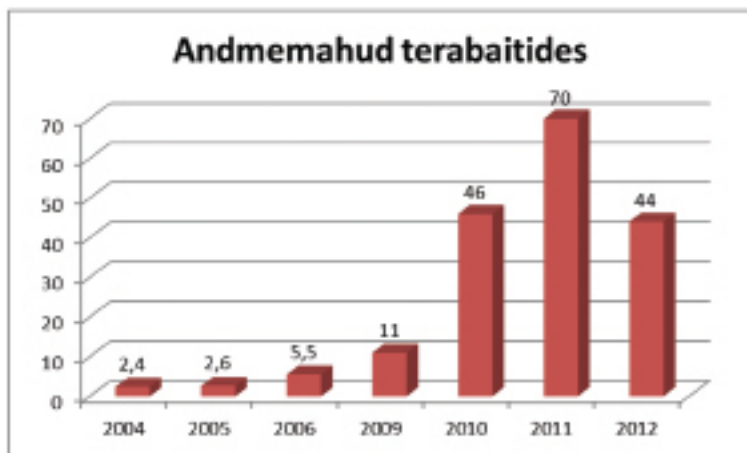
Kümnendsüsteemis oleme harjunud, et ühes kilos on 1000 ühikut, siis ka-hendsüsteemis on kilo suurus 1024 ühikut ($2^{10} = 1024$). Järgnevas tabelis on välja toodud andmemahtude suurused erinevates ühikutes:

1 bait	8 bitti
1 KB (kilobait)	1024 baiti
1 MB (megabait)	1024 KB
1 GB (gigabait)	1024 MB
1 TB (terabait)	1024 GB
1 PB (petabait)	1024 TB
1 EB (eksabait)	1024 PB
1 ZB (zettabait)	1024 EB
1 YB (jottabait)	1024 ZB

Andmemahtühikud.

Läbi aegade on andmekandjad muutunud aina väiksemaks, kuid andmema-hud see-eest suurenenud. Andmemahtude kasvamine tähendab IT-ekspertiisi jaoks pidevat töömahu suurenemist, sest läbi tuleb töötada aina suure-mat infohulka. Esimesed kõvakettad kodukasutuseks valmistati 1980. aastal. Nende maht oli 5 MB. 1991. aastal valmistati esimene 1 GB suurune kõva-ketas. 2007. aastal toodeti kõvaketas suurusega 1 TB ning 2011. aastal val-mistati esimene 4 TB suurune kõvaketas (History of hard disk drives. Wi-kipedia.org). Järgnevas tulpdigrammis (vt lk 391) on näha andmemahud, mille EKEI IT-osakond on läbi töötanud (London 2007).

Digitaalset informatsiooni sisaldavad andmekandjad jaotatakse sisemis-teks ja välisteks andmekandjateks. Väline andmekandja on lihtsalt infoteh-noloogilise seadmega ühendatav ja sobib hästi transportimiseks, näiteks mä-



lupulk, mälukaart, laserplaat, väline kõvaketas jpm. Välise andmekandja hulka võib lugeda ka magnet- ja kiipkaarti, mis sisaldavad samuti digitaalset informatsiooni. Sisemised andmekandjad on kinnitatud seadme sisse, näiteks arvutitel ja videosalvestusseadmetel kõvaketas ning mobiiltelefonidel ja mõnel fotoaparaadil ja väiksemal sülearvutil mälukiip. Uuritavad objektid võivad olla ka mõned keerulisemad elektroonikaseadmed, näiteks pangakaartide kopeerimisseade (skimmer).

METOODIKA/MEETODID

Sündmuskoht

Ekspertiiside ja uuringute tegemisel lähtutakse põhimõttest, et andmed andmekandjatel ei muutuks. Sellest põhimõttest tasub kinni pidada ka sündmuskohtal, et EKEI infotehnoloogiaosakonda jõuaks kohtukõlblik asitõend.

Infotehnoloogiaekspertide peamine uurimisobjekt on arvuti andmekandjad, millel olevaid andmeid võib arvuti käitlemise ohutuse vaatenurgast tinglikult jagada kaheks – mittetundlikeks ja tundlikeks andmeteks.

Mittetundlikud andmed on failid, mille säilitamist ei ohusta see, kui arvutit harilikul viisil kasutada (välja arvatud andmete tahtlik hävitamine). Sellised andmed on näiteks tavalised dokumendid, pildifailid ja andmefailid – andmed, millele arvutikasutaja vabalt ligi pääseb.

Tundlikud andmed on arvuti töötamisel pidevas kadumisoos ning tavakasutajal puudub nende üle kontroll. Sellised andmed on kustutatud failid, ajutised failid ja andmekandja vaba ala. Tundlikud andmed on alalises hävimis- ehk ülekirjutamisohus. Hävimist ja ülekirjutust võib põhjustada näiteks arvuti sisselülitamine (operatsioonisüsteemi alglaadimine), väljalülitamine või ka arvuti harilikud protsessid. Tänapäeva operatsioonisüsteemid töötavad alati nii, et kaasneb andmete kirjutamine ja vanade andmete üle kirjuta-

mine ehk kustutamine, ohustades tundlikke andmeid. Tavakasutajaid tundlikud andmed ei puuduta, kuid IT-eksperdi jaoks sisaldavad sellised andmed olulist informatsiooni kasutaja toimingute kohta. Viideteks võivad olla viimati avatud dokumendid, internetikülastused, äsja kustutatud failid, käivitatud programmid jmt.

IT-ekspert on huvitatud tundlike andmete fikseerimisest, mistõttu on oluline, kuidas andmekandjad ja arvuti sündmuskohalt ära võetakse. Nagu DNA-proovi ohustab saastumine, sõltub arvutis olevate andmete säilimine seadme äravõtmise viisist.

Soovitused sündmuskohal tegutsemiseks

- Ei ole soovitatav lülitada arvutit sisse, kui see on välja lülitatud.
- Kui arvuti on sisse lülitatud, siis tegutseda järgmiselt.
 - Hoolitseda selle eest, et avatud **arvuti ei läheks lukku**, kuni seda ei ole üle vaadatud. Selleks tuleks aeg-ajalt hiirt liigutada või kasutada spetsiaalset tarkvara, mis teeb seda ise, nt Mouse Jiggler.
 - **Dokumenteerida** kõik tegevused ning fotografeerida avatud programmid. Mida vähem kettal muudatusi teha, seda parem, näiteks arvutiga tehtud ekraanipildid või mõni muu arvutist välja võetud info salvestada pigem otse välisele andmekandjale kui konfiskeeritava arvuti kettale, sest uute andmete salvestamisega kirjutatakse üle kustutatud andmed, millel võib olla tõenduslik väärtus.
 - Võimalusel **kopeerida operatiivmälu** (nt tarkvaraga FTK Imager või mõne muu vabavaralise vahendiga), sest arvuti sulgemisel hävineb kogu operatiivmälu olev informatsioon.
 - **Kontrollida** (nt tarkvaraga CryptHunter), kas arvutis on avatud krüptokonteinereid. Kui arvutis esineb krüpteeritud kettaid, tuleb nendest teha loogilised ekspertiisikoopiad, näiteks tarkvaraga FTK Imager. Loogiline koopia tuleb teha selle pärast, et füüsilise koopia puhul tehakse üks-ühene koopia, mis tähendab seda, et kopeeritakse krüpteeritud andmed, mistõttu ei ole pärast selle koopiaga midagi peale hakata.
- Arvuti välja lülitamine – juhe vooluvõrgust välja tõmmata või sulgeda korraldusega “*shut down*”? Ei ole ühtset tõde, kumba lahendust eelistada, sest mõlemal variandil on omad head ja vead. Järgmise selgitava info põhjal tuleb arvuti konfiskeerijal ise otsustada, kas ühendada arvuti vooluvõrgust lahti või sulgeda see harilikul viisil. Vana levinud reegli järgi tõmmatakse juhe vooluvõrgust välja, et andmed säiliks andmekandjal sellisena, nagu need olid asitõendi ära võtmise hetkel. Erandina kindlasti ei tohi juheta välja tõmmata serverist. Samuti ei tohi juheta välja

tõmmata arvutist, kus on avatud andmebaasid, millel on tõenduslik väärtus, sest andmebaasid võivad muutuda pärast ebakorrektselt sulgemist kasutuskõlbmatuks. Juhtme väljatõmbamisel tuleb arvestada, et mõnel juhul ei pruugi operatsioonisüsteem pärast seda enam käivituda ja kahtlusalune võib pärast arvuti tagasi saamist esitada kaebuse. Mõnel juhul on tarvis ekspertiisi käigus käivitada ekspertiisikoopia virtuaalmasinas, kuid juhtme välja tõmbamise tõttu ei saa seda virtuaalmasinas kasutaja vaatenurgast vaadelda.

- Hoiduda staatilise elektri eest – digitaalsed seadmed töötavad väga madalal pingel ning staatiline elekter võib hävitada andmekandjal oleva info.

Kopeerimine

EKEI infotehnoloogiaosakonda saabunud asitõendite kopeerimiseks kasutatakse riistvaralist või tarkvaralist kirjutuskaitset, mis tagab andmete puutumuse. Tarkvaralist kirjutuskaitset kasutatakse vaid juhul, kui puudub andmekandjale vastav riistvaraline kirjutuskaitse seade või andmekandja ei ole arvutist eraldatav. Riistvaraline kirjutuskaitse on füüsiline seade, mis ühendatakse labori arvuti ja kopeeritava andmekandja vahele ja blokeerib kõik kirjutamisega seotud käsud (forensicwiki.org.)



Kõvakettaga ühendatud riistvaraline kirjutuskaitse.

Andmekoopia salvestatakse reeglina Encase'i ekspertiisikoochiafailina, erandina mõnes muus andmekoochia vormingus. Encase'i andmekoopia on üksühene koopia andmekandjast. Peale koopia sisaldab ekspertiisikoochiafail tsükelkoodikontrolli (CRC – vastava algoritmiga läbi arvutatud bitijada, mille tulemuseks on kaheksakohaline kuusteistkümmendarv) iga andmeploki kohta ning kopeeritud andmete MD5 ja SHA-1 räsiväärtust, mis genereeritakse kopeerimise käigus.

Räsiväärtus on sisuliselt digitaalne sõrmejälj, mille väärtus saadakse andmejada ühesuunalise algoritmiga. Tulemuseks on kindla pikkusega unikaalne bitijada, mida esitatakse kuueteistkümnendkoodis. Ühesuunaline algoritm tähendab seda, et tulemusest ei ole võimalik tagasi arvutada algandmeid. Nii nagu sõrmejälj, on ka räsiväärtus unikaalne, millest ka piltlik nimetus digitaalne sõrmejälj. MD5 räsi arvutamise algoritm (MD5. Wikipedia.org) annab tulemuseks 128-bitise andmejada (32-kohaline kuueteistkümnendkood) ning SHA-1 räsi algoritm (SHA-1. Wikipedia.org) annab tulemuseks 160-bitise andmejada (40-kohaline kuueteistkümnendkood). Kontrollsummad ja räsiväärtused võimaldavad kontrollida andmekoopia autentsust. Autentsust kontrollitakse alati pärast kopeerimist ja enne ekspertiisi alustamist, arvutades kopeeritud andmeplokkidele kontrollsummad ja räsiväärtused. Juhul, kui kontrollväärtused ei lange kopeerimise käigus saadud väärtustega kokku, kopeeritakse andmekandja uuesti. Ekspertiisid ja uuringud tehakse koopia alusel. Järgmisel joonisel on välja toodud Encase'i andmekoopia ülesehitus (Bunting 2007).



Encase'i andmekoopia ülesehitus.

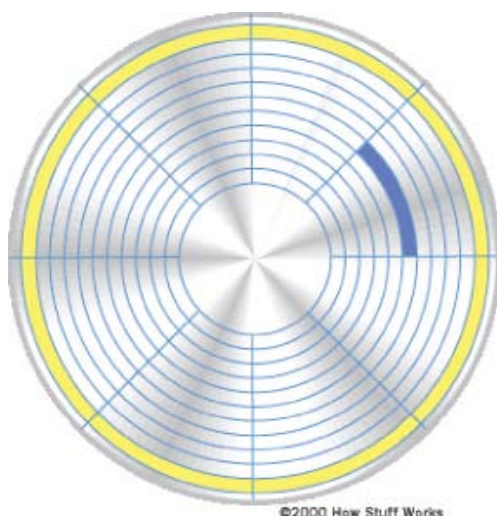
Encase'i failivorming võimaldab kopeerimisel andmeid kokku pakkida, mis kulutab küll rohkem arvuti jõudlust, kuid hoiab kokku andmemahtu. Paljud ekspertiisitarkvarad oskavad Encase'i ekspertiisikoochiafaili lugeda, näiteks Accessdata Forensic Toolkit, X-Ways Forensics, Belkasoft Evidence Center, Magnet Forensics Internet Evidence Finder jpm.

Andmekandjate kopeerimiseks kasutatakse EKEI IT-osakonnas akrediteeritud meetodit.

Failide taastamine

Failide taastamisel on oluline teada, kuidas andmed füüsiliselt andmekandjal paiknevad ja kuidas operatsioonisüsteemid neid haldavad. Digitaalsed andmed talletatakse andmekandjale plokkide kaupa, millel on kindlaks määratud suurus. Ploki suurus sõltub andmekandja andmete mahutavusest ja failisüs-

teemist, kuid see ei ole kunagi väiksem sektori suurusest, milleks on kõvakettal reeglina 512 baiti. Sektor on minimaalne andmehulk, mida on võimalik andmekandjale füüsiliselt talletada ja lugeda. Andmeplokk ise on minimaalne suurus, mida failisüsteemi tasemel (loogiliselt) on võimalik kasutada. Järgneval joonisel on kujutatud kõvaketta plaati, kus kollasega on tähistatud rada ja sinisega sektor (computer.howstuffworks.com).



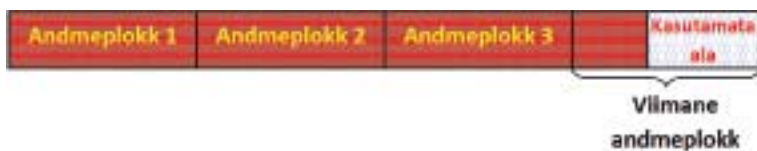
Sektor kõvaketta plaadil (sinine).

©2000 How Stuff Works

Juhul kui ploki suurus on 2 KB, moodustavad ühe ploki neli järjestikust sektorit.

Failide ja andmeplokkide vahelist seost haldab failisüsteem, mis on võrreldav videoteegi kassettidega – nii andmeplokkidel kui ka kassettidel on kindel aadress või järjekorranumber, mille järgi selle üles leiab.

Tänu sellele, et infot salvestatakse failidesse kindla suurusega plokkide kaupa, on tõenäoline, et viimast plokki ei kirjutata täiesti täis, vaid osa ploki lõpust jääb kasutamata (*slack space*). Selles osas säilivad varem sellele kohale salvestatud andmed. Sealt on võimalik taastada infot, peamiselt tekstikatkeid. Järgmisel joonisel on illustreeritud faili salvestamine plokkidena ja viimase ploki kasutamata ala.



Viimase ploki kasutamata ala.

Faili kustutamine ei toimu füüsiliselt, vaid konkreetse faili andmeplokid märgitakse failisüsteemis vabadeks plokkideks ning nendesse võib talletada uut informatsiooni. Nii kaua, kuni neid andmeplokke pole uuesti kasutusele võetud, on võimalik veel nendelt andmeid taastada.

Kustutatud faile taastatakse kahes etapis – failisüsteemist kustutatud failide kirjade põhjal (kiire lahendus) ja kindlate failitunnuste põhjal vabadest andmeplokkidest (*unallocated clusters*) vastavuste otsimine (aeganõudev lahendus). Teist etappi tehakse juhul, kui esimeses etapis otsitavaid faile ei leitud ja kui huvipakkuval failitüübil on olemas kindlad alguse ja lõpu tunnused. Näiteks .vmg faililaiendiga Nokia sõnumifail näeb välja järgmine:

```
BEGIN:VMSG
VERSION:1.1
X-IRMC-STATUS:READ
X-IRMC-BOX:INBOX
BEGIN:VCARD
VERSION:2.1
N:
TEL:123
END:VCARD
BEGIN:VENV
BEGIN:VBODY
Date:12.10.2010 09:05:46
Hea klient! Uus EMT Internet on nüüd veelgi soodsam ja piiramatu mahuga! ...
END:VBODY
END:VENV
END:VMSG
```

Sellist tüüpi faili on väga hea ja lihtne tunnuse järgi otsida, sest see algab alati läbivate suurte tähtedega “BEGIN:VMSG” ja lõpeb “END:VMSG”. Järgmises tabelis on välja toodud JPEG vormingus pildifaili algus nii kuueteistkümnendkoodis kui ka ASCII kodeeringus:

Kuueteistkümnendkood	ASCII kodeering
FFD8 FFD0 0010 4A46 4946 0001 0101 012C	[U a] .JFIF.....
012C 0000 FFE1 EFFE 4578 6966 0000 4D4D`!l!Ewif..MH
002A 0000 0008 000C 010E 0002 0000 0008	.."......
0000 08AA 010F 0002 0000 0004 0000 08B6	...\$......\$
0110 0002 0000 000C 0000 08BC 0112 0003~....
0000 0001 0001 0000 011A 0005 0000 0001
0000 08C8 011B 0005 0000 0001 0000 08D0	...c.....S
0128 0003 0000 0001 0002 0000 0131 0002	..(.....l..
0000 002E 0000 08DE 0132 0002 0000 0014v.2....
0000 0906 0213 0003 0000 0001 0002 0000
8769 0004 0000 0001 0000 091A EA1C 0007	#l.....2..
0000 080C 0000 009E 0000 0000 1CEA 0000#..
0008 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

JPEG vormingus faili alguse tunnuseks on kuue teistkümnendkoodis FF D8 FF, millele järgneb kas FE, E0, DB, C4, E1 või EE. Faili alguse tunnus on joo-nisel märgistatud punase kastikesega. JPEG vormingus fail lõpeb alati kuue teistkümnendkoodis FF D9:

```

207A FAD2 1AD4 4CA9 6C9F 9571 D8D6 824E   z&N.ÖLÖl *q00,N
4B21 2180 CE73 CD2D 8647 13E0 F983 0589   E!!E!s&+G.ai .k
C8ED 9FC6 A319 272C A783 9EB9 A7D4 9623   Çk E!.'s .'SÖ-#
2BA9 C93E FC52 3380 0139 0B9E 47AD 30B0   +eE>uR3E.9. G-D°
D62C A06C 519C E41C F34B 2EC9 94A9 C020   Ö, lQ a.öK.E"ÖA
8071 D7DE 86AC 046E 4863 98DE 8060 000F   Eq=*t+~.nHc*ZE'..
14D7 9C85 DA51 4027 A69F 4A7D 6E26 ED88   .x _$Q8'(?J)nak@
E61B 7900 00DC 9E73 834C 3F36 1493 C74F   q.y..Ü. = L76."EO
4A06 7E FF D9                               J.[] E

```

Tõendite varjamine

Kui tavalise arvutikasutamise juures jäävad maha jäljed, siis teadlikum arvutikasutaja võib teha kuriteo olles selleks põhjalikult ette valmistunud ja nii, et jälgi maha ei jää.

