

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Heiki Soodla

**INFRAPUNA KAAMERA KASUTUSEFEKTIIVSUS
PÄÄSTETÖÖDE SUITSUSUKELDUMISEL**

Lõputöö

Juhendaja:

Riho Sõmermaa

Tallinn 2008

ANNOTATSIOON

Käesolev lõputöö on kirjutatud teemal „Infrapuna kaamera kasutusefektiivsus päästetööde suitsusukeldumisel”. Töö koosneb 38 leheküljest, mis sisaldab 15 joonist, 2 tabelit ja 2 lisa. Töö on kirjutatud eesti keeles ning võrkeelne kokkuvõte inglise keeles. Lõputöö kirjutamisel viidati 26 allikale.

Käsitletud ainevaldkonda kajastavateks märksõnadeks on: infrapuna kaamerate näol uudse tehnoloogia kasutusvõimalused ja selle efektiivsus suitsusukeldumisel, samuti päästetöötaja tavavarustuse kirjeldus ja nõuded suitsusukeldujale ning võimekus sisetulekahju olukorras töötamiseks.

Lõputöö eesmärgiks on kirjeldada infrapuna kaamera tehnoloogiat, selle kasutusvõimalusi päästetöödel ja uurida suitsusukeldujate tegutsemisvalmidust tavavarustusega ja efektiivsuse tõusu kasutades uut tehnoloogiat- infrapuna kaamerat.

Töö on jaotatud nelja ossa. Esimeses peatükis antakse ülevaade infrapuna tehnoloogiast, selle kasutusvõimalustest päästetöödel. Teises osas käsitletakse uurimustöö metoodikat, kirjeldatakse valimit ja läbiviidavate praktiliste katsete tingimusi. Kolmandas osas antakse ülevaade sisetulekahju olukorra tingimustest, uuritakse suitsusukeldujatele esitatud nõudeid ning inimese meeleeelundite funktsioneerimise efektiivsust lähtuvalt varustusest ja keskkonna eritingimustest. Neljandas osas on toodud praktiliste suitsusukeldumise võrdluskatsete tulemused ja analüüs.

Uurimuse tulemusena selgus, et päästetöötajad, kellele on kehtestatud rida nõudeid ja tingimusi suitsusukeldujaks saamise suhtes, töötavad ebaefektiivselt tulenevalt varustuse ja sisetulekahju tingimuste eripärast. Uudse tehnoloogia kasutuselevõtt aitab oluliselt parandada suitsusukeldujate kiirust ja ohutust inimeste päästmisel. Autor on teemat käsitlenud ajakirja Häire 112 väljaandes ning ilmumas on uus publikatsioon katsete tulemustest.

Lõputöö koostamisel ja vormistamisel on kasutatud „Üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhendit”, kinnitatud SKA rektori 09.02.2007a. käskkirjaga nr 5-8/81.

Sisukord

ANNOTATSIOON	2
SISSEJUHATUS	5
1. INFRAPUNA TEHNOLOOGIA TUTVUSTUS	7
1.1. Infrapuna tehnoloogia tekkelugu	7
1.2. Infrapuna kaamera tööpõhimõte	8
1.3. Infrapuna kaamerate kasutusvõimalused	10
2. UURIMISTÖÖ PROBLEEMIASETUS JA MEETODID	13
2.1. Uurimistöö eesmärk ja ülesanded	13
2.2. Uurimismeetodid	13
2.2.1. Uurimuse läbiviimise protseduur	14
2.2.2. Valim	14
2.2.3. Praktiliste suitsusukeldumise katsete tingimused	14
2.2.4. Praktiliste katsete läbiviimise kohtade kirjeldus	15
3. SUITSUSUKELDUMINE SISETULEKAHJU OLUKORRAS	17
3.1. Ülevaade suitsusukeldumise taktikast	17
3.2. Ülevaade suitsusukeldumise tehnikast	18
3.3. Nõuded suitsusukeldujatele	19
3.4. Suitsusukelduja tavavarustuse kirjeldus	20
3.5. Suitsusukelduja füsioloogia (inimese meelelundid)	21
3.5.1. Informatsiooni omastamine kuulmismeelelundi kaudu	22
3.5.2. Informatsiooni omastamine nägemismeele kaudu	24
3.5.3. Informatsiooni omastamine kompimismeele kaudu	25
3.5.4. Tasakaalumeelelund	26
4. KATSETE TULEMUSED JA ANALÜÜS	27
4.1. Infrapuna kaamera katsed väikestes ruumides	27
4.2. Infrapuna kaamera katsed suurtes ruumides	29
4.3. Infrapuna kaamera katsete kokkuvõte	31
KOKKUVÕTE	33
VIIDATUD KIRJANDUS	34
SUMMARY	36
LISA 1. H. Soodla Infrapuna kaamera kasutaja sertifikaat	37
LISA 2. Dr Tiina Pruleri kokkuvõttev otsus kaitsevarustuse testimisest	38

SISSEJUHATUS

Eesti Vabariik on jätkuvalt tuleõnnetuste ja sellega kaasnevate hukkunute arvu poolest maailmas juhtriikide hulgas, mis paneb päästetöötajaid mõtlema olukorra parandamisele. Olukorra lahendamiseks on kaks võimalust:

1. tugevdada tuleõnnetuste ennetustööalast tegevust, mis peab olema süstemaatiline ja pidev, kuid tulemuse annab alles mõne aja möödudes;
2. parandada päästjate tõhusust ja kiirust tulekahjude likvideerimisel ja inimeste päästmisel.

Viimast saab parandada läbi pideva päästealase treeningu ja väljaõppe ning uudse tehnoloogia kasutuselevõtu ja arendamisega. Tänapäevase päästeala tehnika arengu analüüs ja pidev varustuse uuendamine on professionaalse päästesüsteemi üks põhiprintsiipe.

Tehnoloogia areneb pidevalt, uusimaks päästeala tehnika saavutuseks peetakse infrapuna kaameraid, mis oluliselt parandavad päästjate tööd. Seade edastab vajalikku informatsiooni erinevatest situatsioonidest, mida tavavarustuses päästetöötaja pole võimeline omastama. Adekvaatne, kiire ja täpne informatsioon on eduka päästeoperatsiooni peamine võtmefaktor.

Lõputöö eesmärk on tutvustada uudset infrapuna tehnoloogiat ja selle kasutusvõimalusi, millega saab parandada päästjate ohutust ja tõhustada operatiivset reageerimist. Uurimustöös kirjeldan infrapuna tehnoloogia kasutusvõimalusi, teen praktilisi katseid ja analüüsin saavutatud tulemusi seadme kasutamisel.

Lõputöö hüpotees on püstitatud infrapuna kaamera kasutamise efektiivsuse valdkonda. Inimene omastab normaalselt nägemismeele kaudu kuni 90% informatsiooni väliskeskkonnast. Päästetöötajad, kes teostavad suitsusukeldumist, peavad olema füüsiliselt ja psüühiliselt väga heas vormis, kuid tavavarustuses suitsusukelduja suudab omastada töökeskkonnas informatsiooni minimaalsel tasemel, kus toimivad piiratud nägemis-, kompimis- ja kuulmismeel.

Lõputöös tõestan läbi praktiliste katsete, et tavavarustuses suitsusukelduja on ebaefektiivne, samas uudse tehnoloogia kasutuselevõtt tõstab oluliselt päästetöötaja võimekust, ohutust ning kokkuvõtteks suureneb päästetööde operatiivsus.

Autoril tekkis huvi infrapuna kaamerate tehnoloogia vastu Jaapanis, õppides Osaka Tuletõrjeakadeemias 2004a. kus omandas ka vastava väljaõppe. Tänapäevaks on käesoleva töö autor sertifitseeritud infrapuna kaamera kasutaja (Lisa 1).

Töö autorina täna SKA päästekolledži Päästekooli SP X õppegrupi õpilasi, kes osalesid praktilistel katsetel, käesoleva uurimustöö valmimiseks adekvaatsete tulemuste saavutamisel.

Infrapuna kaamera testimisel ja tulemuste analüüsil lähtuti erapooletusest, seega ei esindata ühegi kommertsliku ettevõtte huve.

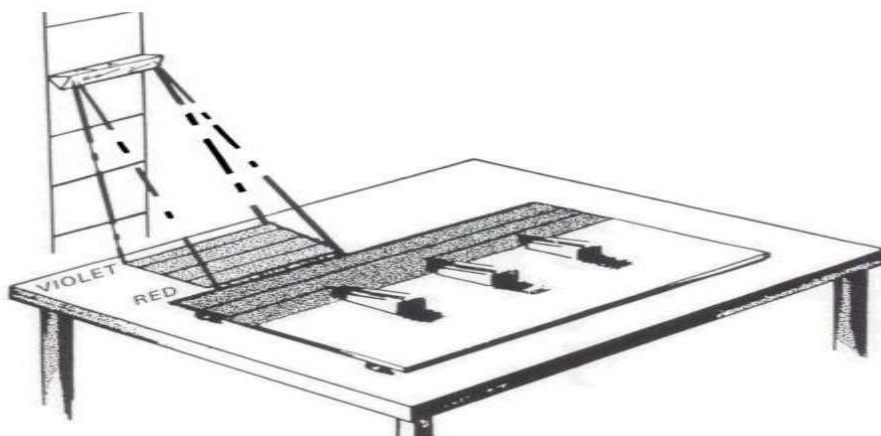
1. INFRAPUNA TEHNOLOOGIA TUTVUSTUS

Infrapuna tehnoloogiana tunneme infrapuna kaamerate (*infrared camera*, edaspidi IR kaamerate) kasutamist mitmesuguste objektide termopildi ehk soojuspildi valmistamiseks ning nende temperatuuride mõõtmiseks (Schlessinger 1995: 2).

Nimi *infra* tuleneb ladinakeelsest sõnast tagapool, seega *infrared* tähendab tagapool punast (*Infrared (IR) radiation* <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared> 04.11.2007).

1.1. Infrapuna tehnoloogia tekkelugu

Astronoom Sir. William Herschel avastas infrapunakiirguse 1800a., ta ehitas oma teleskoobi ja oli tuttav läätsede ja peeglitega. Teades, et päikesevalgus sisaldab kõiki värvispektreid ning need olid ainult soojuse osad, tahtis Herschel teada milline värv on vastav kuumadel objektidel. Selleks tegi astronoom eksperimendi kirjutuslaual (joonis 1), kasutades prisma, paberirulli ja termomeetrit, millega mõõtis erinevate värvide soojust. Päikesevalgus paistis läbi prisma, tekitades selliselt värvigamma lillast punaseni. Teadlane avastas, et kõrgem temperatuur asetses tegelikult punasest valgusest tagapool. Selline kuumuskiirgus polnud inimsilmale nähtav. Herschel defineeris selle nähtamatu soojuskiirguse *calorific rays*. Tänapäeval tunneme seda nähtust infrapuna kiirgusena. (Schlessinger 1995: 1)



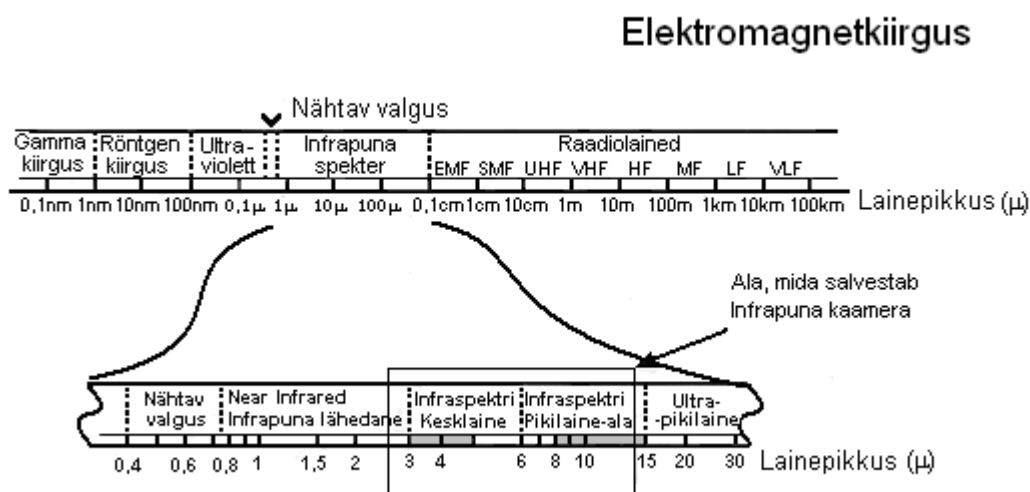
Joonis 1. Hercheli eksperiment infrapuna kiirguse avastamisel

Allikas: Infrared Technology Fundamentals

1.2. Infrapuna kaamera tööpõhimõte

Termovisioon on esemelt kiirgunud või peegeldunud soojusest saadud tuletis meile nähtavaks kujutiseks või pildiks. Termopilt on analoog ehk visualisatsioon mingi kindla objekti temperatuuri erinevustest.

Iga keha, mille temperatuur on üle absoluutse nulli (-273 °C), kiirgab soojusenergiat. Soojuskiirguse lainepikkus on valdavas osas suurem kui nähtava valguse lainepikkus. Seetõttu nimetatakse soojuskiirgust ka infrapuna kiirguseks- ta asub kiirguse spektris punasest valgusest tagapool (joonis 2). IR kaamera tööpõhimõte seisneb objektilt kiirgunud soojusest termopildi ehk inimsilmale nähtava pildi loomises. (Schlessinger 1995: 4)



Joonis 2. Elektromagnetkiirguse spekter

Allikas: Infrared Technology Fundamentals

Infrapuna lained jaotatakse neljaks spektri osaks:

I: Lähedane infrapunale 0,7-1 mikronit (see on lähim ala nähtava valguse spektrialale)

II: Lühilaine 1,0 - 2,5 mikronit. Mõlemad antud elektromagnetkiirguse spektri alad tuginevad päikesekiirguse reflektioonile (peegeldusele) ja on kasutuskõlblikud vaid päikesevalguses või sundvalgustuse korral.

III: Keskline (ka osa lühilainest) mis on 3 - 5 mikronit, kannab kiirgust mis lähtub objektidelt ja võimaldab seda kasutada täielikus pimeduses või ka päevavalguses. Sellist laineala kiirgavad tavaliselt objektid, mis on kõrge temperatuuriga, näiteks sooja vee boilerid, sulatusahjud, mida on võimalik erinevate filtrite kasutamisel monitoorida.

IV: Pikilaine 8 - 14 mikronit on omane objektidele, mis tavaliselt on kasutusel tööstuses ja ehituses. (Henini 2002: 6-7)

Pääste- ja militaarrakendustes on põhiline eesmärk objekti avastamine. Valdavalt kasutatakse lühilaine IR kaameraid, mis on tehtud maksimaalselt lihtsalt kasutatavateks.

Tsiviilrakendustes on tavaliselt vaja peale objekti või probleemi avastamise ka temperatuuri mõõta. Sellist rakendust nimetatakse infrapuna termograafiaks ning kasutusel on temperatuuri mõõtmist võimaldav e. raadiomeetriline kaamera. (Bullard Thermal Imaging http://www.bullard.com/thermalimager/select_buy/index.shtml 08.11. 2007)

Termograafia on olnud kasutusel pikka aega, juba kuuekümnendatel aastatel olid olemas termoviisorid, mida kasutati sõjalisel otstarbel, peamiselt öövaatlusseadmena. Kasutati ka laboratoorseid seadmeid soojusemissiooni detektsiooniks erinevatelt objektidelt. Paraku oma suuruse ja kõrge hinnaklassi poolest ei leidnud need laialdast levikut tööstuses ega ehituslikus vallas.

Termograafia optika. Enamus materjale on läbipaistmatud kesk- ja pikilaine infrapuna spektri suhtes, sealhulgas ka klaas ja vesi. Samas optilised materjalid, nagu germaanium ja mõned teise eksootilised materjalid nagu: tsink-sulfiid, tsink-seleen, magneesium-fluoriid on võetud infrapuna tehnoloogias kasutusele, kuna nad on transparentsed (läbipaistvad) soojuskiirguse lainepikkuse suhtes. Oma omaduste tõttu on need materjalid suhteliselt kallid. Mõnedes madalama klassi kommertslikes IR kaamerates on kasutusele võetud liitmaterjalid, alandamaks toote hinda, kuid seda kvaliteedi arvelt. Enamus sõjaväelisi termoviisoreid kasutavad "kaetud" germaaniumi ja optilist suurendust digitaalse asemel. (Henini 2002: 59-61).

Viimase paari aasta jooksul on toimunud suured muutused termovisiooni tehnoloogias. Elektroonika miniatuurseks muutumine on võimaldanud ehitada järjest väiksemaid ja efektiivsemaid kaameraid, tehes nende kasutamise lihtsamaks ja mugavamaks.

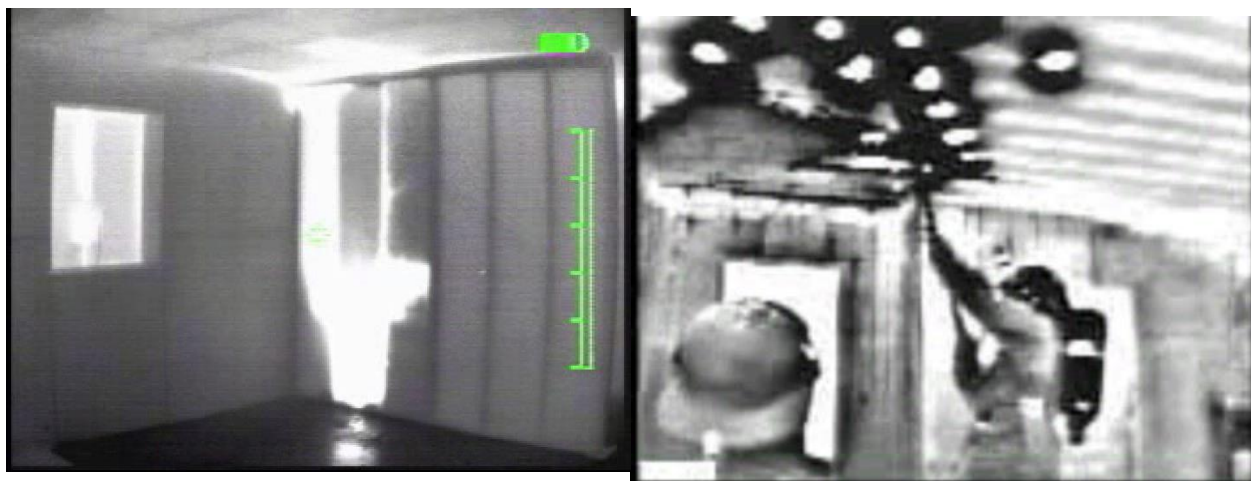
1.3. Infrapuna kaamerate kasutusvõimalused

Tulekolde asukoha ja suuruse määramine

Tulekahjudel on võimalik IR kaamera kaasabil hõlpsasti ja kiirelt avastada tulekolde asukoht, hoides kokku väärtuslikku aega ning õigesti määrata otsustavad rünnakusuunad. Inimsilm näeb nähtavat valgust ja sellest tulenevalt pole võimeline adekvaatselt tulekolde asukohta määratlema, tingituna põlemisega kaasnevast suitsust, mis võib olla levinud terve hoone ulatuses. Olenevalt hoone ehitusmaterjalidest võimaldab IR tehnoloogia kasutamine sageli avastada tulekolde asukoha isegi hoonesse sisenemata. (Bastian: december 2004)

Ründav kustutustehnika

Päästealal kasutatavad IR kaamerad on kõrge temperatuuritaluvusega, seega võimaldab kõnealune tehnoloogia avastada hoones olevad tulepesad kiirelt ja turvaliselt (joonis 3). Seadmega on võimalik tuvastada tulekahju rünnakuagekse ventileerimise asukohad, saades täpsemad luuretulemused tulekolde asukoha ja kuumadest, rikastest ning süttimiskõlbulikest põlemisgaasidest. (Bastian: april 2004)



Joonis 3. Tulepesade avastamine IR kaameraga

Allikas: Jonathan Bastian, december 2004, SOGs for Thermal Imagers

Päästjate turvalisuse tagamine

IR kaamera võimaldab päästjate turvalisuse tagada kahel põhilisel viisil. Esiteks võimaldab tulekahju olukorras jälgida hoone kandvate konstruktsioonide vastupidavust, ennetades

aegsasti varinguohte. Teiseks avastada avausi põrandas, tuvastada rõhu all olevad ohtlikke gaasiballoone, ennetada põlemisgaaside plahvatuse ohtu. (Bastian: march 2003)

Otsimine ja päästmine

Sisetulekahju arengule omases nullnähtavusega ruumides on IR kaamera asendamatu töövahend, mis võimaldab päästjatel informatsiooni hankida ümbritsevast keskkonnast normaalse nägemismeele kaudu, parandades oluliselt kannatanute päästmise võimalusi ja kiirust. (Bastian: april 2004)

Päästetööd liiklusvariidel

Liiklusvariidel on IR töövahendiga võimalik tuvastada auto istmetele akumulereunud soojus, millega saab kindlaks määrata õnnetuse hetkel sõidukis viibinud inimeste arv või avastada tõhusamalt avarii hetkel sõidukist väljapaiskunud kannatanuid (joonis 4). Võimalikud kütuste, õlide lekked on IR seadmega kergemini tuvastatavad (Bastian: may 2004).