Kui arvuti käivitada üleslaadimisplaadilt, siis ei talletu arvuti kasutamisest kuhugi ühtegi jälge ega logi, sest operatsioonisüsteem töötab mälus. Üleslaadimisplaadid on põhiliselt Linuxi-põhised, näiteks Linux Knoppix, BackTrack, Ubuntu jpm.

Kõige efektiivsem andmete varjamise meetod on **andmete krüpteerimine** ehk andmete teisendamine kõrvalistele isikutele loetamatule kujule, mida on võimalik lugeda ainult vastava krüpteerimisvõtmega. Krüpteerimisvõtmeks võib olla parool või andmejada, mis on salvestatud faili. Tänapäeva krüpteerimistehnoloogiad on läinud nii turvaliseks, et nende lahti murdmine on praktiliselt võimatu. Näiteks 128-bitise krüpteerimisvõtme puhul kuluks kiireima superarvutiga kõikide kombinatsioonide läbi proovimiseks üle 10^{18} aasta, 256-bitise võtme puhul üle 3×10^{56} aasta (www.eetimes.com). Populaarseim krüpteerimistarkvara on vabavara TrueCrypt. Tarkvara võimaldab krüpteerida kogu ketta või luua kindla suurusega faile, mida kasutatakse krüpteeritud virtuaalse kettana. TrueCrypt kasutab 256-bitise pikkusega krüpteerimisvõtit.

Sõnumite krüpteerimise alternatiivina kasutatakse steganograafiat (Steganography. Vallaste.ee), mis seisneb tekstisõnumi peitmises pildi-, audio- või videofaili sisse, kasutades ära failistruktuuris leiduvaid ja kasutamata bite või selliseid bite, mille muutmist on raske avastada.

Jälgede peitmiseks on olemas turvatarkvarasid, mis puhastavad arvutit ajutistest failidest ja logidest ning mõned pakuvad võimalust ka ketta vaba ala puhastada ehk kirjutada üle kõik kustutatud andmed. Pärast vaba ala puhastamist ei ole võimalik enam andmeid taastada.

Peale andmete varjamise on võimalik digitaalseid andmeid edukalt võltsida, näiteks kellaega. Igas failisüsteemis registreeritakse, millal faili viimati muudeti (näiteks Linuxi EXT failisüsteem või Macintoshi HFS failisüsteem), Windowsis kasutatavas failisüsteemis registreeritakse lisaks muudetud ajale ka faili loomise ja viimati avamise aega. Alates Windowsi versioonist Vista enam viimati avatud aega ei registreerita. Registreerimisaegade täpsus sõltub arvutikella täpsusest. Kui arvutikell on vale, ei ole ka failide kuupäevad usaldusväärsed. Üks lihtsamaid viise kellaega ja kuupäeva võltsida ongi arvutikella muutmine sobivaks kuupäevaks ja kellaajaks. Teine võimalus kuupäevi muuta on otse failisüsteemist. Kes teab seda võimalust, leiab internetist tarkvara, mis väga lihtsalt võimaldab failide aegu ära muuta. Lihtne on võltsida ka e-kirju ja muuta fotode EXIF metaandmetes kaamera mudelit, et varjata seost pildi ja kaamera vahel.

MILLISTELE KÜSIMUSTELE SAAB EKSPERT VASTATA?

Enne ekspertiisi määramist tasub läbi mõelda kõik märksõnad, mis võiksid olla abiks tõendite leidmisel. Ekspert saab teha märksõnaotsingu, mille käigus otsitakse läbi kogu kõvaketas. Märksõnaotsingu tulemuste läbivaatamisel võib ekspert leida olulisi viiteid kuritöö koosseisu kohta. Märksõnadeks võivad olla olulisemad sõnad või laused dokumentides, nimed, kasutajanimed, meiliaadressid, telefoninumbrid, isikule omased slängisõnad ja hüüdnimed ning muud kuriteole viitavad märksõnad. Märksõna ei tohiks olla alla nelja tähe pikk. Märksõnadeks ei sobi lühendid ja sellised sõnad, mis võivad olla teise sõna osad, tasub mõelda ka inglise keelsete sõnade peale. Näiteks märksõna “kaal” võib anda tulemuseks kõike muud kui kaal: kaalikas, kaalium, vertikaalne, unikaalne, pokaal. Mõnikord võivad vasteteks tulla ka samasuguse kirjapildiga inglise- või mõned muud võõrkeelsed sõnad. Halb märksõna on ka kanep, sest väga suure tõenäosusega tuleb suurem osa tabamusi Kaia Kanepi kohta.

IT-ekspert saab andmekandjatelt tuvastada näiteks järgmist.

- **Logide väljavõtted**, näiteks veebilehtede külastused, otsingu märksõnad, P2P logid, vestluste logid, viimati avatud failid.
- **Kirjavahetuse** välja võtmisel tuleks kasuks, kui on teada, milliste nimede või meiliaadressidega osapooled huvi pakuvad ja millises ajavahemikus, sest kogu kirjavahetuse välja võtmine võib vahel olla liiga mahukas protseduur, kui kirjast sisaldab mitme aastate kirjavahetust. Kirjavahetust on võimalik välja võtta siis, kui on kasutatud meilitarkvara, mis salvestab kirjad serverist kohalikule andmekandjale. Kui veebilehitseja säilitab veebiajalugu, on võimalik märksõnaotsinguga tuvastada ka veebipostkastis avatud kirju ja säilinud lõik välja kopeerida.

- **Võrdlusmaterjali otsing.** Võrdlusmaterjal võib olla dokument või pilt, mille põhjal ekspert otsib arvutist samasuguseid või sarnaseid faile.
- **Failide loomise ja muutmise ajad.** IT-ekspert saab vastata kõikvõimalikele küsimustele, mis on seotud failide aegadega, kuid registreeritud kellaaegade korrektsus sõltub arvutikellast õigsusest loomise või muutmise hetkel. Failide loomise ja muutmise aegade vaatlusel võib mõnikord märgata, et muutmise aeg on varasem kui loomise aeg. Sellist asja juhtub siis, kui faili kopeeritakse ühest kohast teise – faili muutmise aeg jääb samaks, kuid loomise aeg muutub. Kui faili tõstetakse ühest kohast teise, siis loomise ja muutmise ajad ei muutu.
- **Metaandmetega seotud küsimused.** Metaandmeid võivad sisaldada näiteks dokumendifailid ja pildifailid. Mõned dokumendifailid (nt MS Office Wordi fail) võivad sisaldada informatsiooni dokumendi loomise, viimati muutmise, printimise ja autori kohta. Fotokaameraga pildistatud pildifailid sisaldavad järgmist informatsiooni:
 - pildi tegemise aeg,
 - kaamera mudel,
 - mõni kaamera lisab ka seerianumbrit ja autorit (nt Canon kaamerad),
 - pildi parameetrid.
- **Paroolid.** IT-ekspert saab välja võtta paroolid, mis on arvutisse salvestatud automaatseks sisselogimiseks näiteks veebilehitsejast, meilitarkvarast ja kiirsuhtlusprogrammist.

Ekspertiisitulemused salvestatakse optilisele andmekandjale (CD, DVD või Blu-ray plaat).

IT-ekspert ei saa vastata autoriõiguste rikkumisega seotud küsimustele (piraatfilmid, -muusika, -tarkvara jms). Autoriõigustega seotud küsimustega tegeleb Autoriõiguste Kaitse Organisatsioon.

Kindlasti ei tasu küsida, millist informatsiooni arvutis on. See küsimus on liiga üldine ja arvuti andmekandjalt võib kõikisugu informatsiooni leida. Ekspertiisimääruse koostamisel võib küsimuste asjus julgelt ekspertidega konsulteerida.

Kuidas kujuneb eksperdiarvamus?

Infotehnoloogiaeksperti arvamus on enamasti tõenäoline, sest digitaalseid andmeid on lihtne muuta ja nende seisukord sõltub paljudest asjaoludest. Logifailidesse või failisüsteemi kirjutatud ajad sõltuvad arvutikella täpsusest lovimise ajal. Paljud andmed on kergesti võltsitavad, mistõttu ei ole võimalik anda kategoorilist arvamust. Töös, kus eksperdi ülesanne on leida alaealiste seksuaalse väärkohtlemisega seotud materjali, on arvamus tõenäoline.

Kasutatud kirjandus

- The History of Computer Forensics. www.ehow.com/about_5813564_history-computer-forensics.html. Viimati vaadatud 6.09.2013.
- Terry London. Laboratory of forensic information technology examinations. 2005.
- Infotehnoloogiakuritegude baaskoolituse avakõne KEKKi vaatenurgast. 2005.
- Justiitsministeerium. Pressiteade nr 48. Tallinn 21.03.2012.
- Write Blockers. www.forensicwiki.org/wiki/Write_Blockers. Viimati vaadatud 10.09.2013.
- Steve Bunting. Encase Certified Examiner Study Guide Second Edition, lk 180. Wiley 2007.
- Numeral Systems. www.rapidtables.com/math/number/Numeral_system.htm. Viimati vaadatud 9.09.2013.
- ASCII Code – The Extended ASCII table. www.ascii-code.com. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Ameerika Informatsioonivahetuse Standardkood. et.wikipedia.org/wiki/ASCII. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Bait. et.wikipedia.org/wiki/Bait. Viimati vaadatud 11.09.2013.
- History of hard disk drives. en.wikipedia.org/wiki/History_of_hard_disk_drives. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Terry London. Infotehnoloogiaekspertiisid (esitlus). Tallinn 2007.
- MD5. et.wikipedia.org/wiki/MD5. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- SHA-1. et.wikipedia.org/wiki/SHA-1. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Binay. www.vallaste.ee/index.htm?Type=UserId&otsing=1658. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- How Hard Disks Work. computer.howstuffworks.com/hard-disk7.htm. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Steganography. www.vallaste.ee/index.htm?Type=UserId&otsing=4789. Viimati vaadatud 12.09.2013.
- Mohit Arora. How secure is AES against brute force attacks? EETimes. 07.05.2012. www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1279619.

TULEKAHJUEKSPERTIIS

Lembit Rodes

Tulekahjuekspertiisi eesmärk on

- tulekahju tehnilise tekkepõhjuse kindlakstegemine;
- tulekahju arengut puudutavate andmete kogumine (tulekahjukolde asukoht, tulekahjukollete arv, tule leviku teed, põlemisprotsessi tekke ja arengu ajalised näitajad, tulekahju levikut soodustavad asjaolud).

Üldjuhul toimub tulekahjuekspertiis järgmise skeemi järgi. Esmalt tuvastatakse temperatuurikahjustuste intensiivsuse ja jaotuse hinnangu põhjal tulekahjukolde asukoht (süttimiskoht). Seejuures eeldatakse, et sarnaste tingimuste (sarnaste omadustega põlevmaterjal, ühesugune põlemiskoormus, ühesugune õhuvahetus jm) juures on tulekahjukoldes pikemaajaline põlemine, millega kaasnevad ka suuremad kahjustused. Teades tulekahjukolde asukohta (süttimiskohta) tuvastatakse tavaliselt välistamismeetodil tulekahju tekkimise tehniline põhjus – süüteallikas.

TERMINID

Hõõgumine – tahke aine leegita põlemine, millega kaasneb valguskiirgus.

Korstnaefekt – kuuma gaasi ja suitsu konvektiivne ülestõmme püstseinte vahel.

Põlemine – aine ja oksüdandi vaheline eksotermiline (soojust eraldav) reaktsioon, millega tavaliselt kaasneb leegitsemine ja/või hõõgumine ja/või suitsu eraldumine.

Põlemiskoormus – summaarne soojushulk, mis vabaneb kõikide põlevate materjalide, kaasa arvatud seinte, põrandate ja lagede pinnakatted, põlemisel ruumis.

Suits – tahkete ja/või vedelate osakeste nähtav suspensioon põlemise või pürolüüsi tagajärjel moodustunud gaasis.

Süttimine – põlemisprotsessi algus.

Süttimiskoht, tulekahjukolle – koht, kus tulekahju algab.

Süttimistemperatuur – aine madalaim temperatuur, mille puhul võib standardsetes katsetingimustes tekkida pidev põlemine.

Süüteallikas – soojusallikas, mida kasutatakse põleva aine või toote süütamiseks. Algsäde, leek või kuum ese, mis põhjustab süttimise.

Tulekahju – väljaspool spetsiaalset kollet toimuv kontrollimatu põlemisprotsess, mida iseloomustab kuumuse ja suitsu eraldumine ning millega kaasneb varaline või muu kahju.

Tule levik – tulekahju laienemine nii tekkeruumis kui ka ruumist ruumi või ehitiselt ehitisele.

Leek – tule nähtav (valgust kiirgav) gaasiline osa.

Tulekahju põhjus – ajaline ja ruumiline põleva materjali (aine), õhu või hapniku ning vastava võimsusega süüteallika kontakt, mis põhjustab tulekahju tekkimise.

Sekundaarne (teisene) kolle – põlemiskolle, mis on tekkinud tulekahju käigus põlemise iseärasuse tõttu (suur kogus intensiivselt põlevat materjali, hea gaasivahetus jm).

Pürolüüs – aine muundumine kõrgel temperatuuril ilma hapniku juurdepääsuta.

SÜÜTEALLIKAD

Eristatakse järgmisi kõige levinumaid süüteallikaid, mille loetelu ei ole siin ammendav:

- lahtise tule allikas;
- elektrivoolu soojuslik toime rikkerežiimis;
- elektrilühis;
- liigkoormus;
- suur kontaktakistus (halb kontakt);
- liigpinge;
- elektritarviti soojuslik toime normaalses töörežiimis (nt elektripliidi, soojapuhuri, triikraua või muu elektriseadme läheduses asuva põlevmaterjali süttimine);
- kütteseadme (ahjud, pliidid) soojuslik toime (nt praod kütteseadmetes, ülekuütmine, põlevmaterjalist ehitiseosade ebapiisav kaugus suitsulõõri välispinnast jms);
- mehaanilisel protsessil eralduv soojus (hõõrdumine, sädemed), (nt sõidukite laagrid, mootorite veorihmad jms);
- atmosfääri elektrilahendus (pikne, keravälg);
- ainete või materjalide isesüttimine (puiduimmutusõlid, ladustatud hein, turvas).

EKSPERTIISI TEGEMISEKS VAJALIK LÄHTEMATERJAL

Eriti oluline materjal on

- ekspertiisiobjekt (võimalikult muutmata seisukorras) ja
- sündmuskoha vaatlusprotokoll koos lisadega (skeemid, fotod, videod).

Kogu põlemispiirkonnas ei ole identseid põlemistingimusi (sarnaste omadustega põlevmaterjal, ühesugune põlemiskoormus ja õhuvahetus), seega on küsimusele vastamiseks reeglina vajalikud ka järgmised materjalid (loetelu ei ole täielik):

- objekti (kinnistu, ehitise) projekt, plaan;
- enne tulekahju tehtud fotod, videod jms;
- skeem esemete ja materjalide tulekahjueelse paiknemise kohta;
- oletatava tulekahjukolde piirkonnas paiknenud materjalide kirjeldus (sh kemikaalide ohutuskardid);
- sulanud elektrijuhtmestiku lõigud (sulamise põhjuse teeb kindlaks ekspert);
- erinevad põlemiskahjustustega seadmed;
- tehniliste seadmete dokumentatsioon;
- tehnoloogilise protsessi kirjeldus;
- ülekuulamisprotokollid, kust on võimalik saada andmeid sündmuse asjaolude ja ehitise ja tehniliste seadmete tulekahjueelse seisundi kohta;
- päästeteenistuse koostatud väljasõiduprotokoll;
- sõidukite puhul registreerimistunnistus, elektriskeemid;
- hüdrometeoroloogiategenistuse õiend tuule suuna ja kiiruse, temperatuuri, sademete ja äikese kohta (lahtiste tulekahjude korral).

EKSPERTIISIÜLESANDED

Alljärgnev näidisküsimustik ei ole täielik, ekspertiisiülesanne sõltub konkreetsest sündmusest.

- **Kus paikneb tulekahjukolle (süttimiskoht)?**
Tulekahjukolle ja süttimiskoht on identsed mõisted, mille all mõeldakse kohta, kust tulekahju algab.
- **Kas tulekahjul on mitu sõltumatut tulekahjukollet (süttimiskohta), milline on nende paiknemine?**
Mitme sõltumatu tulekahjukolde esinemine on tavaliselt üheks süütamise tunnuseks. Lähtematerjaliks on peale üldiste tulekahjukolde tunnuste fikseerimise asjaolude kirjeldus, mis

võimaldaks eksperdil hinnata kollete sõltumatust (nt kahjustatud põlevmaterjali puudumine kollete vahel, kolletevaheline kaugus, tuule suund).

- **Kas tuli on levinud ruumist A ruumi B?**

Küsimus, kuidas tuli levis, on liiga üldine, küsimus peaks olema konkreetne ja tulenema menetlusvajadusest.