Joonis 4. Õnnetusel kadunud inimese avastamine IR kaameraga

Allikas: Jonathan Bastian, Non-Fire Searches with the Thermal Imager, Get the Picture, 01.12.04.

Õnnetused ohtlike ainetega

IR kaamera ei ole otseselt seotud ohtlike ainetega toimunud õnnetuste likvideerimisega, samas saab paremini tuvastada mahutite, vaatide jms. sisu. Tehnoloogia võimaldab kaugel maa tagant kindlaks teha vedelike taset anumates ning veekogusse lekkinud reostuse ulatust määrata.

(Bastian: january 2004).

Päästjate treeningud

IR kaamera võimaldab päästjate suitsusukeldumise treeningprotsessis anda paremat tagasisidet tulemustest, kasutades seadme lisavarustust, mis võimaldab tegevusi salvestada. Kogenematud õpilased saavad treenida ohutumalt instruktori valvsa pilgu all, sest kaamera võimaldab treeningprotsessi jälgida ka nullnähtavusega sisetulekahju simulaatorites (joonis 5). (Bullard Thermal Imager Training CD:2005)



Joonis 5. Päästjate tegevus treeningutel suitsu- ja põlemisgaasidega täidetud keskkonnas
Allikas: Bullard Thermal Imager Training (2005). Directed by Leta.

Muud kasutusvõimalused

Kaamera muud kasutusvaldkonnad on üsnagi piiramatud, kuna seadmega on võimalik tuvastada, otsida, mõõta, avastada kõikvõimalikke objekte, mis on vähemal või rohkemal määral seotud soojuste ehk elektromagnet kiirgusega.

Koostöös politseiga on USA päästjad tuvastanud narkootiliste ainete kasvahoone kurjategijate keldrist. (Bastian: november 2004)

2. UURIMISTÖÖ PROBLEEMIASETUS JA MEETODID

2.1. Uurimistöö eesmärk ja ülesanded

Käesoleva uurimuse eesmärgiks on välja selgitada suitsusukeldumise teenuse tõhususe ja turvalisuse tõusu, kasutades lisaks tavavarustusele uudset tehnoloogiat- IR kaamerat.

Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgnevad ülesanded:

1. Selgitada välja suitsusukelduja töökeskkond, tulenevalt sisetulekahju arengu, kustutamise tehnika ja taktika eripäradest;
2. Selgitada välja sisetulekahju olukorras suitsusukelduja funktsioneerivate meeleeelundite tõhusus füsioloogilisest aspektist ja vastavalt varustuse eripärale;
3. Selgitada välja suitsusukelduja töö tõhusus sisetulekahju olukorras, kasutades kohustuslikku tavavarustust ja IR kaamerat.

Eelnimetatud ülesannete osas püstitatakse järgmised hüpoteesid:

1. Sisetulekahju arengu eripärast ja kustutamise tehnikast ja taktika eripärast tulenev töökeskkond on eluohtlik;
2. Suitsusukelduja meeleeelundid informatsiooni hankimiseks väliskeskkonnast on tugevalt häiritud sisetulekahju arengu, kustutamise tehnika ja taktika ning varustuse eripärast tulenevalt, mistõttu päästmise võimalused on ebaefektiivsed. Probleem on võimalik lahendada uudse tehnoloogia (IR kaamera) kasutuselevõtuga.

2.2. Uurimismeetodid

Uurimusmeetodina kasutab käesoleva lõputöö autor esmaseid andmeallikaid (praktilisi katseid ja meditsiinilisi teste) ja teisest analüüsi (olemasoleva informatsiooni töötlemist) ehk kirjutuslaua uuringut.

2.2.1. Uurimuse läbiviimise protseduur

Olemasoleva informatsiooni töötlemisel selgitatakse välja sisetulekahju arengu protsessid, sellest tulenevad eripärad. Samuti päästetöötajate sh. suitsusukeldujatele kehtestatud nõuded ning reaalsed päästmise ja hoonete sisetulekahjude kustutamise võimalused ja efektiivsus kasutades tavavarustust.

Meditsiinilised testid on tehtud suitsusukelduja kuulmislanguse väljaselgitamiseks, kasutades kohustuslikku kaitsevarustust. Testi vajadus on tingitud asjaolust, et päästetöötajatele tehakse küll süstemaatiliselt tervisekontrolli, sealhulgas kuulmistesti, kuid oletatavalt pole keegi testinud suitsusukeldujate kuulmislangust tulenevalt kohustuslikust kaitsevarustusest (eririietus, töötav hingamisaparaat).

Praktilistel katsetel suitsusukelduja kohustusliku varustuse ja IR kaameraga tuuakse välja päästmisvõimaluse efektiivsus töötamaks uudsema tehnoloogiaga sisetulekahju olukorras. Katsete eesmärk on saada üldpilt IR kaamera tõhususest ja efektiivsusest suitsusukeldumisel, tõestamaks selle vajalikkust päästjate töövahendina (varustuse osana).

2.2.2. Valim

Valimi moodustavad Sisekaitseakadeemia päästekolledži päästekooli päästealaspetsialisti eriala õppegrupi SP X õpilased, kes on eelnevalt läbinud suitsusukeldumise teoreetilised ja praktilised tunnid ning IR kaamera kasutuskoolituse. Nende võimeid on hinnatud positiivselt. Valitud õpilased omavad staaži päästeteenistuses päästjana töötamisel 3- 10 aastat ja vastavad suitsusukeldujatele kehtestatud nõuetele.

Selgitamaks üldpilti Eesti päästjate tasemest on katsealused omakorda valitud neljast erinevast regionaalsest päästekeskusest, kus nad ka reaalselt töötavad.

2.2.3. Praktiliste suitsusukeldumise katsete tingimused

Praktilisi katseid sooritatakse kokku kakskümmend neli, mida teostavad kaheksa päästjat. Päästjad jagunevad omakorda paarideks, seega iga paar teeb kolm erinevat tüüpi katset kahel objektil - väikestes ruumides ja suurtes ruumides.

Katsete tüübid:

1. Etteantud ruumide läbiotsimine ideaalse nähtavuse tingimustes. (saavutatakse kontrollaeg)
2. Etteantud ruumide läbiotsimine simuleeritud sisetulekahju tingimustes (mürgised suitsu- ja põlemisgaasid), nähtavus olematu, kasutatakse suitsusukelduja tavavarustust.
3. Etteantud ruumide läbiotsimine simuleeritud sisetulekahju tingimustes (mürgised suitsu- ja põlemisgaasid), kasutades infrapuna kaamerat *Bullard T 4 Extreme* ja suitsusukelduja tavavarustust.

Harjutuse kontrollaeg ehk maksimaalne efektiivsus ruumide läbiotsimiseks saadakse praktilise katsega, kus päästjad otsivad ruumid läbi ilma segavate faktoriteta, kasutades kõiki meeleelundid 100%- liselt (ruumis olemas nähtavus, puuduvad sisetulekahjule omane kõrge temperatuur ja mürgised gaasid).

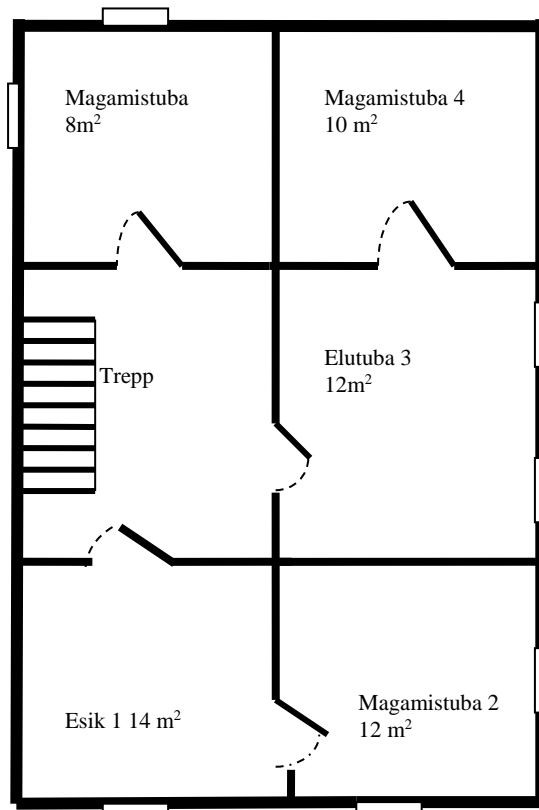
Järgnevalt püstitatakse ülesanne ruumide läbiotsimiseks ja võimalike kannatanute leidmiseks kasutades suitsusukelduja tavavarustust. Kolmandaks ülesandeks on otsimisharjutused IR kaamera kasutamiseks.

Ruumides liikumisel kasutatakse päästjate võtteid - liigutakse madalal, ruumid otsitakse läbi süsteemselt. Aeg fikseeritakse simuleeritud kannatanu leidmisel. Tõepärasema pildi saavutamiseks kasutatakse katsekohana sisetulekahju maja, kuhu luuakse reaalse sisetulekahju olukorraga sarnased tingimused.

2.2.4. Praktiliste katsete läbiviimise kohtade kirjeldus

Praktilised katsed äikestes ruumides viiakse läbi Sisekaitseakadeemia päästekolledži päästekooli õppeväljakul sisetulekahju majas, mis on spetsiaalselt ehitatud suitsusukeldumise harjutuste tegemiseks reaalse tulekahju olukorrale sarnases keskkonnas. Simulaator on ehitatud 2003 aastal ning pidevalt täiustatud eesmärgiga luua reaalsemad tingimused harjutuste läbiviimiseks. Kõrge temperatuur (kuni 500c) köetakse hoonesse võimsa 150 kw maagaasil töötava katla abil. Tulekolded simuleeritakse spetsiaalsetes alustel, põletades puitmaterjali või vedelkütust. Sisetulekahju olukorrale omane tihe suits tekitatakse spetsiaalsete suitsugranaatidega SU100 (Suitsugranaat SU100 kasutusjuhik 2004).

Hoone on ehitatud neljast merekonteinerist mõõtmetega 12 x 2,35 x 2,38 meetrit, millest on ehitatud kahekorruline elamuosa, ja kahest merekonteinerist mõõtmetega 6x 2,35 x 2,38 meetrit, mis moodustavad garaaži osa. Hoonel on viilkatus, mis katab kogu hoonet. Praktilised katsed väikestes ruumides viiakse läbi tulekahjusimulaatori teisel korrusel olevates eluruumides (joonis 6). (Sisetulekahju maja projekt: 2003)



Joonis 6. Sisetulekahju maja teine korrus.

Allikas: Sisetulekahju maja projekt 2003a. SKA päästekolledži päästekool

Suurte ruumide praktiliste katsete kohaks on SKA päästekolledži päästekooli kaks suuremat õppeklassi. Ruumide suuruse valikul lähtus autor kriteeriumist, et erinevalt väikestest ruumidest ei kataks päästjate haardeulatus otsimisel ruumi mõlemat seinat, mis otseselt määrab mehaanilise otsimise efektiivsuse ja kiiruse suitsusukeldumisel. Päästekooli õpperuumidesse lastakse katsete ajaks sisse tihe suits, mis tekitatakse suitsugeneraatoriga ZR 33- MASS.

3. SUITSUSUKELDUMINE SISETULEKAHJU OLUKORRAS

3.1. Ülevaade suitsusukeldumise taktikast

Suitsusukeldumine on päästetöödel hingamisaparaadis sisenemine suitsu ja põlemisgaasidega täidetud keskkonda eesmärgiga päästa inimesi ja vara ning teha teisi vajalikke päästetöid (Päästetööde suitsusukeldumise eeskiri § 1; RTL 2004, 100, 1599).

Suitsusukeldumine ja hoone sisetulekahju kustutamine kui teadus on maailmas väga noor ala. Rootsised olid esimesed, lausa pioneerid, Euroopas, kes hakkasid sisetulekahju probleemidega tegelema 70- ndatel aastatel. Töötati välja esimesed sisetulekahju simulaatorid, kus õpiti hoone tulekahju kustutama seestpoolt, kasutades vastavat spetsiaalvarustust. Neid rootslaste idee järgi merekonteineritest ehitatud simulaatoreid on tänapäeval palju Euroopa ja USA treeningkeskustes. Simulaator on oma olemuselt geniaalselt lihtne ja töökindel ning annab suhteliselt reaalse pildi sisetulekahju olukorrast. Samal ajal hakati arendama ka sisetulekahju taktikat, esmalt siis simulaatorite peal. Rootsised leidsid peale testide tulemust, et kõige ohutum on ventilatsioonivaba tulekustutusrünnak (ingl. *antiventilation tactics*) suitsusukeldumisel. Selleks arendati välja kindlad meetodid põlemisgaaside jahutamiseks ning hapniku pealevoolu piiramiseks tulekoldesse. (Grimwood: 2005, 45- 49)

Umbes samal ajal hakati ka USA päästesüsteemis tegelema tõsiselt sisetulekahjude teemaga. Ameeriklased seevastu arendasid välja samaaegse ventilatsiooniga sisetulekahju rünnaku taktika, kasutades suitsusukeldumise ajal võimsaid ülerõhuventilaatoreid, mis taastavad ruumi nähtavuse ning eemaldavad ruumist põlemisgaasid. Operatsiooni õnnestumine on riskantne, kuna hoonesse pumbatakse välisõhku, mis iseenesest sisaldab põlemiseks vajalikku hapnikku. Paraku on just selle taktika vigade tõttu hukkunud palju päästetöötajaid, kuna ülerõhulise kustutusrünnakuga samaaegne ventilatsioon on tundlik inimlikele eksimustele. 80- ndatel proovisid ka rootsised USA kustutustaktikat, kuni toimus võimas plahvatus (tagasitõmme- ingl. *Backdraft*), hiljem päästetöötajate turvalisust

silmas pidades ülerõhulist suitsusukeldumise rünnakut Rootsis ei kasutata. (Grimwood: 2005, 17-21)

Seega hetkeolukord suitsusukeldumise taktikat silmas pidades on selline, et Euroopa on üldjuhul, mõningate eranditega, ventilatsioonivaba suitsusukeldumise taktikaga ning USA on ülerõhulise ventilatsiooniga suitsusukeldumise taktika pooldaja ja arendaja. Eestis kasutatakse Saaremaal USA taktikat, mille eeliseks on kiire ja efektiivne kustutusrünnak, mis on tingitud ülerõhuventilaatorite poolt eemaldatud suitsu- ja põlemisgaasidest ning sellega tagatud nähtavusest.

Mandri Eestis on üldjuhul kasutusel ventilatsioonivaba suitsusukeldumise taktika.

3.2. Ülevaade suitsusukeldumise tehnikast

Suitsusukeldujad peavad olema nii füüsiliselt kui ka psüühiliselt heas vormis, sest töötada tuleb väga rasketes ja ebainimlikes tingimustes. Töökeskkond on ümbritsetud kõrge temperatuuri, plahvatusohtlike ja mürgiste gaasidega. Sisetulekahju olukorras tõuseb ruumi temperatuur kuni 800 °C. Arvestades tänapäeva sünteetilisi materjale ruumis, siis erinevaid mürgiseid ühendeid õhus on üle 600. Tuntumaid ühendeid on vingugaas, vähemtuntud-sinihape. (Malmsten 1997: 25, 78)

Suitsusukeldujad saavad nii kõrge temperatuuriga keskkonnas töötada tingimusel, et nad liiguvad maadligi, lausa käpukil. Temperatuuri erinevused ruumis on suured, kõikides 100 kuni 800 °C vahel vastavalt kõrgusele. Tuletõrjajate töökeskkond jääb kuni 200 °C piirimaile ning kõrgemal temperatuuril hakkab varustus juba sulama. (Hyttinen 2000: 161-170)

Päästja kaitseriietus on mitmekihiline ning üheks kindlaks funktsiooniks on soojuskiirguse isoleerimine, millega takistatakse selle tungimist tuletõrjaja kehapiinnale. Kui kehatemperatuur tõuseb üle 43°C, siis on tõenäoline kuumusstressi teke. Sellises seisundis inimene ei suuda adekvaatselt mõelda, tunneb uimasust ja tugevat väsimust. Hiljem võib tekkida kõhulahtisus, iiveldus või koguni teadvuse kaotus. (Hyttinen: 1986)

Pikaajalisel töötamisel tulekoldes on kehatemperatuuri tõus vältimatu, seetõttu tuleb teha pidevaid puhkepause, tõstes selliselt töövõimet (Grimwood: 2005, 366).

Päästja kaitseriietuse üks olulisemaid komponente on Gore- Tex kiht, mis takistab kustutusvee tungimist kehapiinnani ning samas juhib kehast erituvat niiskust välimistesse

kihtidesse. Kõik see on võimalik tänu materjali pooridele, mis on 20 000 korda väiksemad kui veetilk, samas piisavad veeauru läbitungimiseks, mis põlemisgaaside jahutamisel on vältimatu. (Suurkivi jt: 2000, 15,17)

Suitsusukeldumise rünnaku üks põhifunktsioone sisetulekahju korral on põlemisgaaside jahutamine, hoides neid plahvatuslikult süttimast. Temperatuuri alandamine toimub pihustatud joaga, tekitades selliselt hulgaliselt veeauru, mis iseenesest on juba ohtlik päästetöötajale. Päästja riietus veeauru kinni ei pea, Gore- Tex kiht laseb vabalt kuuma veeauru osakesed riidest läbi, mistõttu põletused pole tuletõrjujatel harv juhus.

Peale kõikide nende ohtude ümbritsevad päästjat veel juhuslikud ohud:

- varingud;
- gaasiballoonid;
- kodukeemia, mis tulekahju olukorras võivad muutuda plahvatusohtlikeks näit. juukselakiballoonid. (Grimwood: 2005, 203- 209)

3.3. Nõuded suitsusukeldujatele

Päästeteenistujate mõiste on toodud Päästeteenistuse seaduses § 3. Need on isikud, kes on tööle võetud päästeasutusse päästeseaduses sätestatud päästeala tööde juhtimiseks, korraldamiseks või tegemiseks. (RT I 15.02.2008,8,57)

Haridusnõuded on kehtestatud päästeteenistujale ametinimetuste lõikes, kus kohustuslik on vähemalt keskharidus. Põhiharidusega päästeteenistuja võib töötada päästeasutuses Päästeameti peadirektori eriloal.

Lisaks keskharidusele peab päästja omama päästealast kutseharidust või vastama vähemalt Päästja I kutsestandardile. (Päästeteenistujate ja päästetöödel lepingu alusel osalevate isikute kutsesobivusnõuded, sealhulgas hariduse-, ja füüsilise ettevalmistuse ja tervisenõuded RTL 18.03.2008,21,318)

Suitsusukeldumist võib teostada päästeasutuse juhi käskkirja alusel hingamisaparaadis tööle lubatud päästeteenistuja, kes on:

- 1) läbinud terviseseisundi kontrolli vastavalt sotsiaalministri poolt kehtestatud korrale;

- 2) sobiv sellele tööle oma psüühiliste omaduste poolest ja on sooritanud füüsilise ettevalmistuse kontrollkatsed vastavalt siseministri poolt kehtestatud korrale;
- 3) läbinud Päästeameti peadirektori poolt kinnitatud suitsusukeldumise väljaõppe programmi. (Päästetööde suitsusukeldumise eeskiri: 2000, RTL 2004, 100, 1599)

Töötaja perioodilist tervisekontrolli tehakse kuni 45 aasta vanuseni iga kolme aasta järel, üle 45 aasta vanusele töötajale üks kord aastas. Arstil on töötaja tervise seisundist lähtudes õigus muuta töötaja tervisekontrolli sagedust. Töötaja tervisekontrollile saatnud asutus võib muuta toimumise sagedust vastavalt töötaja või vahetu ülemuse põhjendatud taotluse alusel.