Kui süttimiskoht on kindlaks tehtud, ei ole üldjuhul küsimuse esitamine vajalik. Küsimus esitatakse juhul, kui on vajalik tuvastada tule leviku suunda. Seejuures saab tegemist olla konkreetsete ruumidega, mille asukoht tuleb ka sündmuskoha skeemil näidata.

Küsimusele vastamiseks vajalik ekspertiisimaterjal on järgmine:

- ruumi A ja ruumi B temperatuurikahjustuste ulatuse kirjeldus;
- ruumidevaheliste piirete iseloomustus ja seisukord, sh tunnused, mis viitavad ruumidevaheliste uste asendile tulekahju ajal (lahtised ukseid ja aknad soodustavad gaasivahetust);
- piirdeid läbivate kommunikatsioonide kirjeldus (nt ventilatsiooniavad).
- **Kas tulekahju tekkimine on seotud esitatud seadme (nt gaasisoojendusseade, mehaaniline porolooni purustamise seade, soojapuhur, süüteseadeldis jms) kasutamisega?**

Sõltuvalt võimalustest ja vajadustest uuritakse seadmeid nii sündmuskohal kui ka laboritingimustes.

- **Kas tulekahju võis tekkida elektriseadmestiku rikke tagajärjel? Kas tulekahju tekkimine on seotud elektriseadme (nt soojapuhur, elektripliit jms) kasutamisega?**

Enne küsimuse esitamist selgitab menetleja välja, kas objekti elektripaigaldis oli pingestatud. Tulekahju tekkimiseks elektriseadmestiku rikke tagajärjel saab lugeda põlevmaterjali süttimist lühise, liigkoormuse, liigpinge või suure kontakttakistuse (halva kontakti) tõttu. Elektritulekahjude puhul on enim levinud rikkerežiimiks suur kontakttakistus, elektrilühis on üldiselt tulekahju tagajärg.

Küsimusele vastamiseks on vaja järgmisi ekspertiisimaterjale:

- objekti elektriprojekt (skeem), kus on näidatud juhtmestiku trassid, juhtmete mark ja ristlõige, kaitsmete rakendusvoolud, seadmete, elektritarvitite võimsus jms;
- elektripaigaldise ja -seadmete tulekahjujärgse seisukorra kirjeldus (sulamised, kaitsmete rakendumine, lülitite asendid, elektritarvitite seisukord jms);
- vasest elektrijuhtmestiku lõigud, millel on sulamistunnused, seejuures tuleb fikseerida, kust need on võetud (millisest ahelast), alumiiniumjuhtmestiku lõike ei ole mõtet esitada alumiiniumi madala sulamistemperatuuri (660°) tõttu;

- tulekahjusse puutuva seadme dokumentatsioon, andmed seadmete käidu (kasutamine, kontrollimine, hooldus) kohta;
- tulekahjuga seotud lülited, kaitseaparaadid, kaitsmed laboris uurimiseks.

- **Kas tulekahju võis tekkida kütteseadmest (kamina, saunakerise, ahju) või seadme korstnast lähtuvast soojusest?**

Tulekahju võib tekkida näiteks metallkorstna ebapiisava soojusisolatsiooni tõttu, mis toob endaga kaasa hoone süttivate tarindite (nt vahelae, välisseina jms) süttimise.

Küsimusele vastamiseks on vaja järgmisi ekspertiisimaterjale:

- korstna soojusisolatsiooni ehituse kirjeldus;
- vahemaa korstnast lähimate põlevmaterjalist ehitustarinditeni (esemeteni);
- kütteseadme kolderuumis sisalduva kirjeldus (tukid, tuhk, põlemata materjal);
- siibrite, tuha- ja kolderuumi uste asend;
- andmed kütteseadme tulekahjueelse kasutuse kohta (küttematerjal, ajafaktorid).

- **Kas tulekahju võis tekkida tahma süttimisest korstnas?**

Tulekahju võib põhjustada suitsulõõris tahma põlemisel tekkiv kõrge temperatuur, mis omakorda põhjustab korstnaga kontaktis või läheduses oleva põlevmaterjali süttimise. Vastamine küsimusele eeldab muuhulgas korstna suitsulõõri sisepinna vaatlust, et tuvastada, kas sinna ladestunud tahm on täielikult ära põlenud või mitte.

- **Kas tulekahju võis tekkida korstna (ahju vm kütteseadme) pragudest väljalennanud sädemete või kuumade põlemisgaaside termilisest toimest?**

Küsimusele vastamiseks peab olema vaatlusel tuvastatud läbivate pragude esinemine ja kütteseadme kasutamine. Kirjeldama peab läheduses asuvaid materjale, millele säde võis sattuda.

- **Kas tulekahju võis tekkida pikselöögi tagajärjel?**

Pikselöögist võib tulekahju tekkida kahel viisil, kas otsetabamusest või kõrge potentsiaali kandumisest ehitisse mööda maapealseid või maa-aluseid kommunikatsioone (elektriliine, torustikke).

Küsimusele vastamiseks on vaja järgmist lähtematerjali:

- hüdrometeoroloogiateenistuse õiend pikse esinemise kohta tulekahju piirkonnas;
- piksekaitsme olemasolu ja selle seisukorra kirjeldus;
- elektrijuhtmete ja metalltarindite sulamiste kirjeldus;
- ehitustarindite purustuse olemasolu ja nende kirjeldus.
- **Kas tulekahju võis tekkida ... (näidata konkreetne aine, materjal) isesüttimise tagajärjel?**

Küsimusele vastamiseks on vaja teada järgmist:

- millised isesüttimisele kalduvad ained olid põlemispiirkonnas ja millised olid seal keskkonnatingimused (temperatuur, niiskus);
- kuidas aineid hoiti (suletud anumates, lahtiselt jne);
- millal ja milleks viimati isesüttimisele kalduvaid aineid kasutati.
- **Kas tulekahju võis tekkida keevitusel (metalli lõikamisel, löögil jm) tekkinud sädemete (sulametalli pritsmete) sattumisest ... (põlevmaterjali liik)?**

Säde on väikese energiataoavaraga süüteallikas, mistõttu ülesande lahendamiseks on vaja teada, millised põlevmaterjalid ja millises seisukorras (nt niiskus, temperatuur) need võimalikus tulekahjukoldes olid.

- **Kas tulekahju võis tekkida (nt masinaelementide, veorihmade jms) mehaanilisel hõõrdumisel eraldunud soojusest?**

Ülesande lahendamiseks peab teadma, milliste omadustega olid hõõrdunud pinnad, milline oli kontaktsurve, millised olid määrimistingimused jm.

- **Kas tulekahju võis tekkida lahtise tule allikast?**

Lahtise tule allika all mõistetakse näiteks tiku- või küünlaleeki, lõket, tulemasina leeki, gaasipõletit või leeklampi, aga ka hõõguvat tubakatoode. Küsimusele vastamiseks peaks menetleja välja selgitama, millise lahtise tule allikaga võib reaalselt tegemist olla ja millise põlevmaterjaliga (põlemisomadustega) see võis olla kontaktis.

- **Mis oli tulekahju tehniline tekkepõhjus?**

Küsimus esitatakse juhul, kui menetlejal puudub uurimisversioon tulekahju tekkepõhjuse kohta. Lähteandmeteks peaksid olema praktiliselt kõik eespool loetletud tekkepõhjuste puhul vajaminevad andmed.

- **Kas tulekahju võis tekkida kella 13.30 paiku?**

Küsimus "Mis ajal tulekahju tekkis?" on liiga üldine, õigem oleks siduda küsimus menetluse käigus selgunud asjaoludega (nt inimese viibimine sündmuskohal, seadme töötamine mingil kellaajal jne).

Küsimusele vastamine eeldab, et eelnevalt oleks menetlustoimingutega tutvustatud ja eksperdile lähteandmetena antud järgmine teave:

- tulekahju avastamise või esimese päästemeeskonna kohalesaandumise aeg ning tulekahju ulatus sellel momendil (mis, kus ja kui suurel pinnal põles, kus oli suits jm);
- millises järjekorras tehti kustutustöid, kuhu suunati joad;
- kas kustutustöödel esines probleeme (nt kustutusvee lõppemine, ligipääs põlemispiirkonnale);
- millised materjalid asusid põlemispiirkonnas;

- millised olid ruumidevahelised piirded ja kas ukсед ning aknad olid põlemispiirkonnas suletud või avatud;
- milline oli põlemispiirkonnas ventilatsioon;
- kas sündmuskohale tehti korduvaid väljakutseid, mis võib viidata sündmuskoha olustiku muutumisele.

Kui tulekahjukolde asukohta ei õnnestu välja selgitada, ei ole tulekahju tekkeaja kindlakstegemine praktiliselt võimalik või on see äärmiselt ligikaudne. Mitme hõõgumisvõimelise materjali (nt saepuru, tekstiil, puitkiud) esinemine süttimiskohas raskendab oluliselt tulekahju tekkeaja kindlakstegemist, sest hõõgumise kiirus on raskesti hinnatav. Olulisemaid tulekahju tekkeaja kindlaksmääramise lähteandmeid on puitmaterjali söestumissügavus (puidu söestumiskiirus ligikaudu 0,6–1 mm/minutis).

- **Millised asjaolud soodustasid tule levikut?**
Tule levikut soodustavateks asjaoludeks võib lugeda suurt põlemiskoormust (suur hulk põlevmaterjali), head gaasivahetust, väikese tulepüsivusega piirdeid, põlevvedelike või muude kergsüttivate ja intensiivselt põlevate ainete esinemist tulekahjukoldes ja tule leviku teedel, lahtiste avade olemasolu piirdetarindites (nt lahtised ukсед) jms. Küsimuse esitamiseks tuleb menetlustoimingutega kindlaks teha, kas üldse esineb tunnuseid, mis tulekahju soodsale levikule viitavad.
- **Kas aknaklaas on purunenud temperatuuri toimel või löögi tagajärjel?**
Klaasi purunemine löögi tagajärjel viitab võimalikule sissemurdmisele.

SÜÜTAMISMEETODID JA SÜÜTAMISE TUNNUSED

Tulekahjude spetsialistid eristavad järgmisi süütamise meetodeid:

- ilma spetsiaalse ettevalmistuseta süütamised, kus kasutatakse kättesaadavaid põlevmaterjale;
- süütamised, mille puhul kasutatakse kaasatoodud või sündmuskohalt leitud materjale või aineid;
- süütamised, mille puhul kasutatakse spetsiaalseid tehnilisi seadmeid (sh varem ettevalmistatud), mis võivad süttimise põhjustada märkimisväärselt hiljem pärast nende nn käivitamist;
- süütamised, mille puhul imiteeritakse süttimist ettevaatamatusest (nt hõõguv sigaretiots, triikraua unustamine vooluvõrku jms);
- süütamised, mis sisaldavad eeltoodud tunnuste kombinatsiooni (Осмотр места пожара 2004: 195).

Otsesed süütamise tunnused:

- mitme sõltumatu tulekahjukolde olemasolu (vt foto 1);



Foto 1. Sõltumatud tulekahjukolde sõiduki esi- ja tagaosas.

- süütevahendite (tikud, tulemasinad, küünlad, tõrvikud, süütepudelid (vt foto 2) leidmine sündmuskohal;



Foto 2. Süütepudel (nn Molotovi kokteil).

• põlemise initsiaatorite (nt põlevvedelikud) leidmine.
Eelmainitud tunnused tehakse kindlaks sündmuskoha vaatluse käigus. Süütamisvahenditest jäävad tulekahju käigus tavaliselt alles ainult mõned fragmendid, näiteks:

- süütenööri jupid;
- põlevvedelikuga immutatud kaltsud;
- taimerite detailid;
- elektriseadmete detailid;
- süütepudelite killud.

Peale otseste süütamise tunnuste võivad leiduda ka kaudsed süütamise tunnused, mis aitavad kokku panna tulekahju tekkimise üldpilti. Kaudsed tunnused on järgmised:

- sündmuskohalt kiiresti lahkuvad isikud ja sõidukid (kirjeldada inimeste välimust, püüda välja selgitada sõiduki registrinumber, välised tunnused jms);
- selgelt eristatavad põlemistsoonid;
- päästjate hoonesse sissepääsu takistavate tingimuste loomine (nt uste ja akende blokeerimine);
- hooajale mittevastav uste või akende asend (nt lahtised aknad talvel);
- kustutustööde takistamine (nt rikutud hüdrandid, sprinklerid);
- sissemurdmisjäljed;
- aknaavade katmine (nt tekkidega), et tulekahju võimalikult hilja avastataks;
- väljalülitatud või rikutud tulekahju- ja/või valvesignalisatsioon;
- laialiloobitud esemed (hoone võib olla süüdatud varguse varjamiseks ja esemete asukoha muutumine raskendab varastatud esemete kindlakstegemist);
- esemete (põlevvedelike pudelid, süüteseadeldised) leidumine kohal, kus neid ei peaks olema;
- tule levikut soodustavate tingimuste loomine (nt avatud ukсед, aknad, luugid jne);
- riiete, aparatuuri ja muude isiklike esemete puudumine elutoas;
- tooraine ja valmistoodangu puudumine tööstusettevõtetes;
- suure koguse põlevmaterjali olemasolu tulekahjukoldes. Selleks võib olla mööbel, praht, pappkarbid jms (Осмотр места пожара 2004: 196–198).

Tulekahju sündmuskohal tuleb pöörata tähelepanu hukkunute asukohale ja vigastustele (tihti toimub süütamine tapmise jälgede varjamiseks). Samuti tuleb tähelepanu pöörata inimestele, keda on nähtud mitmel tulekahjul. Paljud süütajad on ebastabiilse psüühikaga inimesed, kes saavad tulekahjude vaatamisest teatud rahulduse.

SÜNDMUSKOHA VAATLUS

Parima tulemuse saamiseks, saab menetluskäigu kohta anda soovitusi. Loomulikult ei ole alati võimalik neid soovitusi täpselt järgida, kuna ette võib tulla situatsioone, kus asjaolude tõttu tuleb rakendada informatsiooni hankimiseks/kogumiseks teistsuguseid protseduure.

Tulekahju sündmuskoha vaatlus on asendamatu menetlustoiming, sest tulekahju sündmuskoha olustikul on omadus kiiresti muutuda. Vaatlust tunnistajate ütlused kompenseerida ei saa.

Kuna elektrist põhjustatud tulekahju algus kuulub tulekahjude korral reeglina kontrollitavate menetlusversioonide hulka, käsitletakse valdkonda põhjalikumalt eraldi.

Tulekahju menetluse sündmuskoha vaatluse seisukohalt võib tinglikult jaotada järgmisteks põhiosadeks:

- vaatlus tulekahju kustutamise ajal;
- informatsiooni kogumine;
- vaatluse staatiline ehk üldine staadium;
- vaatluse dünaamiline ehk detailne staadium;
- sündmuskoha olustiku rekonstruktsioon;
- tulekahjukolde ehk süttimiskoha väljaselgitamine;
- tulekahju põhjustada võinud objektide uurimine;
- tulekahju põhjuse väljaselgitamine.

VAATLUS TULEKAHJU KUSTUTAMISE AJAL

Tulekahju kustutamise vaatlemine annab tihti eeliseid edasisel uurimisel, kuna võimaldab koguda esmaseid muljeid tulekahju arengust, leekide intensiivsusest jne.

Kohapeal tehke fotosid ja videosalvestisi. Üles tuleb märkida sündmuskohale saabumise, elektrivarustuse väljalülitamise, plahvatuste ja paukude toimumiste, akende purunemiste, hoone osade kokkulangemiste, päästjate tegevuste (nt põlemisgaaside ärajuhtimiseks avade tegemise) kellaajad. Samuti tuleb kirja panna nende kohalviibijate nimed, kes viibisid sündmuskohal kui pealtnägijad. Sellel staadiumil on ka võimalik hakata koguma informatsiooni kustutustööde juhilt ja päästjatelt. Samuti on kasulik varajasel staadiumil koguda informatsiooni tunnistajatelt ja valduse omanikult.

Väga tähtis on fikseerida kustutajate ja pealtnägijate kaasabil piirkonnad, kus tulekahju algfaasis põlemist ei toimunud.

Piisavalt suur ala tulekahjukoha ümber tuleb piirata ja kanda hoolt, et uurimise ajal oleks võimalikult vähestel inimestel sellele alale juurdepääs. Mees tuleb pidada seda, et tulekahjus kannatada saanud valduse omanik võib tegelikult olla ka süütaja.

INFORMATSIOONI KOGUMINE

Väga tähtis on kõiki asjassepuutuvaid isikuid võimalikult kiiresti küsitleda. Informatsiooni kogumine peaks toimuma paralleelselt uurimisega sündmuskohal.

Enne sündmuskoha puhastamist on soovitav koostada sündmuskoha tulekahjueelse olustiku skeem. Joonisel 1 on näitena kujutatud elutuba mööbliga. Seinad kujutatakse pinnalaotusena, esemete paigutus taastatakse tunnistajate ütluste (seletuste) ning objektiivsete jälgede järgi sündmuskohal.



Joonis 1. Sündmuskoht enne tulekahju (NFPA 921 2001: 103).

Tihti osutub vajalikuks leida vastused teatud küsimustele enne tulekahjujäänuste läbisõelumist sündmuskohal. Uurimise alfaasis kogutud informatsioon võib viidata teatud aladele ning objektidele, kust tulekahju võis alguse saada. Eelnev informatsioon aitab valida sündmuskoha vaatluse taktikat, leida piirkondi, mida on mõtet läbi kaevata, hinnata sündmuskoha rekonstrueerimise vajalikkust.

Hangitud informatsiooni paikapidavuse kontrollimiseks on tähtis olla eriti hoolikas rusude läbisõelumisel viidatud piirkondades. Näiteks tuleks kontrollida, kas elektrilüliti oli sisse- või väljalülitatud asendis, kas kirjeldatud esemed ikka asusid vastavas piirkonnas või mitte. Mõnikord osutavad sündmuskohal töötamise käigus tehtud tähelepanekud sellele, et töö sündmuskohal tuleks täiendava informatsiooni kogumiseks ajutiselt katkestada.