Füüsilise ettevalmistuse kontrollkatsed viiakse läbi enne tööle asumist ja edaspidi üks kord aastas päästeasutuse juhi käskkirjaga määratud ajal. Katsed on eraldi neljas vanusegrupis: 18–30-aastased, 31–40-aastased, 41–50-aastased ning 51-aastased ja vanemad. Tuleb kasutada korras ja ohutut spordiinventari ning sooritatakse vähemalt kahe korraldaja/abistaja juuresolekul. (Päästeteenistujate ja päästetöödel lepingu alusel osalevate isikute kutsesobivusnõuded, sealhulgas hariduse-, ja füüsilise ettevalmistuse ja tervisenõuded RTL 18.03.2008,21,318)

Suitsusukeldumise väljaõppe 40 tunnine miinimumprogramm on kinnitatud 14. aprill 2000.a Päästeameti peadirektori käskkirjaga nr 26. Sisaldab 22 praktilist ja 18 teoreetilist õppetundi, millest läbivad teemad on:

- 1.) Sisetulekahju areng;
- 2.) Suitsusukelduja füsioloogia;
- 3.) Hingamisaparaadi kasutamine;
- 4.) Otsimise ja sukeldumise tehnika;
- 5.) Sisetulekahjusimulaatori harjutused. (Päästeameti peadirektori käskkiri: 2000)

3.4. Suitsusukelduja tavavarustuse kirjeldus

Suitsusukelduja kohustuslik varustus jaguneb vastavalt kasutusotstarbe ja tähtsuse poolset isikukaitse- ja lisavarustuseks:

1. Isikukaitsevarustus (kaitseriietus), mille alla kuulub
 - 1) tulekustutusriietus;

- 2) tuletõrjekiiври sukk;
- 3) tuletõrjekiiвер;
- 4) tuletõrjekindad;
- 5) tuletõrjesaapad;
- 6) tuletõrjevöö ja -karabiin (või vastavad rakmed).

2. Hingamisaparaat, mis peab olema hingamiselundite kaitseks täismaskiga suruõhuaparaat, millel on maski hermeetilisuse kaotusele reageeriv automaatne väljastava õhuhulga regulaator ja õhutagavara lõppemisest eelsignaali andev hoiatusseade. Erijuhtudel, kui suruõhuhingamisaparaadi tööaeg ei võimalda ülesannet täita, võib päästetööde juhi korraldusel kasutada hapnikuaparaati.

3. Lisavarustus, mis on kohustuslik suitsusukeldujate paarile suitsusukeldumisülesande täitmisel on:

- 1) kandelamp;
- 2) lammutusvahendid;
- 3) survestatud tööliin või muu kustutusvahend;
- 4) voolikuremm;
- 5) tuletõrjenõör;
- 6) raadiosidevahendid. (Päästetööde suitsusukeldumise eeskiri: 2000, RTL 2004, 100, 1599)

3.5. Suitsusukelduja füsioloogia (inimese meeleelundid)

Meeleelundid on väliskeskkonnast ja organismist tulevaid ärritusi vastuvõtvad elundid, mis on kohastunud füüsikaliste või keemiliste ärrituste vastuvõtuks. Neid jaotatakse nägemis-, kuulmis-, tasakaalu-, maitsmis-, haistmis- ja kompimiselundeiks.

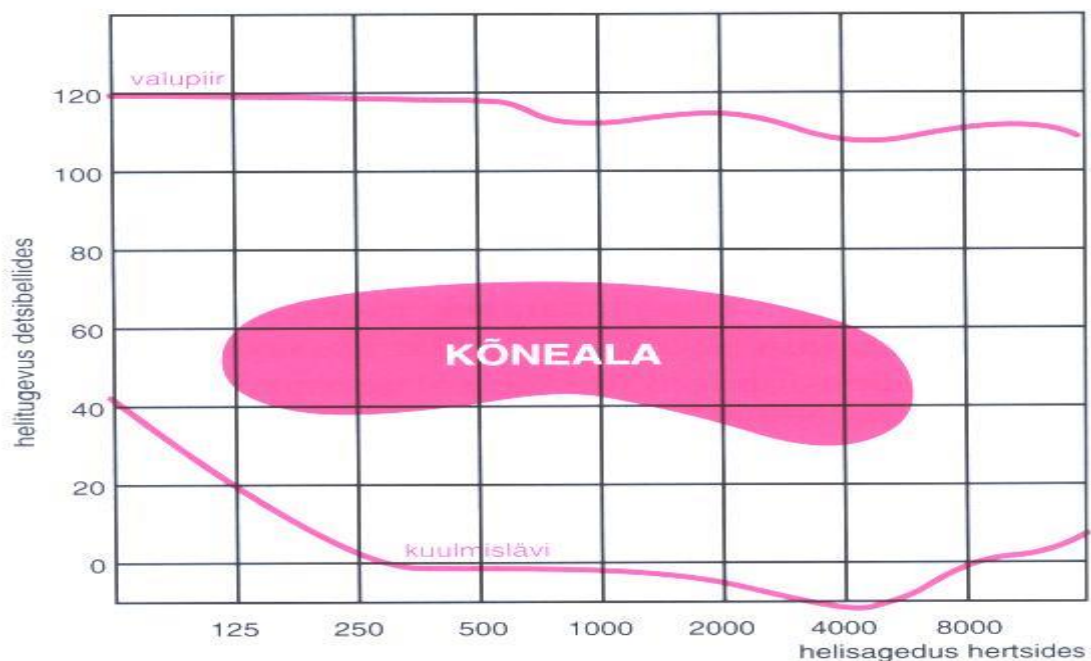
Nende tundlikkus ja adaptatsioon on erisugune. Ärritus kandub erutusena meeleelundite tunderakkudest suurajukoore projektsioonikeskusesse. Need kattuvad osaliselt, olles närviteede kaudu omavahel ja efektoorse elunditega (refleksikaare lõppelunditega) ühenduses. Meeleelunditega saadud teabe analüüsi põhjal tekivad aistingud ja tajud. Meeleelundite talitlus võimaldab organismil keerukais keskkonnaoludes kohaneda. (Nienstedt jt: 2001: 485- 505)

Järgnevalt toob autor välja suitsusukeldujal sisetulekahju olukorrast funktsioneerivate piiratud meeleeelundite töö, tulenevalt varustuse ja keskkonna eripärast.

3.5.1. Informatsiooni omastamine kuulmismeeleelundi kaudu

Kuulmiselundid (kõrvad) on suure tundlikkuse ja kiire reageerimise tõttu võimelised vastu võtma ja eristama rohkelt informatsiooni. Kuulmise abil tajume hääli läbi helilainete võnkumise sagenemise ja harvenemisega, mis seejärel mõjutavad sisekõrva helireseptoreid.

Inimese kõrvaga helina tajutav madalaim võnkesagedus - alumine kuulmiskiir - on u. 16-20 Hz, ülemine kuulmiskiir ulatub noortel 20 000 Hz-ni, vanaduses alaneb (isegi alla 10000 Hz-ni). Suurim kuulmiseravus (joonis 7), on inimesel 1000 - 5000 Hz piires, see näitab kohastumist kõnehääles domineerivate helisagedustega (~ 300 - 3500 Hz). Inimese kuulmiseravuse uurimiseks kasutatakse kliinilises diagnostikas lihtsaimal juhul erikõrguse ja muudetava tugevusega helisignaale (sosinkõne, helihargiga tekitatud toon). Üksikasjalisemaid andmeid kuulmise kohta saab audiomeetri abil. (Nienstedt jt: 2001: 505-510)



Joonis 7. Inimese kuuldepiirkond. Ristteljel on helinakõrgus ehk võngete arv, mida väljendatakse võngetes sekundites ehk hertsides. Ordinaatteljel on helitugevus

detsibellides. Ordinaattelje skaala lähtekohaks on kuulmislävi 1000 hertsi juures. Punane ala kujutab kõnehelides esinevaid tavalisimaid helisagedusi ja tugevusi.

Allikas: (Nienstedt jt: 2001: 510)

Tulenevalt kaitsevarustuse eripärast võib suitsusukeldujal esineda tugevaid häireid ehk kuulmislangu. Kuulmist segab hingamisaparaadi müra ning helilainete levimist piirab kiiver ning selle alune sukk (Soodla: 2007, 16-17).

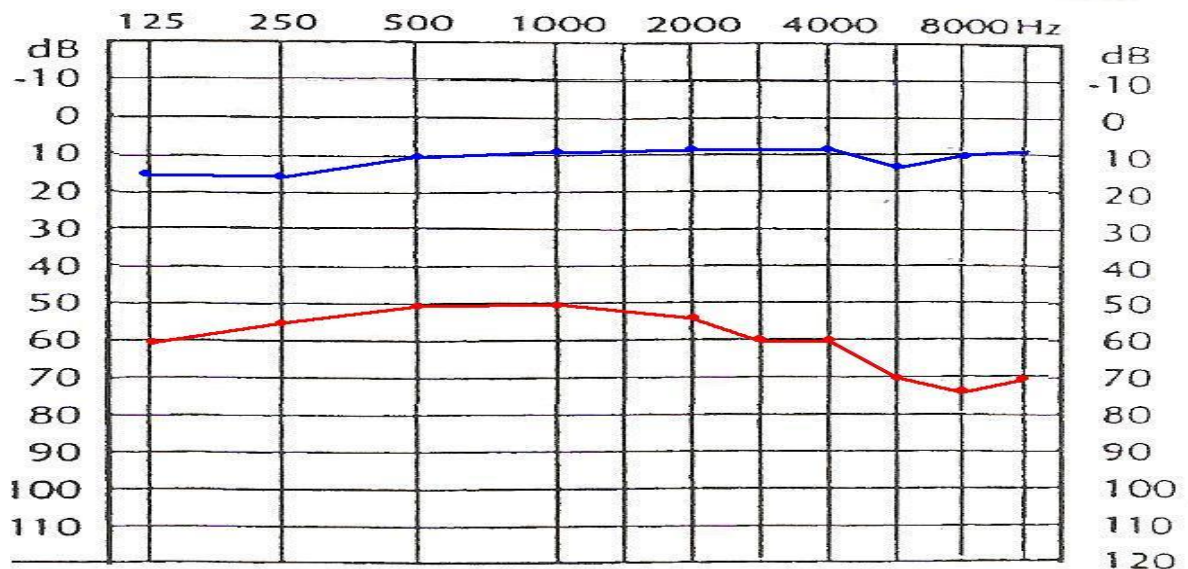
Probleemi mõistmiseks tegi autor reaalsed audiomeetri katsed kuulmislangu tuvastamiseks päästja erivarustuse kasutamisel (joonis 8).