Paljud eespool toodud küsimused esitatakse paralleelselt uurimise teiste faaside läbiviimisega, nagu allpool kirjeldatud. Tuleb olla tähelepanelik ja kontrollida, kas seda, mida tunnistajad väidavad, et nad nägid, oli nende asukohalt üldse võimalik näha.

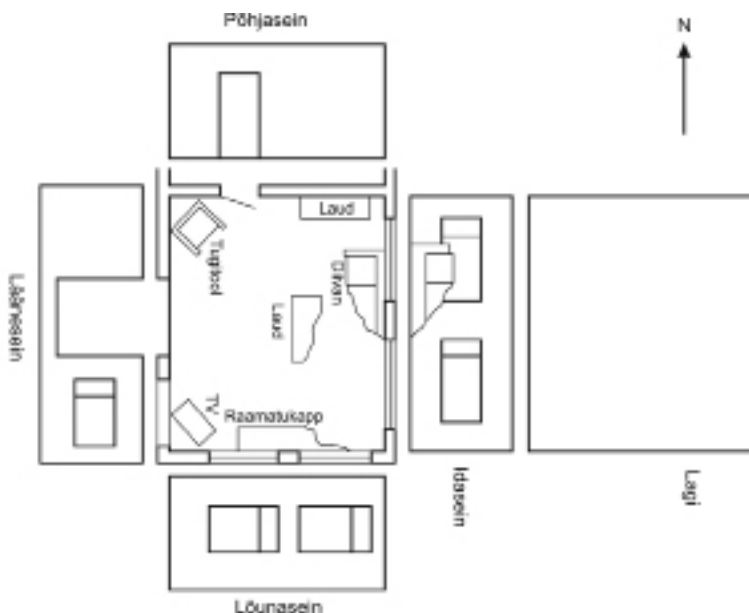
Samuti tuleb hankida hoone plaan ja elektriprojekt ning kontrollida, kas pole tehtud ümberehitusi. Koostada tuleb ajatabel tähtsamate asjaolude kohta tulekahju kustutamisel ja enne seda (nt kellaajad inimeste viibimise ja seadmete töötamise kohta).

VAATLUSE STAATILINE ehk ÜLDINE STAADIUM

Üle tuleb vaadata piiratud ala. Kas peaks seda suurendama või vastupidi? Kui tulekahju pole kustutatud (likvideeritud), tuleb vaatlustegevus kooskõlastada päästetööde juhiga.

Sündmuskoha staatiline vaatlus peaks algama nii kiiresti kui võimalik pärast tulekahju kustutamist ja peaks sisaldama ainult tulekahjustuste ja tulekahju üldise arengu uuringut, seejuures ei tohi muuta sündmuskoha olustikku. Kõikide andmete kandmine ühele skeemile pole mõistlik ning muudab skeemi raskesti arusaadavaks. Soovitav on koostada sündmuskoha kohta mitu skeemi. (NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations, 2001: 103–105)

Joonisel 2 on kujutatud elutuba pärast tulekahju koos kahjustatud mööbli ja muude esemetega. On tavaline, et osa esemeid paigutatakse kustutus- ja lammutustööde käigus teise kohta. Tulekahju põhjuse väljaselgitamisel on nii menetlejal kui ka eksperdil oluline teada esemete asetust enne tulekahju. Seetõttu kujutab skeem sündmuskoha taastatud kujul põlemisjälgedega esemetel.



Joonis 2. Põlemisjäljed esemetel (NFPA 921 2001: 105).

Joonisele 3 on kantud järgmine teave:

- tulekahju jäljed (tahmumine, söestumine) tarinditel;
- tule leviku suund;
- pildistamiskoht;
- pildistamissuund;
- foto number;
- proovi võtmise koht.

Joonisel 3 esemeid ei ole. Vajaduse korral koostatakse lisaskeemid, kuhu kantakse info elektripaigaldiste ja -seadmete, häireseadmete, automaatsete tulekustutusseadmete, tuletõrje veevarustuse, tehnoloogiliste seadmete ja muu tulekahju tekkimise ja arengu seisukohalt tähtsust omada võivad andmete kohta. Skeemile tuleb märkida ka ilmakaared. See lihtsustab sündmuskoha vaatlusprotokoll koostamist ning selle hilisemat hindamist. Kui tuul mõjutab tulekahju arengut, märgitakse ka tuule suund skeemile.



Joonis 3. Põlemisjäljed tarinditel (NFPA 921 2001: 104).

Enne kui algab tulekahju jäänuste läbisõelumine, tuleb sündmuskoht pildistada nii seest kui väljast. Fotosid ja videosalvestisi tuleb tarbe korral teha ka kaevamiste käigus.

Välja selgitatakse tule leviku ulatus ja suund, samuti see, millised objektid piirkonnad on hävinud, tulest haaratud, tulest puutumata. Põlemisjäljed naabruses olevatel hoonetel ja puudel võivad anda infot tuule suuna kohta tulekahju ajal. Staatilise vaatluse ajal antakse hinnang esialgsele tulekahju kolde asukohale.

Hinnang baseerub kustutustööde käigus üldisel infokogumisel ja staatilisel vaatlusel saadud materjalil. On tähtis märkida, et esmane otsus tulekolde asukoha kohta on ainult esialgne ja seda kasutatakse selleks, et määrata piirkonda, kus peaks põlemisprahti läbi sõeluma. Oluline on mitte olla väga jäigalt kinni oma esmastest muljetes. Muidu võib kergesti kiinduda esialgsesse arvamusse ja selle kaitsmisesse, hoolimata uurimise edasises käigus ilmnevatest asjaoludest.

VAATLUSE DÜNAAMILINE ehk DETAILNE STAADIUM

Vaatluse dünaamilises ehk detailses staadiumis tehakse väljakaevamisi, avatakse konstruktsioone, eemaldatakse põlenud rususid, sõelutakse põlemispraht läbi eesmärgiga leida tulekahjukolde ja tule leviku teede tunnuseid, asitõendina kasutatavaid esemeid jne.

Vaatluse kahe staadiumi eristamine ei tähenda, et staatilises staadiumis uuritakse objekte kogu sündmuskoha ulatuses neid puutumata. Taktika valib menetleja.

Väga tähtis on mitte alustada tulekahjujäänuste läbisõelumist enne, kui on välja kujunenud piisavalt selge ettekujutus tulekahju sündmuskohast ja on tekkinud kindlus – nii palju kui see võimalik on – tulekahjukolde asukohas. See peaks olema tehtud enne, kui sündmuskohal asju liigutama hakatakse. Läbimõtlematult esemeid liigutades võib tõendeid (nt elektrijuhtmeid) pöördumatult kahjustada.

Sõelumistööd peaksid algama välimiselt äärelt ja kulgema oletatava tulekolde suunas, et vältida tõendusmaterjali peale astumist ja selle hävitamist. Lahtikaevamiste käigus tehtud leiud ja tähelepanekud tuleb üles märkida ja pildistada. Tähtis on pildistada leitud esemed enne nende liigutamist. Üles tuleb märkida leitud materjalide paiknemine, asetus ja tase tulekahjurusudes, kus nad leiti. Säilitage leiud edasiseks rekonstruktsiooniks ja identifitseerimiseks. Märkige alati üles esemed, mis leiti ebaloogilistest kohtadest.

Tulekahjujäänuste läbisõelumine peaks lõppema põranda puhastamisega ja puhtaks pühkimisega tulekahjukolde asukohas. See võib anda ettekujutuse tule tasemest, st kas tuli oli kõrge või madal. Tähtis on üles märkida erinevad tulekahjustused põrandal. Kas laematerjal on alla kukkunud ja põran-

dat kaitsnud või on põrandal tõsised tulekahjustused? Kas põrandal on näha mahavalatud põlevvedeliku jälgi? Kontrollida tuleb, kas on jälgi õlilaadsetest vedelikest, nagu rasked ja õlisid tahmaladestused.

Kas tuli on põlenud läbi põranda või jätnud sügava söestumise jälgi? Kui on, siis tuleb kontrollida, kas on jälgi riiete, paberi jne põlemisest selles piirkonnas. Kas on jälgi veel millestki, mis võis alla kukkuda ja põrandal edasi põleda, tekitades põrandale kahjustusi? Kas tuli on läbi põlenud kohtades, kus see on vähetõenäoline? Näiteks kohtades, kus on seisnud piirkonda kaitsnud mööbliese? Väga tähtis on mõista, et põranda läbipõlemine selles kohas ei pruugi olla tingitud sinna põlevvedeliku kallamisest. Selle võis põhjustada piirkonnas asunud muud kergestisüttivad ained. On võimalik, et tuli hõõgus pärast tulekahju kustutamist mainitud kohal edasi.

Võimalusel tuleb fikseerida akende ja uste hingede asend, et hinnata nende kinni- või lahtiolekut tulekahju ajal, sest hapniku juurdepääs põlemispiirkonnale mõjutab oluliselt tule leviku kiirust.

Uurida tuleb, kas sein uste ja akende kohal on kaetud tahmaga või on tahm ära põlenud. Tahm põleb ära temperatuuridel üle 630 °C. Tule hariliku leviku korral aknast on tule või tahma jälg akna kohal V-kujuline ja see laieneb ülespoole.

Fotol 3 on tahm parempoolse akna kohalt ära põlenud, mis viitab pikemaajalisemale põlemisele parempoolses ruumis.



Foto 3. Ärapõlenud tahm akna kohal.

Hinnata tuleb tuule mõju tulekahju arengule. Kas tulekahju areng viitab sellele, et tulekahju tekkis tule mõjumisel hoonele seest või väljast? Kui ilmneb mitu põlemiskollet, siis tuleb kontrollida, kas nende vahel on mingi loomulik side, näiteks trepikojad, ventilatsioonišahtid, torud, elektrijuhtmed, pööningukambriid jne. Kas tulekahju arengut võis mõjutada küllaldane hapniku juurdepääs tuuletõmbusega või nn korstnaefekt jne. Tulekahju arengut tuleb vaadelda kui tervikut.

SÜNDMUSKOHA OLUSTIKU REKONSTRUKTSIOON

Pärast tulekahjujäänuste detailset läbisõelumist tuleks leitud esemed vajaduse korral paigutada nende algupärastele kohtadele. Rekonstruktsiooni tuleks võrrelda ka omaniku koostatud plaaniga.

Rekonstruktsiooni võivad hõlbustada mööbli jäljed põrandal ja puhtamad pinnad seintel, mille ääres mööbel on seisnud ja kaitset pakkunud. Kui esemed on kohtadele asetatud, võib tulekahjustusi nendel võrrelda tulekahjustustega põrandal ja seintel.

TULEKAHJUKOLLE (SÜTTIMISKOHT)

Tulekahjukolde (süttimiskoha) kindlakstegemine on sündmuskoha vaatluse üks tähtsamaid ülesandeid. Selleks hinnatakse ehituskonstruktsioonide ja esemete termilisi kahjustusi. Samuti võetakse arvesse kustutustööde eripära. Tulekahjukolde tunnuste kujunemine sõltub tule leviku tingimustest ja dünaamikast tulekahju algetapil. Soodsate tingimuste ja tule kiire leviku korral võivad tulekahjukolde tunnused jääda välja kujunemata või tulekahju käigus täiesti hävida.

Tulekahjukolde tunnused võib jaotada kahte gruppi:

- tulekahjukolde tekkekoha tunnused ja
- tule leviku suuna tunnused.

Tulekahjukolde tekkekoha tunnused on järgmised:

- lokaalsed termilised kahjustused tulekahjukolde;
- lokaalsed termilised kahjustused moodustuvad ehituskonstruktsioonidel või esemetel, millele süüteallikas vahetult mõjub või mis paiknevad esmase põlemise tsoonis.

Näiteks võib tuua lokaalse söestumise põrandal (vt foto 4), seinal, laual, diivanil jne. Samuti praod ehituskivides, mahalangenud krohv, deformatsioonid metallkonstruktsioonides.



Foto 4. Lokaalsed kahjustused elutoal põrandal.

Lokaalsed termilised kahjustused tulekahjukolde kohal, koldekoonus, moodustuvad tulekahju algstaadiumis tulekahjukoldest lähtuva konvektsioonivoo toimel. Kuumad põlemisgaasid tõusevad alt üles, moodustades konvektsioonivoo, mille toimel ehituskonstruksioonid ja esemed saavad termilisi kahjustusi. Konvektsiooni all mõistetakse soojusenergia ülekandumist vedeliku või gaasiosakeste ümberpaiknemise või omavahelise segunemise tagajärjel. Konvektsiooni põhjustab erisuguse temperatuuriga keskkonnaosade erisugune tihedus.

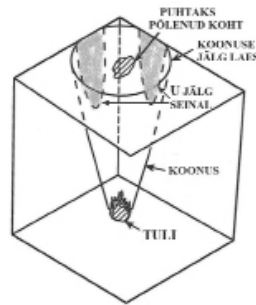
Rahulikus (ideaalses) keskkonnas on konvektsioonivoo suunatud alt üles ning lokaalsed kahjustused tekivad tulekahjukolde kohal ja külgnevatel ehituskonstruksioonidel (seintel). Tulekahjukolde kohal (laes) on sellised kahjustused ideaaljuhul ringikujulised, külgnevatel pindadel koonuse jälje kuju. Koonuse tipp on suunatud allapoole. Joonisel 4 on näidatud koldekoonuse jäljed ideaaljuhul.

Tulekolde koonuse tunnused on hästi nähtavad siis, kui tuli on alguse saanud seina äärest. Kui põlemine alanud ruumi keskosast, on koonuse leidmine suhteliselt raske, sellisel juhul annavad informatsiooni kahjustused laes ja põrandal.

Koonusekujulised põlemisjäljed esinevad ka väljaspool tulekahjukollet (sekundaarsed koonused).

Sellised koonused tekivad

- tule levikul tulekahjukoldest kohta, kus on parem õhu juurdepääs (avatud aknad, ventilatsiooniavad);
- kohtades, kus asuvad ained või materjalid, mille süttimistemperatuur on madal;
- konvektsioonivoo kannab põlevaid osakesi küllalt kaugemale, et võivad tekkida sekundaarsed põlemiskolde.



Joonis 4. Koldekoonuse projektsioon (NFPA 921, 2001).



Foto 5. Tulekahjukolde asukohale viitav koonuse jälg külmiku seinal.

Reaalsetes tingimustes võib tulekahjukolde koonus ruumides sõltuvalt tõmbest kõrvale kalduda, välistingimustes mängib rolli tuul. Tavaliselt kujuneb koonuse jälg kõrgemates ruumides selgemalt välja kui madalates.

Põlemine ebasoodsa gaasivahetuse tingimustes toimub väikestes suletud, ventileerimata ruumides. Sellisel juhul iseloomustavad tulekahju tekkekohta sügavamad lokaalsemad kahjustused. Ebasoodsa gaasivahetuse korral sõltuvad kolde tunnused põlevmaterjali omadustest ja tulekahju põhjusest suhteliselt vähe (võrreldes soodsa õhuvahetuse tingimustega).

Isegi põlevvedelikuga süütamise korral võib intensiivne põlemine üle minna hõõgumiseks, kusjuures tekivad sügavad lokaalsed läbipõlemised. Sellised jäljed võivad säilida ka hoone täieliku hävimise korral, kui tulekahju on saanud alguse alumiselt korruselt ning põrand on mingil määral säilinud.

Tuleb meeles pidada, et samasugused tunnused võivad ilmneda ka soodsa õhuvahetuse tingimustes, kui tulekahju on tekkinud väikese võimsusega süüteallikast (näiteks hõõguv sigarettiots), juhul kui materjal vajab aktiivseks põlemiseks suurema võimsusega süüteallikat. Tulekolde tunnuste kujunemisel mängib suurt rolli esmane impulss (süüteallika võimsus).

Praktikas on esinenud ka juhtumeid, kus suurtes suletud ruumides aeglase põlemise korral täitub ruum põlemisproduktidega, mis kustutab põlengu.



Foto 6. Voodi põlemine ebasoodsa gaasivahetuse tingimustes.

Põlemisjäljed tulekahjukoldes soodsa gaasivahetuse korral

Ideaalseid gaasivahetuse tingimusi esineb praktikas harva, seetõttu on soodsad tingimused suhteline mõiste. Soodsa gaasivahetuse korral on tulekahju areng tunduvalt kiirem, mistõttu kahjustused tulekahjukoldes ei ilmne nii selgelt kui mittetäieliku gaasivahetuse korral ning tulekahjukolde asukohta on keerulisem kindlaks teha.

TULE LEVIKU SUUNA TUNNUSED

Tule leviku suuna tunnused tekivad tulekahjukoldest lähtuvatel tule leviku teedel. Tunnused võivad paikneda märkimisväärsel kaugusel tulekahjukoldest, mõnikord isegi kogu tulekahju pindala ulatuses.

Tule levik horisontaalsuunas ja järk-järgult kahanevad kahjustused

Tulekahjukoldest kaugenedes ehituskonstruksioonide ja materjalide kahjustused tavaliselt vähenevad. Arvesse tuleb ajafaktor – mida kaugemale tulekahjukoldest, seda lühiajalisem on põlemine ja seda väiksemad on termilised kahjustused. Mainitud tunnus on võimalik tuvastada visuaalselt, näiteks hinnates põlemisjälgede erinevat kõrgust seintel (vt foto 7).



Foto 7. Põlemisjälgede vähenemine vasakult paremale hoone seinal.

Vähenevate kahjustustena võib esile tuua puidu söestumissügavuse, samuti metallkonstruktsioonide deformatsioonide vähenemise. Kahjustuste vähenemine ja suurenemine võib olla perioodiliselt korduv, selle võib põhjustada tule leviku tingimuste muutumine (nt intensiivselt põlevad ained tule leviku teedel, gaasivahetuse paranemine jms).

Ehituskonstruksioonide ja esemete kahjustused on reeglina suuremad tulekahjukolde suunast. Tuleb arvestada, et sõltuvalt tule leviku tingimustest võivad kahjustused olla suuremad tulekahjukolde asukoha vastassuunast.

Tule levik vertikaalsuunas

Peamine tule leviku mõjuta vertikaalsuunas on konvektsioon, mis kannab soojust üles. Sellest tulenevalt võib esmajärjekorras eeldada, et tulekahjukolle paikneb põlemisjälgede alumises tsoonis.

Nagu igal reeglil, on ka siin erandid. Põlevad objektid võivad kukkuda ülevalt alla, moodustades sekundaarseid põlemiskoldeid (vt foto 8).



Foto 8. Allakukkunud põleva materjali põhjustatud põlemisjäljed hoone välisseinal.

Sageli juhtub, et tulekahjukolde tunnused ei kujune välja. See võib juhtuda tule kiire leviku korral, mis võib olla põhjustatud

- heast gaasivahetusest;
- võimsast süüteallikast;
- põlemise initsiaatori kasutamisest (nt põlevvedelikud);
- hoone arhitektuurilistest iseärasustest (nt tule levikut soodustavad tühimikud seintes, vahelagedes jne);
- intensiivselt põlevate ehitusmaterjalide kasutamisest (nt vahtplastid).

Tulekahjukolde tunnused vähenevad tulekahju käigus ja võivad täielikult kaduda.

SEKUNDAARSED PÕLEMISKOLDED

Tuleb arvestada, et tulekahjukolde asukoht ei lange suurimate termiliste kahjustustega piirkonnaga alati kokku. Peale tulekahjukolde (süttimiskoha) võivad tekkida nn kohalikud ja isoleeritud põlemiskolde. Kohalikud põlemiskolde moodustuvad üldise põlemispindala sees ja kujutavad endast tsooni, kus märkimisväärselt suured termilised kahjustused võivad olla põhjustatud

- suurest põlemiskoormusest;
- headest põlemistingimustest (eelkõige heast gaasivahetusest);
- tulekahju hilinenud likvideerimisest (kustutustööde käigust).

Isoleeritud põlemiskolded ei ole vahetult seotud tulekahjukoldega. Nad võivad tekkida soojusjuhtivuse, soojuskiirguse või konvektsiooni käigus, samuti kõrgetemperatuuriliste osakeste (nt sädemete) väljumisel esialgsest põlemistsoonist. Tulekahjukolde (süttimiskoha) kindlakstegemiseks on vaja eristada kohalikke ja isoleeritud põlemiskoldeid. Selleks on vaja teada eelkõige ehitiste konstruktiivseid iseärasusi ja neis jaotuvat põlemiskoormust.

Tulekahjukolde kindlakstegemisel võetakse peale tehniliste tunnuste arvesse ja analüüsitakse tunnistajate ütlustega saadavaid andmeid.

Otsida tuleb tõendeid selle kohta, kus on tuli kõige intensiivsemalt põlenud ja kus on tulekahjustused kõige väiksemad. Suuremate tulekahjustustega piirkond on tõenäoliselt esmase tulekahju piirkond. Kui see nii ei ole, siis tuleb püüda seletada, miks tuli selles piirkonnas nii intensiivselt või väheintensiivselt põles (arvestades muuhulgas kustutamise omapära).

Tulekahjustused ja põlemisjäljed on otseses sõltuvuses tingimustega, milles põlemine tekkis ja arenes.

Tulekahjukolde tunnuste kujunemisel mängivad rolli

- gaasivahetuse tingimused;
- süüteallika omadused (võimsus);
- tulekahjukolde asukoht.

Tulekahjukolde tunnuseid tuleb otsida mitte ainult hoone tarinditelt (põrandad, seinad, laed) ja materjalidelt, vaid ka seadmetelt (sh nende seest). Tulekahjukolde asukohale viitavad sageli tulekahjustused mööblil ja seadmetel.

- Selleks, et tulekahjukolde asukohta õigesti määrata, on vaja teada esemete asukohta enne tulekahju (koostada skeem, vt joonis 1). Seejärel taastatakse vastavalt skeemile sündmuskoht. Vaatluse käigus koostatakse lisaskeem, millele kantakse esemed koos tulekahjustustega (vt joonis 2).
- Tulekahjukolde tunnuste leidmine pehmel mööblil viitab ettevaatamatusele (nt hõõguvad tubakatooted).
- Kolmandaks koostatakse skeem (vt joonis 3), millele kantakse põlemistunnused ehitustarinditel (sissepõlemised, söestumised, tahmumised). Esemeid skeemile ei kanta.

Tulekahjukolle ei pea paiknema kohas, kust leegid välja löid, vaid võib paikneda kohas, kus nähti suitsu. Kui tulekahjukolle paikneb vahelae sees, võib suits aga välja pääseda hoone külgedelt.

Läbisõelumist peaks tegema ruumides, kus kahtlustatakse tulekahjukolde olemasolu. Samuti tuleks uurida ka teisi piirkondi, kus on tulekahju arengu seisukohalt midagi ebaharilikku. Alale kukkunud suured materjalitükid tuleks eemaldada ja materjali nimetus ning asukoht üles märkida. Samuti tuleks üles märkida, kui tõsised on lae, laematerjalide, prusside, seinte ja seinamaterjalide kahjustused. Millisest suunast on tuli levinud? Kuidas tuli on ruumi levinud? Kui tuli on põlenud läbi seina, märkige üles, kas tuli levis läbi

ava tupp või sealt välja. Märkige üles koldekoonused, kui neid on. Kas tulekahjustused ruumis asetsevad kõrgel või madalal? Üles tuleb rusude kogus. Kuidas on vahelagede isolatsioonmaterjal kannatada saanud?

Kui valduse omanikult saadud informatsioon tulekahju võimaliku tekke koha kohta on täiesti vastukäiv teie enda arvamusele, siis tuleks valdaja ütlushi väga põhjalikult uurida.

MITU SÕLTUMATUT TULEKAHJUKOLLET

Kui on kahtlus, et tulekahjul oli mitu eraldi tulekahjukollet, tuleb kogu tulekahju stsenaarium pärast detailset sõelumist üle vaadata, et kinnitada, kas tõesti oli mitu eraldi tulekahjukollet või on nad seotud ühe esmasega. Kui varasema uurimise käigus oletati ühte tulekahjukollet, siis võib detailne sõelumine näidata, et tule levik teistesse ruumidesse ei saanud toimuda tollest tulekahjukoldest. Järelikult peab seal olema teisi tulekahjukoldeid ja nendel aladel tuleb samuti tulekahjijäänuseid sõeluda. Kui kahtlustatakse mitut sõltumatut tulekahjukollet, tuleb läbi vaadata kõik võimalikud tule levimise variandid tulekahjukollete vahel.

Tähtis on üles märkida, kas põlemiskollete vahel on alasid, millel puuduvad tulekahjustused või on ainult tahma jäljed. Kirja tuleb panna, milliste materjalidega on selles piirkonnas tegemist ja kui suur see piirkond on. Samuti tuleb fikseerida tulekahjukollete vaheline kaugus. Uurida tuleb, kas tulekahju võis puhkeda mitmes kohas korraga. Kas mõni põlev materjal võis alla kukkuda ja osutada uueks põlemiskoldeks? Sellised materjalid võivad olla kardinad või seintel ripuvad esemed. Kas tulekahju võis levida soojusjuhtivuse, kiirguse või konvektsiooni teel? Kontrollida tuleb, kas hõõguv põlemine võis levida mööda seinte sisemust või põrandate alt jne. Uurige, kas tuli võis levida mööda pragusid ja kanaleid seintes.

Ka ruumid, mida tulekahju on vähem kahjustanud ja ruumid, kus puuduvad tulekahjustused, tuleks pildistada ja nende andmed kirja panna.

AKNAKLAASID

Tulekahju arengu uurimisel tuleb kindlasti aknaklaase tähele panna. Vaatluse alla tulevad harilikud aknaklaasid (Mangs, Keski-Rehonen 1997: 80–84).

Sündmuskoha vaatlusprotokolli tuleb peale purunenud akende kindlasti kanda ka purunemata aknad.

Tulekahju mõju aknaklaasile sõltub järgmistest teguritest:

- temperatuuri muutuse kiirusest;
- klaasi servade soojusisolatsioonist;
- aknapiirete pingest tingitud takistusest temperatuurimuutustest põhjustatud kujumuutustele;
- leegi puudutusest (lähedusest).

Aknaklaasid purunevad muudelgi põhjustel kui tulekahjus. Kõige tavalisem moodus hoonesse ilma loata ja võtmeta pääseda on akna rikkumine. Tule-
tõrjused tulevad samuti tihti akna kaudu hoonesse ja lõhuvad aknaid suitsu eemaldamise eesmärgil. Üks võimalus neist asjust selguse saamiseks on tahmajälgede uurimine.

Kui aken on purunenud enne tulekahju, siis väljaspool põlemispiirkonda (nt akna all maapinnal) olevad killud pole tahmunud. Kui aken on purunenud tulekahju ajal, on tahmajäljed ühel või mõlemal poolel.

Alati peab arvestama võimalusega, et kustutusvesi on tahmajäljed maha pühkinud. Lisaks on võimalik, et aknaklaas on olnud leegis ja tahm on ära põlenud.

KLAASI PURUNEMISMEHCHANISMID

Klaasi purunemisel löögist jääb üldjuhul ämblikuvõrgukujuline moodustus, milles on radiaalsed ja kontsentrilised praod (vt joonis 1). Kuna aknaklaas puruneb edasi põrandale või maapinnale kukkudes, tekivad lisakilud ja -jäljed.

Löögi toimele purunenud klaasi murdepindadel esinevad iseloomulikud kaarjad struktuurid (vt joonis 2).



Joonis 1. Klaasi purunemine löögi toimele.



Joonis 2. Kaarjad struktuurid löögi tagajärjel tekkinud murdepinnal.



Joonis 3. Klaasi purunemine temperatuuri toimel.

Klaasi purunemist temperatuuri toimel eristavad löögi põhjustatud purunemisest kaks järgmist tunnust:

- praod algavad klaasi äärtest (mitte nurkadest) ja suunduvad laineliselt ruudu keskosa poole (vt joonis 3). Löögi põhjustatud praod kulgevad peaaegu sirgelt;
- temperatuuri toimel purunenud klaasi servadel puuduvad löögile iseloomulikud kaarjad struktuurid, murdumispinnad on peaaegu tasased.

See on põhjustatud klaasi ebaühtlasest kuumenemisest tulekahjus. Aknaklaas kuumeneb soojuskiirguse või kuumade gaaside mõjul. Raami sees olev klaas on kuumenemise eest kaitstud, sest raam on hea soojusisolaator. Seetõttu on raami sees olev serv muust klaasist külmem. Klaasi soojuspaisumine põhjustab pingeid servades. Klaas hapra materjalina ei talu suuri pingeid, servades on töötlemise tulemusena mikroskoopilised praod, mis pinge kasvades kiiresti laienevad.

Karastatud klaasi vastupidavus on mitmekordne, võrreldes karastamata klaasiga. Kui klaas kuumeneb aeglaselt, paindub ta kuumale poolele ja moodustab kera pinna.

Plahvatuses purunenud aknaklaas laguneb üldiselt väikesteks kildudeks ja pikkadeks peenteks liistudeks. Killud lendavad tunduvalt kaugemale kui temperatuuri toimel purunenud klaasi puhul.

INIMOHVRITEGA TULEKAHJUD

Inimohvritega tulekahjude korral tehke kindlaks, kas ohver oli enne tulekahju või selle ajal elus. Kontrollige, kas ninasõrmetes ja suus leidub tahma. Kontrollige, kas jalataldadel ja jalatsitel leidub tahma ja kas kehal on ainult tahmakahjustused.

Kas kehal on ka põletusi, vaatamata sellele, et see lebab ainult tahmakahjustustega tsoonis? Pidage meeles, et hukkunu ise võis mingil moel olla tule leviku põhjuseks, näiteks tema põlevad riided võisid soodustada leegi levikut uutesse kohtadesse.

Fotol nr 9 on sügavamad põlemisjäljed seostatavad sojenduskoti toiteahelas leitud elektrilühise asukohaga. Samuti on nähtav parema käe nn pokisjapoos, mis on seletatav lihaste kokkutõmbumisega kõrge temperatuuri toimel.



Foto 9. Vaade hukkunule soojenduskoti rikke tagajärjel tekkinud tulekahjus.

ELEKTRILISE PÄRITOLUGA PROTSESSIDE MÕJUL TEKKINUD TULEKAHJUD

Elektriseadmestiku vaatlus

Enne vaatluse alustamist tuleb kontrollida, et kahjustunud elektrisüsteem oleks muudetud pingetuks. Kui tehniliselt on võimalik, tuleb vaadeldav ala kindlustada valgustusega (üldvalgustus ja teiselaldatav kohtvalgustus) või peab vaatluse ajal kasutama suure valgusjõuga taskulampe.

Vaatluse alguseks on soovitatav, et vaatelejal oleks käepärast kannatada saanud objekti plaan ja elektriprojekt. Vajalik on ka info elektripaigaldiste ebanormaalsete töörežiimide, rikete ja nende kõrvaldamise kohta tulekahjueelsesel ajal; info seadmete väljalülitamiste, väljalülitumiste aja ja vastavate elektripaigaldiste ruumilise asukoha kohta.

Elektriseadmestiku vaatluse eesmärk

Vaatluse eesmärk on

- tulekahju sündmuskohal oleva elektriseadmestiku võimalikult täpne fikseerimine menetluslikult vormistatuna;
- tulekahju tehnilise tekkepõhjuse, tulekahjukolde asukoha, arengu ja leviku asjaolude kindlakstegemine elektripaigaldistel ja nende paigalduspiirkondadel fikseerunud tunnuste järgi;
- elektrilise päritoluga süüteallikate toimest alguse saanud tulekahju tekkeversioonide kontrollimine. Fikseeritakse nii tõendavad kui ka välistavad tunnused;

- tunnuste fikseerimine, mis näitavad, et objekti süütamiseks on kasutatud konkreetset elektriseadet;
- ekspertiisobjektideks või asitõenditeks olevate elektriseadmete ja nende jäänuste äravõtmine, pakkimine ja vormistamine.

Vaatluse meetodika

Elektrisüsteemi omapära on see, et see moodustab terviku, milles toimunud avariilised protsessid (sealhulgas tulekahju mõjul tekkinud) võivad kajastuda süsteemi nendes osades, mis otseselt ei saanudki tules kannatada. Vaatlus tuleb teha nii, et info saadakse kätte vaatluse piiride õige määramisega ning sellesse alasse jäävate elektriseadmete ja nende jäänuste, samuti elektripaigaldiste alus- ja kandekonstruksioonide uurimisega.

Vaatluse piirideks elektrisüsteemi puhul loetakse harilikult tulekahjupiirkonnas või sellest väljapoole jääv elektrikilp (alajaam, hoone peakilp, jaotuskilp jms), millest toiteallika poole jääva elektriseadmestiku kaitseaparatuur enam ei ole reageerinud tulekahjupiirkonnas toimunud protsessidele.

Infoallikateks võivad olla mitmesuguse kahjustusastmega elektrikilbid, kaablid, juhtmed, harutoosid, kontaktpesad, kaitselülitid, kontaktorid, sulavkaitsmed jms. Info elektrisüsteemi käitumise kohta tulekahju eel, süttimise staadiumis ja tulekahju ajal ei pruugi isegi objekti suurte kahjustuste puhul täielikult kaduma minna.

Tulekahjutsoonis valitseva temperatuuri mõjul kahjustuvad elektriseadmestiku komponendid sõltuvalt seadmete materjalist ja nende asukohas valitsenud maksimaalsest temperatuurist ja selle kestusest. Tulekahju temperatuur ulatub harilikult 800–1100 °C ja lokaalselt maksimaalselt kuni 1200 °C. Isolatsioonimaterjalide pürolüüsi protsessid algavad umbes 140 °C ja nende täielik hävinemine toimub ligikaudu 400 °C juures. Alumiiniumkomponentide (juhtmete sooned, nn kuulojuhtme kest jt) mehaaniline tugevus kaob 600 °C juures ja nende sulamistemperatuur on 660 °C. Pronksdetailide sulamine toimub temperatuurivahemikus 700–1040 °C, vaskkomponendid (juhtmete sooned, lülitite kontaktid jt) sulavad temperatuuril 1083 °C. Lühiste ja elektrikaare mõjustuspiirkonnas sulavad kõik elektriseadmestikus kasutatavad metallid, kaasa arvatud terasobjektid sulamistemperatuuriga üle 1400 °C.

Tules kahjustatud elektriseadmestiku vaatlust võib teha iseseisva vaatlusena või samal ajal objekti kui terviku vaatlusega; viimasel juhul on soovitatav elektriseadmestikku puudutav koondada vaatlusprotokollis eraldi ossa.

Elektriseadmestiku vaatlust võib jagada etappideks. Esimesel nn staatilises staadiumis vaadeldakse seadmeid ilma nende esialgset olekut muutmata. Vaatlust alustatakse harilikult objekti toiteallika suhtes kõige esimesest elektrikilbist, kus esinevad tulekahju mõjustused või kaitseaparatuuride iseneslikud väljalülitused või mille kaudu objekti elektrisüsteem muudeti tu-

lekahju ajal pingetuks. Järgnevalt vaadeldakse kõiki sellest elektrikilbist lähtuvaid haruliine ja kõiki nende koosseisu kuuluvaid seadmeid.