Joonis 8. Audiomeetri testid

Allikas: Dr Tiina Pruleri audiomeetri testide läbiviimine päästetöötajatele kaitsevarustuse kasutamisel 05.02 2008a.

Testid viidi läbi Dr. Tiina Pruleri kabinetis Rakveres, kus neljal katsealusel testiti kõigepealt kuulmine normaalses olekus ning hiljem päästja suitsusukelduja kaitsevarustuse kasutamisel. Testid näitasid, et varustuse kasutamisel esineb kuulmislangu 45- 50dB (Lisa 2), mis põhjustab keskmise astme kuulmislangu. Keskmise päästjate kuulmislangu testidel on näidatud joonis 9.



Joonis 9. Katsealuste keskmine audiogramm (sinisega näidatud kuulmine ilma kaitsevarustusega, punasega varustuse kasutamisel).

Allikas: Dr Tiina Pruleri audiomeetri testide läbiviimine päästetöötajatele kaitsevarustuse kasutamisel 05.02 2008a.

Kuulmislanguse sügavusest lähtudes L. Neumanni klassifikatsiooni järgi (1977) loetakse *nürmuseks* (e *vaegkuulmiseks*) kuulmislangust alates 30 dB (Toom 2002:11-12). 40-70dB puhul mõistetakse kõnet kontrollitavas sõnavaras ja kontekstis. Suhtlemiseks (üks-ühele vestluses) on vajalik valjuhäälnõne. (Roodemäe 2004:10-12)

Tuginedes eeltoodule, lisale 2. ja joonistele 8 ja 9, võib väita, et kaitsevarustuse kasutamisel on päästjate kuulmine piiripealne- ei kuule madalaid helisid, samas kõrged helid on tajutavad.

3.5.2. Informatsiooni omastamine nägemismeele kaudu

Silm on meelelund, mille abil saame kujutise ümbritsevast maailmast. Nägemine on inimesele väga tähtis, sest silmade abil saame ligikaudu 90% meeltega vastuvõetavast informatsioonist. Mingi eseme vaatamine mõlema silmaga annab sellest ruumilise kujutise. Samuti võimaldab see täpselt hinnata vahemaid ja kaugusi.

Nägemise erilist tähtsust tunnistab ka asjaolu, et Terviseameti juhendite kohaselt loetakse täielikku nägemispuuet sajaprotsendiliseks invaliidsuseks, samas kaasneb täieliku kurtusega 50 %- line invaliidsus. (Nienstedt jt: 2001: 511- 523)

Suitsusukeldujal, töötades sisetulekahju olukorras puudub aga nägemisvõimalus, tingituna suitsu- ja põlemisgaasidest. Siinkohal ei aita nägemist parandada ka taskulamp, sest valguskiir suitsust läbi ei tungi (joonis 10). Valguskiired peegelduvad nähtavateelt suitsuosakekestelt ümbritsevasse keskkonda moodustades selliselt nn. „halli seina”. Maksimaalne nähtavus olenevalt suitsu tihedusest võib olla kuni mõni sentimeeter. Nägemismeel tagab päästjate ohutuse ning kiire ja operatiivse tegutsemisvalmiduse, mis on suitsusukeldujatel sisetulekahju olukorras tugevalt häiritud või puudub üldse. (Soodla: 2007)



Joonis 10. Pilt mis avaneb suitsusukeldumisel sisetulekahju olukorras, kasutades tavavarustust (nähtavus puudub ka kandelambi kasutamisel).

Allikas: H. Soodla, Sisetulekahju tingimused

3.5.3. Informatsiooni omastamine kompimismeele kaudu

Kompimine, võime puudutades kindlaks teha esemete kuju, suurust, mehaanilisi jm omadusi, kuulub nahaaistingute alla. Kompimistaju tekib puute- ja temperatuuriretseptoreilt ning lihaste ja liigeste mehhanoretseptoreilt kesknärvisüsteemi kulgevate erutusimpulsside analüüsi tulemusena.

Kompimiselundid, puudutustele või survele reageerivad, peamiselt nahas paiknevad mikrokoopilised moodustised. Keerukama ehitusega kompekehakesed (nt. Meissneri ja Vater-Pacini kehakesed, Merkeli rakud) ning karvanääpsu ümbritsevad närvilõpmed. Komperetseptoreid on rohkesti sõrmeotstes, jalatallal ja huultel. Kompimistaju täpsus

oleneb nahas olevate retseptorite tihedusest ning närvikeskuste analüüsi- ja sünteesivõimest. (Nienstedt jt: 2001: 491- 493)

Suitsusukeldujatel omab kompimismeel suurt tähtsust, sest olukorras, kus teised meeleelundid on piiratud või puuduvad, muutub vajalikuks kõnealune aisting. Tulekahju olukorras sukeldudes otsivad päästjad ruumid läbi mehaanilise kompimise teel, tehes protsessi aeglaseks, mis on vältimatu kasutades olemasolevat tavavarustust.

Kõnealune meeleelund ei saa siiski päästeteenistujal töötada 100%. Peopesades olevad rõhuretseptorid edastavad moonutatud informatsiooni tulenevalt pehmest ja paksust kindastruktuurist. Näiteks ei suuda päästja adekvaatselt (kinnast käest võtmata) hinnata hoone temperatuuri ning vahet teha mikrolaineahjul ja televiisoril.

3.5.4. Tasakaalumeeleelund

Tasakaaluelund on ruumis orienteerumise ja tasakaalu säilitamise elund, paikneb sisekõrvas. Asendiretseptoreid ärritab sirgjooneliselt aktiveeruv või pidurdub liikumine. Olulisem erijuht on raskusjõud, mis mõjutab inimorganismi ja kõike muud samal moel nagu aktiveeriv liikumine. Seega vahendavad asendiretseptorid teavet pea asendist gravitatsiooniväljas keha alumisest või ülemisest suunast. (Nienstedt jt: 2001: 498- 499)

Päästjal kõnealune meeleelund töötab piiranguteta, kaitsevarustus ega sisetulekahju eripära ei kahanda tasakaaluelundi funktsioone, millega suudetakse orienteeruda, omastatakse informatsiooni asendi ja võimalike kukkumisohtude suhtes.

4. KATSETE TULEMUSED JA ANALÜÜS

Uurimustöö praktilised katsed viidi läbi 29.01 ja 04.02. 2008aastal, mille läbi autor selgitas välja IR kaamera kasutamise efektiivsuse suitsusukeldumisel ruumide läbiotsimisel. Kõik tulemused salvestati ja dokumenteeriti. Esindatud olid nelja regiooni päästekeskuse töötajad:

1. Põhja- Eesti Päästekeskus;
2. Lääne- Eesti Päästekeskus;
3. Ida- Eesti Päästekeskus;
4. Lõuna- Eesti Päästekeskus.

Iga keskuse esindajatest moodustati suitsusukeldumise paar, seega piirkonniti oli esindatud kaks päästjat, mistõttu ei saa põhjanevaid järeldusi teha erinevate päästekeskuste võimekusest. Võimalik on vaadelda Eesti päästjate keskmist taset, kuna katsetel osales kaheksa väljaõppinud ja kogunud päästetöötajat. Katseid viidi läbi kokku kakskümmend neli, mis omakorda koosnesid kahest erinevast katse objektist ja kolmest erinevast seeriast.

4.1. IR kaamera katsed väikestes ruumides

Katsed väikestes ruumides viidi läbi sisetulekahju majas 29.01.2008a., SKA päästekolledži päästekooli õppeväljakul, tulemused on esitatud tabelis 1 ja joonisel 12.

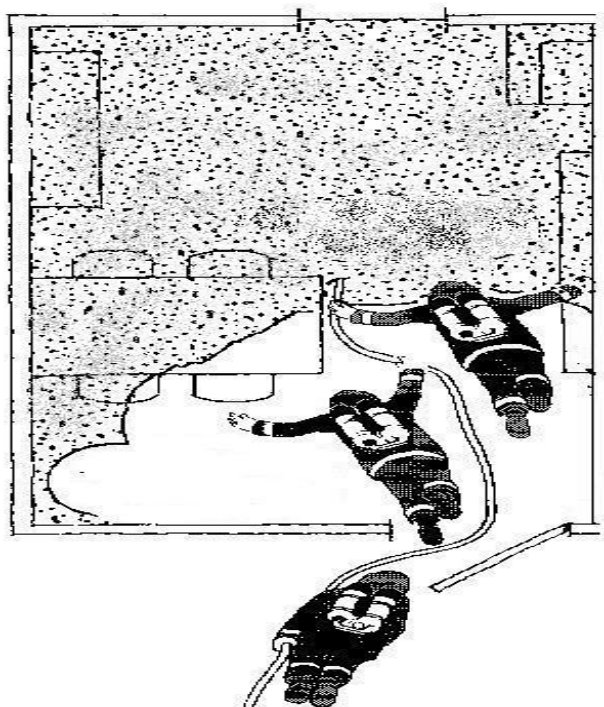
Esmalt analüüsiti päästjate maksimaalset võimekust ruumide läbiotsimisel olukorras, kus eksisteerib hea nähtavus. Tulemuseks saavutati keskmiselt 35,45 sekundit viie ruumi läbiotsimisel kogupindalaga 56 m². Kõnealuse ajaga fikseeris uurimustöö autor maksimaalse efektiivsuse päästjate võimekuse suhtes.