Protokolli kantakse järgmine info:

- jaotuskilpide elektriskeem, selles olevate lülitismehhanismide ja kaitseaparatuuride tüübid, parameetrid ja ruumiline paigutus, nende seisund;
- elektrijuhtmestiku ruumiline paigutus, teostus (pinnapealne, süvistatud jms), soonte ristlõiked ja materjalid, vastavus projektile;
- elektrisüsteemi osad, mis olid lahtiühendamiste, sulavkaitsmete puudumise, lülitite positsiooni jm põhjustel tulekahju eel pingestamata. Elektrisüsteemi rekonstrueerimisel mahavõtmata vooluallikatest lahutatud juhtmestiku olemasolu. Nimetatud seadmete kahjustused võivad anda infot temperatuuri jaotuse kohta tulekahjutsoonis;
- juhtmete kahjustused, nende iseloom ja ruumiline paiknemine – isolatsiooni seisukord (hävimine, söestumine, värvimuutused), soonte sulamised, lokaalsed sulamised teraskonstruksioonidel (kandetrossid, kanderedelid, terasklambrid, terastorud, teraskõrid, harutoosid, elektrikilpide korpused, tehniliste avade servad jne);
- lülitite positsioonid, kaitselülitite rakendused;
- sulavkaitsete olemasolu kaitsepaneelides, nende nimivool ja seisukord (reageerinud või mitte, standardne, parandatud sulavpanusega ja selle läbimõõt), sulavpanuste reageerimise iseloom (katkenud keskelt, purunenud mitmeks osaks, aurunud, liivaterakestega nakkumine jms);
- kontaktpesadesse lülitatud elektritarvitid, nende lülitite positsioon, kahjustuste iseloom;
- elektripaigaldiste montaažitööde- ja ekspluatatsiooninõuete rikkumise tunnused (soonte ühendamine kokkukeerutamisega, vedruseibide ja kaablikingade puudumine soonte ühendamisel klemmidele, lõtvunud poltühendused klemmidel jms);
- elektripaigaldise asukohas või sellest lähtunud termilise mõju piirkonnas asuval tulekahju tekkekohale (tulekahjukoldele) ja tulekahju tekkemehhanismile viitavad tunnused;
- tunnused, mis välistavad konkreetse elektriseadme kui potentsiaalse süüteallika;
- tunnused, mis võimaldavad diferentseerida vasksoonte sulamisi kõrge temperatuuri või lühise mõjul;
- tunnused, mis võimaldavad eristada primaarset lühist (tekkinud enne põlemisprotsessi) sekundaarsetest (tekkinud põlemisprotsessi termilist toimest tulekahju ajal);
- tunnused, mis viitavad tehnilisele süütamisele elektriseadmeid

kasutades (tekstiilobjektidega kaetud lüliti positsiooni järgi sisselülitatud suurevõimsuseline hõõglamp, eksploatatsioonirežiimis elektripliidi kuumutusplaadile asetatud metallist bensiinikanister jms).

Vaatluse dünaamilises staadiumis kaevatakse välja need elektriseadmestiku osad, mis on koos kandekonstruktsioonidega või hoone osadega varisenud ja aherainega kaetud. Väljakaevamisel ei tohi soonte ja kaablite jäänuseid aheraine alt välja kiskuda, et vältida sekundaarsete vigastuste teket ja sellest tulenevaid raskusi elektrisüsteemi rekonstruktsiooni teostamisel. Tulekahju käigus mahavarisenud elektrikilpide teisaldamisel tuleb jälgida, et osa sisust ei läheks kaotsi. Varingute alt vabastatud elektripaigaldiste seisund ja kahjustused fikseeritakse.

Vaatluse selles staadiumis kujuneb esialgne arvamus objektide ja nähtuste vastastikustest suhetest ja tähtsusest tulekahju põhjuse suhtes.

Vaatluse lõppstaadiumis võetakse kas asitõenditeks või eksperdiuuringute objektideks kaasa elektriseadmeid või nende osi. Objektid tuleb pakkida ja tähistada nii, et oleks garanteeritud nende asupaiga määratlus elektriskeemis ja välditud nende segimine teiste samalaadsete objektidega.

Sulamistega juhtmekimpude mahalõikamisel fikseeritakse kimp eelnevalt teibiga vähemalt kahest kohast, vältimaks soonte vastastikuseid pikisuunalisi nihkumisi. Tähistatakse ka mahalõigatud kimbu üks otstest (nt toitepoolne, tarvitipoolne). Sulavkaitsete võetusel tuleb iga kaitse eraldi tähistada, kolme faasilise tarbija juhul tuleb tähistada ka faasid.

Lõppstaadiumis vormistatakse lõplikult vaatlusprotokoll, tehakse jooniseid ja skeeme ning vajadusel ka fotografeeritakse lisaks.

RIKKED ELEKTRISEADMESTIKUS

Metallist objektide (sh elektrijuhtmete, elektrikilpide jms) kahjustused sündmuskohal võivad olla põhjustatud

- mehaanilisest toimest;
- elektrivoolu toimest;
- välisest kõrgest temperatuurist;
- madalama sulamistemperatuuriga metalli toimest kõrgema sulamistemperatuuriga metallile.

Mehaanilised kahjustused võivad tekkida nii enne tulekahju kui ka tulekahju käigus. Kahjustustel ei pruugi olla põhjuslikku seost tulekahju tekkimisega. Samas võib tulekahju põhjustada katkiste juhtmesoonete sädelemine. Praktikast on esinenud juhtumeid, kus vigastatud isolatsiooni ja juhtmesoonetega elektrikaabli sädelemine on süüdanud tehnoloogilise protsessi käigus

moodustunud tolmupilve (nt turbatolmu). Sündmuskohal võib mehaanilise kahjustuse ja elektrikaare põhjustatud kahjustuse eristamine olla visuaalselt raskendatud, kahjustatud objekti on soovitatav uurida laboritingimustes mikroskoobi abil.

Lühis

Lühis on rikke tõttu tekkinud väikese elektrilise takistusega elektrit juhtiv ühendus eri pinge all olevate juhtide vahel. Lühisvool on elektrijuhi normaalitlusvoolust enamasti ohtlikult (mitmekordselt) suurem. Väga sageli kaasneb lühis elektrikaarega. (EETEL-EKSPERT TALLINN 2005: 9.)

Lühisvoolu tugevus võib ulatuda sadade ja tuhandete ampriteni. Lühisvool saavutab suurema väärtuse suurema võimsusega toiteallika puhul. Lühisvoolu piirab lühisega elektri ahela ja kaare takistus – toitallikast kaugemale jääva lühise puhul võib lühisvool olla väärtusega, mis ei kutsugi esile kaitseaparatuuri rakendumist või selle kiiret reageerimist. Viimasel juhul kestab lühis pikka aega (sekundeid) ja katkeb alles kaare katkemisel voolujuhtide ruumilisel eralduse vms põhjuse tõttu. Tulekahju tekke seisukohalt on sellised lühised kõige ohtlikumad.

Lühisvoolu suuruse kohta annab infot ka rakendunud sulavkaitsmete sulavpanuse seisund – väiksema voolu puhul katkeb sulavpanus ühest kohast, suurte lühisvoolude puhul võib sulavpanus aurustuda. Lühisvoolu toimel kuumelevad voolujuhid ja nende kaudu isolatsioonmaterjalid süttimist võimaldavate temperatuurideni. Elektrilise kontakti piirkonnas tekib lühistunud voolujuhtide vahel elektrikaar, mille mõjupiirkonnas temperatuur saavutab väärtusi, mis ületab voolujuhtide ja nendega kaare kaudu elektriliselt ühendatud teraskonstruktsioonide sulamistemperatuuri.

Elektrikaare poolt põhjustatud sulamise põhiline tunnus on tema lokaalsus. Mõne sentimeetri kaugusel sulamisest ei pruugi juhtmel olla märkimisväärsed muutusi. Tuleb arvestada, et väline kõrge temperatuur võib hävitada elektrikaare jäljed.

Elektrikaare põhjustatud sulamisjälg võib olla selline, nagu järgmistel joonistel kujutatud.



Foto 10. Kerakujuline kaarleegi jälg elektrijuhtme otsas elektronmikroskoobis.

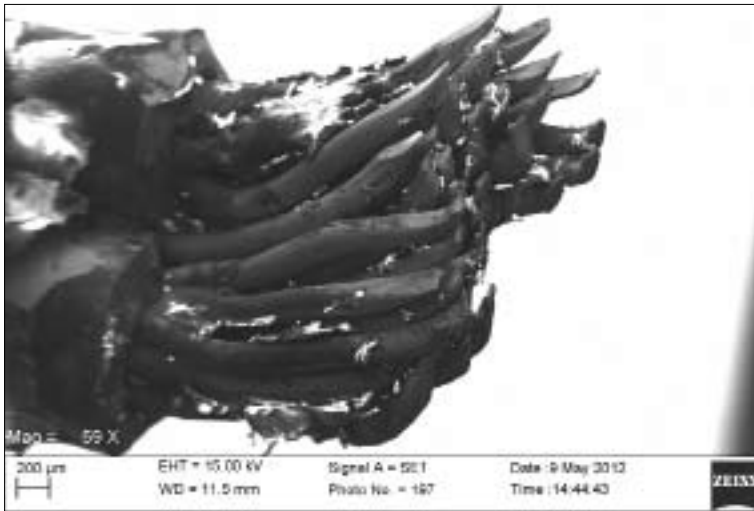


Foto 11. Kaldpinnaline kaarleegi jälg elektrijuhtme otsas elektronmikroskoobis.



Foto 12. Kaarleegi jäljed vaskjuhtmel.

Suurte voolutugevuste puhul lühise piirkonnas tekib nn **elektriline plahvatus**, keskkonda eraldub suur kogus sädemeid, sulametalli tilgakesi ja osaliselt sulanud voolujuhtide fragmente. Kaitseaparatuuri mitterakendumisel võib lühise piirkonnas sulada suurtes kogustes metalle. Sulametalli tilkade läbimõõt võib olla mitu mm ning tilgad võivad kutsuda esile lühispiirkonnast mitme meetri kaugusel allpool ja külgsuunas paiknevate põlevmaterjalide süttimist. Juhul kui lühis toimub auru, gaasi või tolmu plahvatusvõimelise kontsentratsiooniga piirkonnas, toimub nende plahvatuslik süttimine.

Suurevooluline lühis ei saa õigesti valitud kaitseaparatuuri korral süttimist põhjustada, sest kaablist suure survega väljapaiskuvad lühise produktid on aurustunud või väikesteks vedelpiiskadeks pihustunud soonte metall, produktide energiamahuvus ei ole piisav tahkete põlevmaterjalide süttamiseks. Kaabli isolatsioon aga ei pruugi kaitse kiire reageerimise tõttu kuumeneda süttimistemperatuurini. Lühise tekkimiseks peavad voolujuhtidele mõjuma välismõjustused või elektripaigaldistes toimuma eelnevalt teatavad protsessid, pärast mida saab alles võimalikuks voolujuhtide mehaaniline kokkupuude.

Välise jõu mõjul tekkivate lühiste tekkemehhanismi tüüpilised näited on järgmised.

- Õhuliini isolatsioonita juhtmete kokkupuude kas tuule (vale ripe) või siis juhtmete peale langevate puude mõjul. Selliste lühiste puhul langeb õhuliini all ja läheduses olevatele põlevmaterjalist objektidele ja pinnasele sulametalli tilkasid ja juhtme soone fragmente. Nende energiamahuvus ja temperatuur kontaktil põlevmaterjalidega on piisav kuluheina jt samalaadsete materjalide süütamiseks.
- Isoleeritud juhtme isolatsiooni läbikulumine (hävimine) kontaktil paigaldise metallkorpusega või juhtme metallist kandekonstruktsiooniga vibratsiooni mõjul.
- Näriliste (rott, hiir) tegevuse mõju mitmesoonelise kaabli isolatsioonile.
- Isoleeritud juhtme või kaabli isolatsiooni lahtisulamamine soontelt välises kõrges temperatuuris ning sellele järgnev soonte kontakt omavahel või metallist paigalduskonstruktsiooniga.
- Isoleeritud volujuhi isolatsiooni mehaaniline vigastamine juhtme paigaldamise ettevalmistamisel, paigaldamisel, eksploatatsioonil.

Elektriseadmetes toimuvad lühised sisemiste protsesside mõjul tavaliselt liigkoormuse ja liigpinge situatsioonis ning kontaktakistuse termilise mõju piirkonnas. Harva on lühis tingitud kaablite ja juhtmete isolatsiooni tootmisdefektidest. Lühise toimumise koha tuvastamine alumiiniumsoontega juhtme puhul võib osutuda võimatuks, kuna tulekahju põlemistsoonis sellest materjalist sooned harilikult sulavad (alumiiniumi sulamistemperatuur 660 °C), ühtlasi hävivad kõik soontele lühise tekkega kaasnevad tunnused. Lühise toimumisele konkreetse ruumiosas aga võivad viidata lühise mõju tunnused (kaarleegi tekitatud sulamised) kõrgema sulamistemperatuuriga metallobjektidel.

Vasest volujuhtide puhul tuleb eristada vase sulamist lühise mõjul välis-temperatuurist tingitud sulamisest. Probleem on lahendatav, kui piirkonnas on olemas terasobjekte ja nendel on sulamistunnuseid – tulekahjul ei saavuta temperatuur terase sulamistemperatuuri ning sulamised saavad tekkida kas lühisega kaasneva elektriikaare mõjul või madalama sulamistemperatuuriga vedelas olekus metalli toimest kõrgema sulamistemperatuuriga metallile (metallurgilisest efektist).

Kõrgema sulamistemperatuuriga metalli sulamine madalama sulamistemperatuuriga metalli toimele võib toimuda vedelas olekus alumiiniumi satumisel näiteks vasele, valgevasele või terasele. Tina või plii võivad vedelas olekus lahustada mõnda raskelt sulavat metalli, näiteks vaske. Fotol 13 on näidatud vedelas olekus alumiiniumi toime terasele. Välised termilised kahjustused võivad sarnaneda elektriikaare jäljega, seetõttu võib osutada vajalikuks laboratoorne uurimine.



Foto 13. Vedelas olekus alumiiniumi toime terasele.

Terasobjektide puudumisel eristavad lühisest tingitud sulamisi tulekahju terminisel mõjul tekkinud sulamisest järgmised tunnused:

- lühise tekitatud sulamine on lokaalne ja sulamispiirkonna mõõtmed on määratud elektrikaare mõjupiirkonnaga;
- õigesti valitud kaitseaparatuuri puhul on samas ahelas ainult üks lühise toimumisele viitav soonte sulamine;
- katkenud soone otsas on kumer siledapinnaline tahkunud sulametallist moodustis;
- eraldunud sulametall on tahkunud tilkadena;
- katkemata soonte pindadel esinevad siledapinnalised kraatrid;
- juba mõne millimeetri kaugusel sulamiskohast on vask elastne ja ilma murdumiseta korduvalt painutatav (eeldusel, et lühise piirkond ei saanud tulekahju ajal pikaajalisi termilisi mõjustusi);
- mõne sentimeetri kaugusel sulamiskohast võib soone isolatsioon olla kahjustusteta;
- lühise kohast eemal ei nakku soonte ja kaabli säilinud isolatsioonikihid lühikese kestusega lühise puhul üksteisega ja soontele. Isolatsiooni termilised kahjustused vähenevad soone suunas.

Tulekahju terminisel mõjul tekkinud soonte sulamistel on järgmised tunnused:

- tulekahju soojuse põhjustatud termilised kahjustused ei ole lokaalsed, vaid neil on piki soont suhteliselt suur geomeetiline pikkus (vt foto 14). Juhul kui sooned on säilinud paigaldusalale kinnitatuna, on voolamise suund määratud raskusväljaga;
- vastavas sooneosas muutub soone läbimõõt ebahüütlaselt nii esialgse diameetri vähenemise kui ka suurenemise suunas. Sulanud soone ristlõige ei ole ring;



Foto 14. Välise kõrge temperatuuri poolt tekitatud kahjustused vaskjuhtmetel.

- külgnevatel terasobjektidel ja paigaldustorude sisepindadel ei ole sulamisi;
- juhtmesoones olevad kiud on liitunud;
- puuduvad tilgakujulised eraldunud vaskosakesed (terastorudes lihtne tuvastada);
- terasobjektidele võivad sulanud vasksooned ja nende fragmendid nakkuda, kuid ei moodusta terasega sulamit;
- vask on habras ja murdub painutamisel kergesti;
- sulanud moodustised on seest kohati kärgstruktuuriga (vt foto 15), milles nähtuvad mittemetalsed oksiidid ja tühimikud.

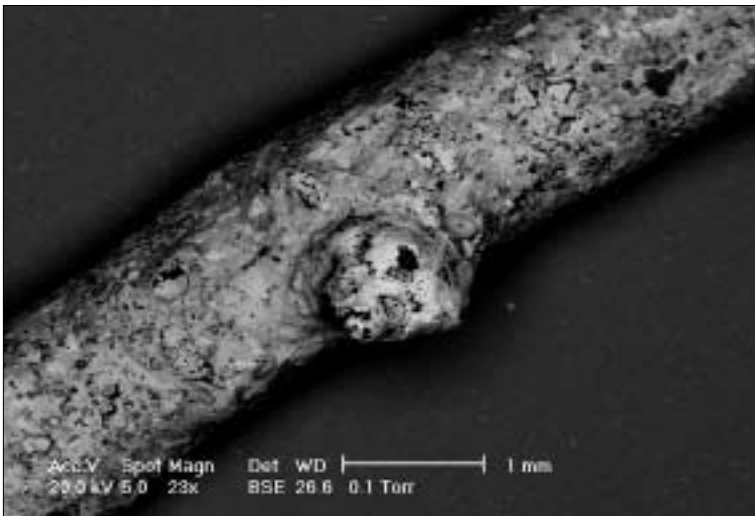


Foto 15. Välise kõrge temperatuuri tekitatud kahjustused vaskjuhtmel elektronmikroskoobis.

Tulekahju kolde ja tekkemehhanismi seisukohast on oluline eristada esmast ehk primaarset lühist tulekahju ajal kõrge välistemperatuuri mõjul hiljem tekkinud teisest ehk sekundaarsest lühisest. Viimaseid võib tekkida konkreetses ruumis nii samas elektriahelas, kus tekkis esmane lühis, kui ka teistes elektriahelates.

Esmane (primaarne) lühis tekib keskkonna normaalsel temperatuuril (või sellest kõrgemal temperatuuril) olukorras, kus atmosfääris on normaalne gaaside jaotus.

Teisene (sekundaarne) lühis tekib keskkonna kõrgendatud temperatuuril, mis on piisav soonte isolatsiooni intensiivseks lagunemiseks, kusjuures atmosfääris on muutunud gaaside esialgne suhe (suurenenud süsihappegaasi osakaal, vähenenud hapniku sisaldus) ja tekkinud gaasilised põlemisproduktid (vingugaas, vesinik, veeaur jt).

Üldjuhul ei ole lihtne eristada voolujuhtide esmast lühist teisest. Eristamiseks võib siiski kasutada järgmisi tunnuseid:

- **esmise lühise** puhul on sulamispirkonnaga vahetult külgnev sooneosa sile; sulatatud pind on orienteeritud piki soone telge;
- **sekundaarse lühise** puhul esineb soontel sulamispirkonna vahetus läheduses väikesi (soone läbimõõdust vähema mõõtega) kerakujulisi voolamisest tingitud sulamisi. Lühise tõttu sulanud pinna orientatsioon soone pikitelje suhtes on suvaline.

Juhul kui lühise koha vahetus läheduses on kaablil säilinud isolatsiooni, siis saab eristuse teha järgmiselt:

- isolatsioon on esmise lühise puhul soontega kokkupuute pinna suhtes 360 kraadi ulatuses seestpoolt söestunud; välissuunas söestumise intensiivsus väheneb, kuna soojus on isolatsioonile üle antud kaabli sees lühistunud soonte kaudu;
- isolatsioon on sekundaarse lühise puhul väljastpoolt söestunud sõltuvalt termilise mõju suunast. Näiteks kui kaabel on kinnitatud seinale, siis vastav külge võib olla üldse ilma välise termiliste mõjustusteta.

Sekundaarse lühise puhul isolatsiooni sulamistega on jälgitavad termilise mõju suunas kraatritaolised moodustised välispinnal. Nende tekkemehhanism on seletatav isolatsiooni sisekihtides termilise lagunemise käigus tekkinud gaaside mõjuga liikumisel läbi sulava ja laguneva isolatsiooni.

Kontakttakistus

Kontakttakistuse all mõistetakse kahe kontaktpinna vahelist üleminekutakistust (TTÜ koduleht. Õppeinfo. Kontakt ja kontakttakistus).

Kontakttakistus moodustub kahest järgmisest komponendist:

- kontaktpind oksüdeerub ja määrdub; moodustuv kile tekitab kontaktpinnal lisatakistuse, mis võib aja jooksul oluliselt muutuda;
- otpindade surumisel teineteise vastu ei puutu lihvimisele vaatamata kokku kogu pind, vaid moodustuvad kontaktpunktid, mille hulk sõltub mikrogeomeetriast, juhi materjalist ning survest; seetõttu tekib voolule teinegi lisatakistus.

Oksiidikihi elektriline takistus on tunduvalt suurem metalli takistusest ja seetõttu hakkab kontaktkoht kuumenema. Temperatuuri tõusul oksüdeerimisprotsess kiireneb, kontaktpinna takistus suureneb ja tulemuseks on kontaktpaari temperatuuri edasine järjest suurenev kasv. Kontakttakistuse puhul tekkiv lokaalne kuumenemine võib kutsuda esile juhtmete isolatsiooni süttimise ja olla seega tulekahju otsene põhjustaja. Isolatsiooni süttimistemperatuurist madalama temperatuuri korral võib isolatsiooni omaduste ja oleku muutumine põhjustada ka lühise teket, millega kaasnev kaarleek ja laialipaiskuvad sulametalli osakesed võivad samuti põhjustada lähedal olevate põlevmaterjalide süttimist. Ajavahemik kontakttakistuse esmas- te tunnuste ilmnemise ja süttimise vahel võib olla nõrkade voolude korral (näiteks elumajade korterite tüüptarbimine) aastatepikkune. Suurte voolutugevuste puhul, eriti kui ahelas toimub tihti sisse-väljalülitusi, võib ajavahemik olla suhteliselt lühike.

Kontakttakistuse esinemise potentsiaalseteks kohtadeks on kõik voolujuhtide mittepiisava mehaanilise pingsusega ühenduskohad – juhtmete soon- te jätkukohad, klemmühendused, soonte ühenduskohad klemmidele, lülitite kontaktpinnad jt. Kontakttakistus ilmneb eriti ilmekalt ja kiiresti nendes kohtades, kus kontaktpaari moodustavad erinevad metallid (alumiinium- vask, alumiinium-teras jt). Alumiinium on juba madalatel temperatuuridel kiiresti oksüdeeruv metall, lisaks ilmneb elektrivoolu sisse-väljalülitamistel nende erinev ruumpaisumine. Viimane põhjustab klemmides poltühendus- te lõtvumist (iseeneslik lahtikeerdumine), mis omakorda soodustab kontaktpindade oksüdeerumist.

Kontakttakistuse tüüpilistes esinemiskohtades elamutes on harutoosi- de kontaktühendused, pistikupesade sisesed juhtmesoonte ühenduskohad, pistikute sõrmede ja klemmide kokkupuutekohad pikendusjuhtmetes (vt foto 16).

Kontakttakistus ei põhjusta kaitseaparatuuri rakendumist, kuna elektri- ahelas selle esinemisel voolutugevus oluliselt ei muutu. Tema ilmnemine ei põhjusta harilikult häireid ka elektritarvitite töös. Nimetatud põhjustel



Foto 16. Suure kontaktakistuse tunnused (vaskdetaili värvimuutus) pikendusjuhtme kontaktpesas.

saab kontaktakistust avastada ja kõrvaldada ainult elektriahelate perioodilise hooldamisega (poltühenduste pingutamine klemmides, oksüdeerunud kontaktide puhastamine, spetsiaal määrdega katmine või tinatamine, riknenud elementide väljavahetamine jms).

Liigkoormus

Liigkoormuseks nimetatakse niisugust rikkerežiimi, kus elektriseadmetes teivad pikaajalised voolud, mis ületavad normidega ettenähtud suurus. Elektrivõrkude eksploateerimisel võib liigkoormus tekkida uute tarvitite juurdeühendamisel. Elektriparaatides ja -masinates tekib liigkoormus ka elektrimootori võlli või selle kaudu veetava ajami mehaanilisel ülekoormusel või kinnikiilumisel ning samuti olukorras, kus kolmefaasiline mootor jääb ühe sulavkaitse läbipõlemise tõttu tööle kahe faasiga. Liigkoormuse puhul suureneb voolujuhis eralduv soojus, mis omakorda kutsub esile soonte ja isolatsiooni kuumenemise. Isoleerimata vask-, alumiinium- ja terasjuhtmete töötemperatuurid ei tohi ületada 70 °C, sellest kõrgemal temperatuuril kiirenevad oksüdeerimisprotsessid metallide pindadel ja võivad ilmned suure kontaktakistuse nähtused juhtmete ühenduskohtades.

Normaalsest suurematel töötemperatuuridel kiireneb isolatsioonimaterjali vananemine. Isolatsioon hakkab habrastuma, pragunema ja võib liistakutenähtena soonelt eralduda – sellised tunnused viitavad pikaajalisele ülekoormusele. Seejuures võib tekkida elektriline lühis paljastunud soonte või soonte ja külgnevate metallkonstruktsioonide vahel. Elektriakaare mõjul võib põlevmaterjalist isolatsioon lokaalselt süttida. Süttimispiirkonnaks võib liigkoor-

muse korral osutada ebakvaliteetse ühenduse puhul olla ka kontakt, millel on kontakttakistus või juhtmete ühenduskoht.

Eriti suurte liigkoormuste puhul (suure võimsusega elektritarviti ühendamine) võib tehniliselt korras olev isolatsioon süttida terve elektriahela pikkuselt, lühis tekib vooluahelas sellisel juhul mingil hilisemal ajamomendil. Seega ei pruugi kaitseaparatuuri rakendumine ära hoida liigkoormusel voolujuhis eraldunud soojusliku energia toimest põhjustatud süttimist.

Tihti arvatakse liigkoormusest põhjustatud tulekahjusid tekitatud olevat lühise terminilisel toimel, kuna süttimispiirkonnas toimubki lühis.

Liigkoormuse tunnused enne süttimisprotsessi on järgmised:

- isolatsioonimaterjalide, õlide ja kummi terminilise lagunemisega kaasnev spetsiifiline lõhn;
- elektrilampide valgusviljakuse tunduv vähenemine;
- elektrimootorite seiskumine või pöörlemiskiiruse vähenemine, spetsiifiline undamine;
- juhtmete isolatsioonil vananemise tunnuste (värvimuutused, pragunemine, habrastumine) ilmnemine.

Pärast tulekahju võib sündmuskohal tuvastada järgmisi liigkoormuse tagajärjel tekkinud tunnuseid:

- isolatsiooni terminiline lagunemine ülekoormatud juhtme terves pikkuses, kusjuures lagunemise intensiivsus on maksimaalne soone ligiduses (eeldatakse, et osa juhtmest ei ole allunud tulekahju mõjule). Isolatsioon võib olla soontelt kohati täielikult eemaldunud sulamise ja vertikaalsuunas allavalgumise tõttu;
- säilinud isolatsioonil võib esineda vananemise tunnuseid;
- lühise esinemist tõendav soonte sulamine põlemistsoonis. Lühise esinemine juhtmete ühenduskohas või kontaktühenduses;
- üks läbipõlenud sulavkaitse kolmefaasilise elektrimootori kaitsepaneelil;
- lühiskeerdude esinemine elektrimootori mähises;
- elektrimootorite kuullaagrite ja ajamite osaline või täielik kinnikiilumine võllide kõverdumisest, laagrite kulumisest jt sisemistest põhjustest;
- elektriagamite kinnikiilumine võõrkeha tõttu;
- elektriahelasse lülitatud tarvitite koguvõimsuse mittevastavus toitekaabli soonte ristlõikele.

Liigpinge

Liigpinge on faasijuhi ja maa vaheline või faasijuhtidevaheline mistahes pinge, mille tippväärtus ületab seadmete suurima lubatava kestvuspinge vastava amplituudi (Eesti Energia koduleht www.energia.ee).

Liigpinge võib põhjustada äike või elektrivõrgus toimuvad ümberlülitamised. Lülitustest tingitud liigpinged on tavaliselt väiksemad kui äikese põhjustatud liigpinged.

Tüüpiline liigpinge näide on 220-voldise elektrisüsteemi sattumine 380-voldisele pingele tähtlülituses kolmefaasilise õhuliini pärast null- ja faasijuhtme kokkupuutesse jäämist.

Liigpinge tunnused on näiteks järgmised:

- hõõglampide valgusviljakuse suurenemine;
- elektrimootorite pöörete arvu suurenemine;
- elektrimasinate (mootorid, trafod) töötamisega kaasneva müra muutus.

Liigpinge tuleohtlikkus väljendub järgmistes asjaoludes:

- suureneb lühise tekke oht elektrijuhtmetes, mille isolatsioon on eelnevalt vananenud või kahjustunud liigkoormuse või kontaktakistuse termilise mõju tõttu;
- suureneb elektriliste soojendusseadmete tootlikkus ja keskkonda soojuskiirgusena üleantav energia. Seadmete jahutustingimused halvenevad;
- hõõglambid töötavad rikkerežiimil, tõuseb hõõglambi kõikide koostelementide temperatuur. Hõõglambi kolb võib soklist eralduda ja alla langedes puruneda, volframniit võib süüdata paberi, tekstiilobjekte jms. Pirnipesas võib toimuda lühis, mille produktid laialipaiskuvate vedela metalli tilkadena võivad tekitada põlemiskoldeid.

Liigpinge tõttu võivad süttida elektriaparatuuri ja olmeseadmete (raadiod, telerid jt) transformaatorid, elektrimootorite mähised, induktsioonpoolid (luminescentsvalgustid).

Sädelemine

Sädelemine tekib

- mehaaniliselt mitteköllaldase pingsusega ühendatud kahe juhi kontaktpiirkonnas (juhtmete ühenduskoht, pistikühendus);
- katkenud või klemmühendusest eraldunud soone otste või soone ja klemmi vahel tingimusel, et vahekaugus on väike. Mõlemal juhul esineb kontaktpiirkonnas oksiidikiht;

- elektriabelate sisse-väljalülitamisel lülitusseadmete kontaktpindade vahel;
- elektrimootorite kollektorite ja harjade vahel.

Sädelemine on visuaalselt märgatav väreleva sinaka valguse järgi. Sädelemine on süütevõimeline aurude ja gaaside suhtes. Ruumi täitvad vedelgaasi aurud võivad süttida samas ruumis elektrivalgustuse lüliti sisemuses väljalülitamise momendil tekkinud sädelemisest.

Sädelemist ei saa lugeda lühise erijuhuks. Lühise puhul tekib elektriline kontakt kahe erineva potentsiaaliga juhi vahel. Sädelemise puhul tekib säde või sädelemine sama potentsiaaliga juhtide vahel (vt foto 17).



Foto 17. Katkenud juhtmekiud, mille sädelemine põhjustas turbatolmu plahvatuse.

Elektrivool maandatud metallkonstruktsioonides

Elektrivoolu üleminek metallkonstruktsioonidesse (katused, torustikud, raudbetoonpaneelide armatuur jne), mis on elektriliselt maaga ühendatud, tekib nende kokkupuutel pingestatud voolujuhiga. Põhjused taolise olukorra tekkeks võivad olla näiteks järgmised:

- õhuliini isoleerimata juhtme katkemine ja pingestatud osa langemine metallkonstruktsioonile (metallkatus);
- metallkonstruktsioonidele paigaldatud voolujuhi isolatsiooni vigastus vibratsioonist, mehaanilisest mõjust jt põhjustel;
- elektrikeevituse puhul tagasivoolu juhtme ühendamine metallkonstruktsioonidega või hoone kommunikatsioonidega (torustikud jt);
- hoone kommunikatsioonide kasutamine maandusena.

Voolu tuleohtlikkus teraskonstruktsioonides on eriti suur siis, kui need

konstruktsioonid ja nende osad ei ole heas elektrilises kontaktis maaga ja üksteisega. Sellisel juhul tekib lekkevoolu liikumisel läbi konstruktsioonide suur kontaktakistus, mis kutsub esile vastavate piirkondade lokaalse kuumenemise isegi kuni metalli sulamiseni. Samades kohtades võivad tekkida lühiajalised elektrikaared. Voolu teel võib kuumenemiskohti olla mitu ja igas kohas võivad külgnevad põlevmaterjalid süttida. Kolded võivad paikneda isegi kuni mõnesaja meetri kaugusel kohast, kus voolujuht kontakteerus metallkonstruktsiooniga. Lekkevoolu tugevus võib, tulenevalt voolu teekonnal moodustuvate kontaktakistuste suurest väärtusest, jääda väiksemaks avariilises olekus vooluahela kaitse reageerimisvoolust. Vool ei kao lekkeahelelast ka pärast tulekahju teket. Nimetatud asjaolud on esmased tunnused, et tulekahju tekkis lekkevoolu termilisest mõjust.

Juhul kui metallkonstruktsioonide osad on üksteisega ja maaga heas kontaktis, on lekkevoolud suured ja sellele reageerib kaitseaparatuur. Tuleoht on sellisel juhul suur kohas, kus voolujuht kontakteerus metallkonstruktsioonidega. Selles kohas on võimalik sädelemine või elektrikaare teke. Viimase terminiline mõju põlevmaterjalidele võibki põhjustada tulekahju tekke.

Elektriliste soojendusseadmete rikkerežiim

Rikkerežiim soojendusseadmetes võib tekkida ja avalduda järgmistel põhjustel:

- **liigpinge** – suureneb kiiratava soojusenergia hulk. Süttida võivad ligidal olevad põlevmaterjalist objektid ja seadme sees olevate isolatsioonmaterjalid, eriti juhul kui kontaktsõlmedes esineb kontaktakistus;
- kontaktakistusel **eraldunud soojuse mõju** isolatsioonimaterjalidele. Kontaktakistus võib olla ilmnunud vibratsiooni, tehnilise hooldamise jt põhjustel;
- **valede materjalide kasutamine** remondi käigus (väiksema ristlõikega juhtmed, madalama süttimistemperatuuriga isolatsiooniga juhtmed), seadme elektriskeemi muutmine (kaitseahelate lahtiühendamine), kontaktakistust omavate ühenduste tegemine (mittekvaliteetne jooode, vedruseibide mittekasutamine, soonte kokkukeeramine jt);
- **seadme jahutustingimuste halvenemine** (korpuses olevate õhuavade ummistumine, seadme koosseisu kuuluva ventilaatori rike (kinnikiilumine) või elektriahela katkemine).

Elektrivalgustite rikkerežiim

Hõõglambiga valgusti

Rikkerežiim hõõglampides (hõõglambiga valgustis) võib tekkida kas voolu parameetrite muutumisel või lambi ja padruni koostelementides toimuvatest protsessidest.

Liigpinge olukorras (pinge tõusul 230 voldilt 340–390 voldini) suureneb hõõglambis eralduv soojusenergia. Kolbi temperatuur saavutab 300–380 °C, mis võib esile kutsuda pirnipesa plastmaterjali söestumise ja lühise juhtmesoonte kinnitussõlmes; valgustite põlevmaterjalidest korpuste ja hajutite plastkomponentide deformatsioone, valgumist, sulamist ja kontakti kolviga nende süttimist. Hõõgniit võib pinge tõusul läbi põleda, kusjuures läbipõlemise momendil tekib niidi teineteisest eemalduvate otste vahel elektrikaar, mis gaastäitega pirnide puhul võib sulatada niklist tugielektroodid ja kolvisesise rõhu tõusul plahvatuslikult klaaskolvi purustada. Sulanud niklitilkade, kolvi klaasosade ja hõõgniidi langemine põlevmaterjalidele võib põhjustada nendega kontakteeruvate põlevmaterjalide süttimist.

Juhul kui klaaskolb ei purune, võib terviklikult eraldunud hõõgniit sulada läbi kolvi ja astuda keemilisse reaktsiooni õhus oleva hapnikuga. Reaktsiooni tulemusel eraldub täiendavalt energiat, mistõttu allalangenud niit võib, hoolimata väikesest massist, olla süütevõimeline paberi, tekstiili jms suhtes. Elektrikaar võib tekkida ka normaalpingel hõõgniidi tugielektroodilt lahtitulekul. Selle põhjuseks võib olla vibratsioon hõõglambi asukohas, niidi läbimõõdu, kuju ja tugielektroodidele kinnitamise defektid pirni valmistamisel, pika eksploatatsiooniga hõõgniidi peenenemine ja läbipõlemine sisselülitamise momendil jt põhjused.