Teise katseteseeriaga määrati otsimise kiirus, kui ruumis valitsevad sisetulekahju olukorrale omased tingimused (olematu nähtavus, kõrge temperatuur). Päästjad otsisid ruumid läbi käsikaudu kombates. Keskmiseks tulemuseks saavutati 306 sekundit, mis on üldiselt hea tulemus 56 m² läbiotsimiseks arvestades piiratud tingimusi.

Tabel 1. Päästjate suitsusukeldumise katsete kokkuvõte väikestes ruumides

Katse objekt	1. Katse tüüp Maksimaalne kiirus	2. Katse tüüp Suitsusukelduja tavavarustus	3. Katse tüüp Suitsusukelduja tavavarustuse ja IR kaamera kasutamine
	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)
1. Tuba 14 m ²	11,5 sek	64 sek	15 sek
2. Tuba 12 m ²	4,25 sek	51 sek	12,3 sek
3. Tuba 12 m ²	10 sek	63,25 sek	9,25 sek
4. Tuba 10 m ²	4 sek	51,75 sek	7 sek
5. Tuba 8 m ²	5,75 sek	76 sek	15,25 sek
Korrus kokku 56 m²	35,45 sek	306 sek	58,8 sek

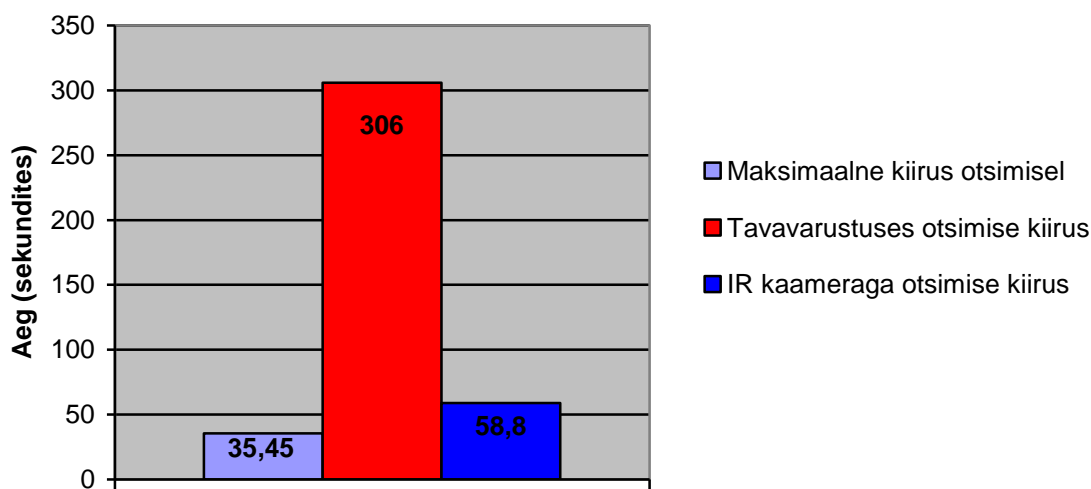
Tulemi saavutamise üheks põhjuseks oli ruumide väiksus, mistõttu suudeti hästi orienteeruda, saavutades kahest küljest seinakontakt otsides selliselt terve ruum korraga läbi (joonis 11).



Joonis 11. Suitsusukeldujate haardeulatus käsikaudu mehhaanilisel otsimisel väikeses toas
Allikas: H. Soodla IR kaamera kasutamise katsed suitsusukeldumisel 29.01.2008a.

Kolmanda katsete seeriaga määrati IR kaamera efektiivsus, milleks oli 56m² läbiotsimiseks kulunud aeg 58,8 sekundit.

Suitsusukeldumisel otsimiseks kulunud aeg väikeses ruumis



Joonis 12. Suitsusukeldumiseks kuluv aeg väikestes ruumides erinevat varustust kasutades
Allikas: H Soodla, IR kaamera kasutamise katsed suitsusukeldumisel 29.01.2008a.

4.2. IR kaamera katsed suurtes ruumides

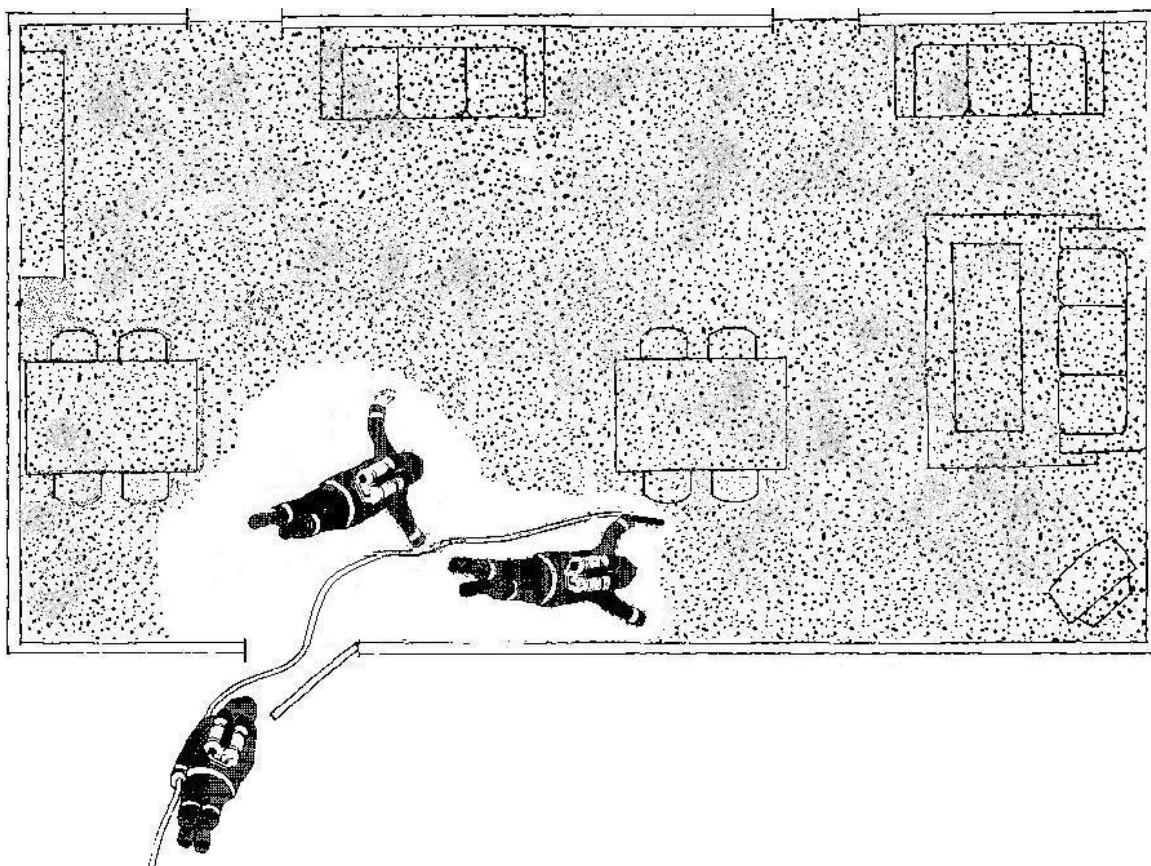
Praktilised katsed suurtes ruumides viidi läbi 04.02.2008 a. SKA päästekolledži päästekooli õppehoones, tulemused on esitatud tabelis 2 ja joonisel 14.

Tabel 2. Päästjate suitsusukeldumise katsete kokkuvõte suures ruumis

Katse objekt	4. Katse tüüp Maksimaalne kiirus	5. Katse tüüp Suitsusukelduja tavavarustus	6. Katse tüüp Suitsusukelduja tavavarustuse ja Infrapuna kaamera kasutamine
	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)	Aeg kokku (aritmeetiline keskmine)
1. Tuba 60 m ²	5 sek	127,75 sek	6 sek
2. Tuba 72 m ²	6 sek	191,5 sek	5 sek
Korrus kokku 132 m²	11 sek	319,25 sek	11 sek

Suurtes ruumides saavutati päästjate maksimaalseks võimekuseks 11 sekundit kahe ruumi läbiotsimiseks kogupindalaga 132 m².

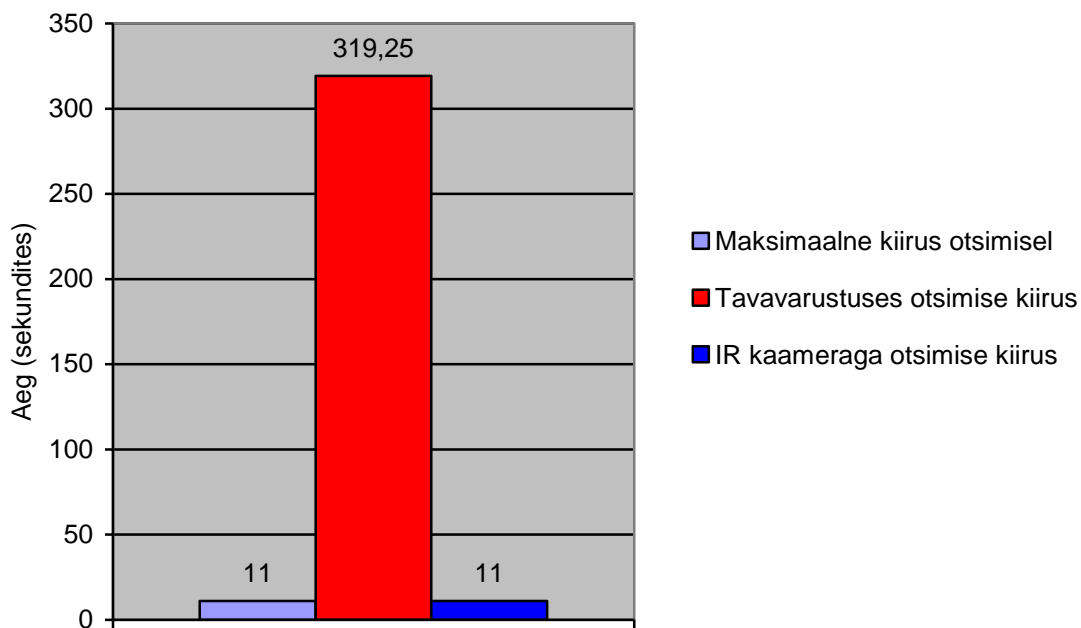
Teises katseseerias, kus simuleeriti sisetulekahjule omaseid tingimusi (olematu nähtavus), saavutati aeg 319,25 sek. 132 m² läbiotsimiseks. Päästjate orienteerumine suurtes ruumides oli raskendatud (joonis 13), kuna otsimise haardeulatus ei võimaldanud ruume korraga läbi otsida, mistõttu kulus rohkem aega ning esines läbi otsimata tühikuid.