Lühise kõrgtemperatuurilised produktid on nende laialipaiskumise alal põlevmaterjalide suhtes süütevõimelised.

Luminestsentslambid

Huumlahendustorudega luminestsentsvalgustite konstruktsioon on võrreldes hõõglampiga valgustitega keerukam. Seetõttu on nende töökindlus väiksem, eriti siis, kui koostelementide montaažitööd ei ole tehtud kvaliteetselt. Tüüpilised ohufaktorid, mis rikkerežiimides määravad luminestsentsvalgustite tuleohtlikkuse, on järgmised:

- liigpinge. Huumlahendustorude elektroodid kuumenevad ja võivad läbi põleda, kaarleegi tekkel toru võib puruneda ja vedela metalli tilgad on süütevõimelised allalangemiskiirkonna põlevmaterjalidele;
- liigpinge. Drosseli töötemperatuur tõuseb, isolatsioon mähistradil rikneb, lühiskeerdude tekkel süttib mähist fikseeriv mastiks.

Põlemisprotsess levib valgusti plasthajutile ja põlevmaterjalile (lagi, sein), millele valgusti on kinnitatud;

- kontakttakistus, mis võib esineda montaažijuhtmete jootmis- ja poltühenduste kohtades.
- Liigpinge võimendab kontakttakistusest tekitatud rikkerežiimi.

Kontakttakistuse esinemise suur tõenäosus torude paigaldussõlmedes võib olla põhjustatud suhteliselt väikesest mehaanilisest pingsusest kontaktisõlmede ja liikumatute kontaktide vahel. Lokaalne kuumenemine võib pikaajalise eksploatatsiooni puhul söestada kontaktisõlme plastmaterjali ja põhjustada lühise. Sama nähtus võib esineda starterite fikseerimissõlmedes.

Lambi sisselülitamisel läbib elektroode töövoolust mitu korda tugevam käivitusvool. Startersüsteemi rikked võivad vooluahel jäädagi käivitusrežiimile, mis võib põhjustada lambi kuumenemist 190–200 °C, drosseli kuumenemist ja mastiksi süttimist (Пожарно-техническая экспертиза, Москва 1986, 137).

NORMAALREŽIIMIL ELEKTRISEADMETE VALE EKSPLOATATSIOON

Elektriliste soojendusseadmete vale eksploatatsioon normaalrežiimil

Elektriliste soojendusseadmete valik on mitmekesine. Konstruksiooniliselt on tegemist seadmetega, kus suhteliselt väikesesse ruumalasse on kontsentreeritud suur võimsus ning ohutus seadme enda koosseisu kuuluvate põlevmaterjalidest koostelementide ja seadme ligiduses olevate põlevmaterjalidest objektide suhtes saavutatakse

- kasutamisoletuses toodud nõuete täimisega;
- seadme konstruktsioonis ettenähtud tehniliste meetmetega (kõrgele temperatuurile vastupidavate isolatsioonimaterjalide kasutamine, jahutusventilaatorite kasutamine, termoandurite kasutamine vms).

Elektrilistest soojendusseadmetest tekkinud tulekahjude põhjuste analüüs näitab, et süttimised vale eksploatatsiooni tõttu on toimunud järgmistel tüüpilistel asjaoludel:

- soojendusseadmete asend või kaugus põlevmaterjalidest ei vasta kasutamisujuhendile;
- soojendusseadme konstruktsioon ei vasta keskkonnas ringlevatele põlevmaterjalidele (lahtise kuumutuskehaga soojendusseadme sisse või korpusele ladestub süttiv tolm);
- soojustkiirgavate seadmete soojusvahetus keskkonnaga on takistatud (termoregulaatorita õliradiaatori katmine nt riideesemetega viib nende süttimiseni);

- soojendusseade on jäetud järelevalveta (triikraud süütab põlevmaterjalist aluse; elektriteekann süütab pärast vee ärakeemist ja alumiiniumkorpuse sulamist külgneva põlevmaterjali; elektripliidil süttib pannil toit pärast niiskuse väljaaurustumist jms).

Tulekahju põhjuse tuvastamisel elektrilisest soojendusseadmest tuleb sündmuskoha vaatlusel pöörata tähelepanu järgmistele tunnustele ja asjaoludele:

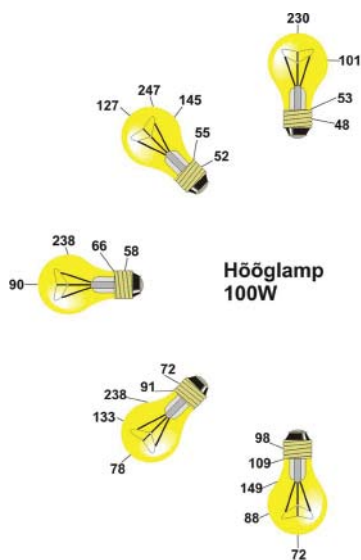
- soojendusseadme asukoht või selle mõjupiirkond peavad kokku langema tulekahju kolde asukoha tunnustega;
- seade peab olema lülitatud elektrivõrku;
- toitejuhe peab suunduma ja ulatuma kontaktpesani;
- lüliti positsioon peab vastama eksploatatsioonirežiimile;
- seadme kaitse on reageerinud (juhtum, kui on süttinud seadme sees olnud põlevmaterjalid (juhtmete isolatsioon));
- toiteahela kaitse peab olema reageerinud tulekahju ajal kolde piirkonnas toimunud lühisele;
- lühis on tekkinud kas seadme sees olevates voolujuhtides või toitejuhtmes väljaspool seadet. Lühise tekitatud sulamine võib paikneda ka seadme metallkorpusel.

Hõõglambid ja hõõglambiga valgustid

Normaalolukorras klaaskolbi temperatuur sõltub hõõglambi võimsusest ja asendist (horisontaalselt, vertikaalselt sokkel all või üleval).

Juhul kui on takistatud soojusenergia hajumine keskkonda, tõuseb kolvi temperatuur ja katsetulemuste järgi süttivad kolviga kontakteeruvad või väikesel kaugusel olevad põlevmaterjalid (paber, vatt, hein, naturaalsed tekstiilmaterjalid süttimistemperatuuridega 230–300 °C) soojuskiirgusest mõne minuti jooksul.

Plastmaterjalid pehmenevad ja võivad vedeldudes valguda kolvile ja seal süttida. Fotol 18 on näidatud 60-vatise võimsusega hõõglambi soojuskiirguse mõju põlevmaterjalile (pirn oli vajunud vastu seinale). Põlemine avastati enne hõõgumise üleminekut leegitsemiseks. Hõõgumise käigus põlesid läbi tapeet, 3-millimeetrine puitkiudplaat ja 25 millimeetri paksune laud.



Joonis 5. 100-vatise võimsusega hõõglambi temperatuurid sõltuvalt asendist (A pocket guide to arson and fire investigation, 1994).



Foto 18. 60-vatise võimsusega hõõglambi tekitatud termiline kahjustus.

Hõõglampidega valgustite tuleohtlikkus põlevmaterjalidele realiseerub nende vael ekspluateerimisel järgmistes tüüpsituatsioonides:

- valgusti tsentreerituse muutumine fikseerimismutrite jms puudumise tõttu, valgustisiseste õhu liikumise teede muutumine ja ventilatsioonitingimuste lokaalne halvenemine; põlevmaterjalidest koostelementide kuumenemine, deformeerumine, valgumine ja süttimine kontaktil kolviga;
- mittehermeetilise valgusti korpusel oleva hõõglambi kolvile ladestunud tolmu süttimine;
- heinte süttimine kontaktil ladustamisel heintesse mattunud valgusti või klaaskolviga;
- valgusti (või hõõglambi) katmine paberi või tekstiilmaterjaliga;
- põlevmaterjali süttimine kontaktil isevalmistatud või mittekomplektse (kaitsevõreta) tööstuslikult toodetud kandelambi kolviga.

Luminescentsvalgustid

Huumlahendustoruga luminescentsvalgusti on võrreldes hõõglambiga tuleohtuse seisukohalt vähem ohtlik, kuna normaalrežiimil on kolbi temperatuur umbes 40 °C. Torude otstes olevate elektroodide temperatuur on umbes 1300 °C.

Kõrgsurve-luminescentsvalgustitel on nn pirni sisemuses kvartstoru, mille pinna töötemperatuur on umbes 400–500 °C. Viimased on süütevõimelised situatsioonis, kus pirni kolb puruneb ja toru kontakteerub põlevmaterjalidega.

Halogeenvalgustid

Kõige tuleohtlikumad on halogeenvalgustid kolbi välispinna kõrge temperatuuri tõttu.

STAATILINE ELEKTER

Staatiline elekter tekib kahe materjali hõõrdumisel. Nende teineteisest eraldamisel saab üks neist positiivse ja teine negatiivse laengu. Laengu polaarsuse määrab nende ainete omavaheline asukoht nn triboelektrilises reas (ELMATIK AS koduleht www.elmatik.ee).

Elektrostaatika teket ei soodusta näiteks puuvill, raud, kumm ja puit. Seda soodustavad seevastu näiteks inimese juuksed ja käed, vill, paljud sünteetskiud, nailon, siid.

Staatiline laeng võib tekkida ka siis, kui kaks isoleermaterjali teineteisest eraldada. Kõrge pinge laetud pindade vahel põhjustab pindu eraldava dielektrikukihi (harilikult õhk) läbilöögi sädelahendusega. Staatilise elektri säde on süütevõimeline aurude ja gaaside suhtes, kui potentsiaalide vahe on 3000 volti. Üle 5000-voldiste potentsiaalide vahe korral võib säde süüdata põlevmaterjalide tolmusid. Seega eeldab süttimismehhanism keskkonnas põlevaine plahvatusvõimelise kontsentratsiooni olemasolu.

Staatilise laengu kogunemisega seotud sädelahendused ilmnevad tahkete dielektriliste materjalide ruumilisel eraldamisel (näiteks kaitsepaberi eemaldamine pleksiklaasitahvililt, plastteibi tõmbamine rullist, sünteetilisest materjalidest riietusesemetete kandmine jt). Vedelate dielektrikute laadumine staatilise elektriga tekib nende pumpamisel, pihustamisel ja ümbervalamisel.

Staatilise elektri vastu võideldakse sellega, et püütakse tehnoloogilise protsessi keskkonda muuta elektrit juhtivaks (kasutades ionisaatorit, õhunii-sutit) või maandada laengut koguvat pinda. Inimesed kannavad ESD (Electrostatic Discharge) kitlit ja ESD jalatseid, tootmises ja ladudes on ESD põrandad.

Staatilisest elektrist põhjustatud süttimisversiooni tunnused on järgmised:

- tulekahju algab plahvatusena, mille mõjul tekib põlemisprotsess põlevvedelike mahutites, tekstiilmaterjalidel, paberobjektidel jne. Plahvatus võib tekitada kahjustusi elektriseadmestikule, kus võivad tekkida lühised. Viimased võivad põhjustada uute põlemiskollete teket;
- süttimisele peab eelnema protsess, mille käigus tekkis põlevvedeliku või tolmu lokaalne plahvatusvõimelise kontsentratsiooniga ruumiline piirkond;
- süttimise piirkonnas viibinud isiku riietus sisaldab sünteetilisest materjalidest detaile;
- puuduvad, ei ole kasutusel või on riknenud staatilist elektrit neutraliseerivad ja maandavad kaitstesüsteemid ja vahendid.

PIKNE

Pikselöögi all mõistetakse välgu vahetut üleminekut ehk otsetabamust materiaalsele objektile. Pikselöögi otsene ehk primaarne kahjustav toime tuleb sellest, et välgu kanalis on temperatuur mõnikümmend tuhat kraadi ja voolutugevus umbes 100 kiloamprit. Need parameetrid põhjustavad välgu kanalis olevate voolujuhtide (metallobjektide) kuumenemist (sulamist, aurumist), põlevgaaside süttimist ning tahkete dielektriliste ainete ja materjalide purunemist ülikiiresti paisuvate gaaside (aurustunud niiskus) rõhust. Välgu kestus on väga lühike ning seetõttu ei jõua dielektrilised põlevmaterjalid harilikult kuumeneda süttimistemperatuurideni. Ülisuurte voolude kuumutatud (sulatatud) metallid on süütevõimelised kõigi põlevmaterjalide suhtes, nende süütevõime sõltub ainult metallobjecti ristlõikest ja massist. Väikese ristlõikega juhtme soon võib auruda ja isolatsioonikihist välja purskuda, ilma et isolatsioonil esineks olulisi termilisi kahjustusi (vt fotod 19 ja 20).



Foto 19. Elektrijuhtme isolatsioon pärast välgutabamust.

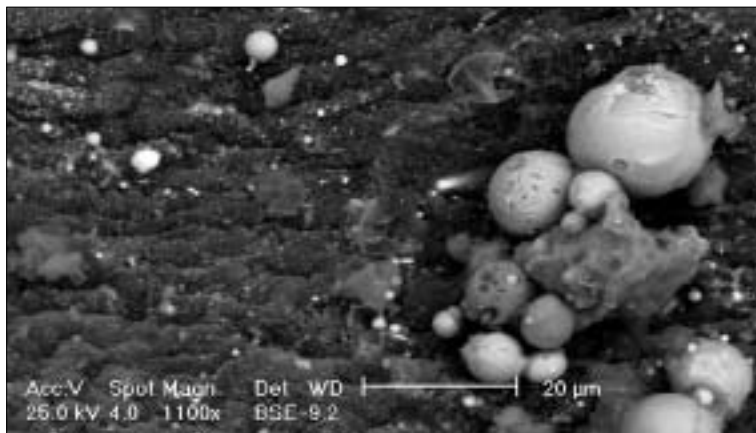


Foto 20. Juhtmesoone jäänused kaabli isolatsiooni sisepinnal elektronmikroskoobis.

Suure massiga metallobjecti ladestunud energia on piisav külgnevate põlevmaterjalide süütamiseks allajahtumise pika aja tõttu. Süttimise tõenäosus on kõige suurem piirkondades, kus metallobjectide ühenduskohtades esineb kontaktakistus ja välgu läbiminekul tekib elektrikaar, mis eraldab keskkonda vedelmetalli pritsmeid.

Kui välgu otsetabamus satub pingestatud elektrivõrku, tekivad selles kõr-

gepinge impulsid, mis kutsuvad esile isolatsioonmaterjalide läbilööke, mille-ga võivad kaasneda elektrikaar ja rikked elektriseadmestikus.

Välgutabamuse nn sekundaarne mõju on põhjustatud välgu voolu ülikii-re muutusega kaasneva elektromagnetilise induktsiooni mehhanismil suu-re geomeetrilise pikkusega omavates metallobjektides tekitatud kõrgepin-ge mõjutustest. Viimaste hulka kuuluvad välgukanali ligidusse jäävad õhu-liinid, telefoniliinid, metalltorustikud, betoonkonstruktsioonide terasarma-tuur ja nendega ühendatud seadmestik. Nendel objektidel olevate halva elekt-rilise kontaktiga osade vahel võib tekkida põlevmaterjalide suhtes süütevõi-meline elektrikaar.

Välgulöögi toimumisele viitavad sündmuskohal

- välgukanali piirides olevate terasobjektide sulamine (keskkütte radiaatorid, metallvõrk, torud);
- ilma soonteta tulest kahjustamata lõhkemistunnustega juhtmete jäänuste olemasolu tulekahju tsoonis;
- puitobjektide purunemine (lõhed piki süüd, mõnede fragmentide eraldumine).

KOKKUVÕTE

Enamik tulekahjuekspertiisidest määratakse karistusseadustiku § 203 tun-nustel alustatud kriminaalmenetlustes (asja rikkumine või hävitamine). Vii-maste aastate statistika põhjal järgnevad enam-vähem võrdselt § 205 (asja rikkumine ja hävitamine ettevaatamatusest), § 117 (surma põhjustamine ettevaatamatusest) ja § 404 (süütamine) tunnustel alustatud kriminaalme-netlustes määratud ekspertiisid. Harvemini määratakse tulekahjuekspertiis-ese tsiviilasjades ja väärteoasjades.

Tulekahjude menetlemisel on asendamatu menetlustoiming sündmus-koha vaatlus. Arvestades tulekahju sündmuskoha olustiku omadust kiiresti muutuda, tuleb vaatlus teha võimalikult kiiresti. Lisaks teeb vaatluse keeru-liseks võimalike asitõenditena kasutatavate esemete ja kuriteojälgede hävi-mine tules. Menetlejalt nõuab tulekahjude menetlemine lisaks juriidilistele teadmistele ka tehnilist ettevalmistust. Seetõttu oleks vajalik spetsialiseeru-mine, kuna tulekahjueksperti pole alati võimalik kaasata.

Tulekahjuekspertiisi määramisel peab menetleja arvestama, et mida põh-jalikumad on lähteandmed ekspertiisiülesannete lahendamiseks, seda kvali-teetsem on eksperdiarvamus.

Kasutatud kirjandus

- Eesti Energia AS koduleht www.energia.ee. Vaadatud 03.01.2013.
- Elamute elektripaigaldised. EETEL-EKSPERT TALLINN 2005.
- ELMATIK AS koduleht <http://www.elmatik.ee/index.php?sisu=Infomaterjalid&viide=Artiklid&artikkel=StaatilineElekter&lang=est>. Vaadatud 03.01.2013.
- Johan Mangs & Olavi Keski-Rehonen. Palonsyyn selvittäminen 1. Oppikirja, osa 1. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Espoo 1997.
- Karistusseadustik, vastu võetud 06.06.2001, jõustunud 01.09.2002, RT I 2001, 61, 364.
- NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations, 2001.
- A pocket guide to arson and fire investigation, 1994.
- ОСМОТР МЕСТА ПОЖАРА. Методическое пособие. МОСКВА 2004.
- ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, МОСКВА 1986.
- Tallinna Tehnikaülikooli koduleht http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/1_4_Kontakt_ ja _kontakttakistus.pdf. Vaadatud 03.01.2013.

Fotod ja illustratsioonid: Merle Paas, Meelis Toomet, Ain Krillo, Lembit Rodes