Joonis 13. Suitsusukeldujate haardeulatus käsikaudu mehhaanilisel otsimisel suures toas
Allikas: H. Soodla IR kaamera kasutamise katsed suitsusukeldumisel 04.02.2008a.

Kolmanda seeriaga määrati IR kaamera efektiivsus, milleks oli 132m² läbiotsimiseks kulunud aeg 11 sekundit, mis on võrdväärne suitsusukeldujate maksimaalse efektiivsusega.

Suitsusukeldumisel otsimiseks kulunud aeg suurtes ruumides



Joonis 14. Suitsusukeldumiseks kuluv aeg suurtes ruumides erinevat varustust kasutades

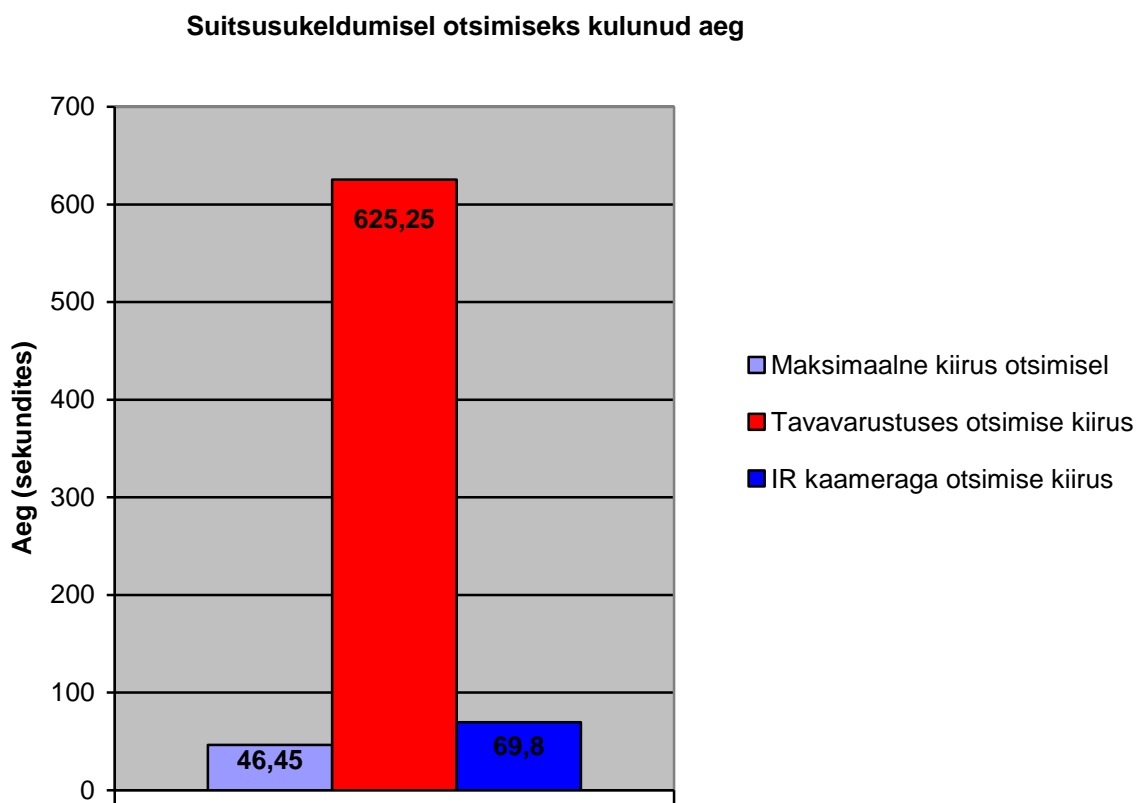
Allikas: H Soodla, IR kaamera kasutamise katsed suitsusukeldumisel 04.02.2008a.

4.3. IR kaamera katsete kokkuvõte

IR kaamera katsetel tuvastati autori poolt seadme kasutusefektiivsus suitsusukeldumisel (joonis 15). Leiti, et päästja tavavarustust kasutades on suitsusukeldumisel otsimine ja võimalike kannatanute leidmine ebaefektiivne ja aeganõudev protsess. Väikesed ruumid on võimalik tavavarustusega suhteliselt kiiresti läbi otsida, samas suuremates tekib orienteerumise raskusi, mis omakorda pikendab väärtuslikku aega.

Tähelepanu väärib asjaolu, et IR kaameraga otsimise aeg ei sõltu ruumide suurusest, katsetel selgus vastupidine efekt, kus suuremate ruumide läbiotsimiseks kulus tunduvalt vähem aega (joonis 14). Asjaolu on põhjendatav olukorraga, kus ruum skaneeritakse läbi kohapeal seistes, seega - kuna enamustel ruumidel on neli seinu ja IR kaamera võimaldab vaadata sadade meetrite taha, ei oma ruumide suurus läbiotsimiselt tähtsust. Joonisel 15 on näidatud IR kaamera katsete kokkuvõte, kus väikeste ja suurte ruumide tulemused on summeeritud. Ruumide kogupindalaga 132 m² läbiotsimiseks maksimaalse nähtavuse

tingimustes kulus aega 46,45 sekundit, samas IR kaameraga 69,8 sekundiga, mis on 1,5 korda aeglasem maksimaalsest efektiivsusest. Suitsusukelduja tavavarustuses 188 m² läbiotsimiseks kulunud aeg oli 625,25 sekundit, mis näitab, et tulemus oli üheksa korda aeglasem kui IR kaameraga.



Joonis 15. Suitsusukeldumiseks kuluv aeg katsete kokkuvõttel erinevat varustust kasutades
Allikas: H Soodla, IR kaamera kasutamise katsed suitsusukeldumisel 29.01 ja 04.02. 2008a.

KOKKUVÕTE

Suitsusukeldumine on ohtlik päästjate igapäevatöö, kus tuleb ette olukordi mil oma eluga riskitakse. Keskkond, kuhu sisetulekahju olukorras sisenetakse, on tavavarustusega päästjatele tundmatu, sisaldades erinevaid ohtusid.

Lõputööle püstitatud eesmärgid said täidetud ning autor tõestas, et suitsusukelduja varustus kahandab otseselt päästja meeleelundite tööd informatsiooni hankimiseks väliskeskkonnast, mis on tulekahju kustutamisel eriti tähtis. Peale varustuse häirivad veel päästjate tööd sisetulekahjule omased tingimused - kõrge temperatuur ja olematu nähtavus. Meditsiinilistel testidel leidis tõestust, et suitsusukelduja varustus kahandab inimese kuulmist 45- 50 dB võrra, tuues kaasa keskmise kuulmislanguse.

Uuringu tulemustele tuginedes julgen lõputöö autorina väita, et päästjatele on kehtestatud kõrged nõudmised tervises seisundi ja füüsilise vormi suhtes, kuid sisetulekahju tingimustes töötavad nad tavavarustusega võrdväärselt raske puudega inimestega, kes ei kuule ega näe. Eelnevat väidet tõestab töös väljatoodud katsete tulemused, kus uudse tehnoloogia kasutusele võtt (IR kaamera), võimaldab oluliselt efektiivsemalt teostada päästetöid suitsusukeldumisel. Keskmiseks tulemuseks hindab autor testide põhjal, et IR kaameraga on võimalik 9 korda kiiremini sisetulekahju olukorras ruume läbi otsida, seega inimeste päästmise võimalused on tunduvalt suuremad.

Tuginedes asjaolule, et Eesti on jätkuvalt tuleõnnetuste ja nendega kaasnevate hukkunute poolest maailmas kõrgel tasemel, teeb lõputöö autor ettepaneku kaaluda IR kaamerate kasutuselevõttu operatiivse reageerimise tõstmiseks päästeteenistuses ja inimeste päästmiseks.

VIIDATUD KIRJANDUS

1. Bastian, J. may 2003, Thermal Imagers in Rural and Urban Rescue, Search & Rescue Magazine
2. Bastian, J. 2004, Using the TI on Size Ups, Get the Picture, 01.01.04.
3. Bastian, J. march 2003, The Many Uses for the Thermal Imager, Fire Services Journal of Canada 01.03.03
4. Bastian, J. april 2004, Search and Rescue, Fire house Magazine, 01.04.04
5. Bastian, J. november 2004, Non-Traditional Uses, Fire Rescue Magazine, 01.11.04.
6. Bastian, J. December 2004, SOGs for Thermal Imagers, Fire Rescue Magazine, 01.12.04.
7. Bastian, J. december 2004, Non-Fire Searches with the Thermal Imager, Get the Picture, 05.12.04.
8. Bullard Thermal Imager Training (2005). Directed by Leta.
9. Grimwood, P. Hartin, E. McDonough, J. Raffel, S. (2005). 3 D Fire Fighting. United States of America: Oklahoma State University Stillwater lk 435
10. Henini, M. Razeghi, M (2002) Handbook of Infrared Detection Technologies. Elsevier, lk 532
11. Hyttinen, V & Lehtonen, E.1986, Paloalan kysymyksiä ja vastauksia, Lahti
12. Hyttinen, V. (2000). Palofysiikka. Tammer- Paino Oy, lk 289
13. Infrared (IR) radiation <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared> 04.11.2007
14. Malmsten, C. Roasander, M. (1997). Rök- Och Kemdyking. Stockholm: Grafiska Gruppen, lk 167
15. Monroe Schlessinger (1995) Infrared Technology Fundamentals. CRC Press, lk 480
16. Nienstedt, W. Hänninen, O. Arstila, A. Björkqvist, S.-E. Werner Söderström Osakeyhtiö. 2001, Inimese füsioloogia ja anatoomia, AS Medicina
17. Päästeteenistuse seadus, RT I 15.02.2008,8,57
18. Päästeteenistujate ja päästetöödel lepingu alusel osalevate isikute kutsesobivusnõuded, sealhulgas hariduse-, ja füüsilise ettevalmistuse ja tervisenõuded RTL 18.03.2008,21,318

19. Päästetööde suitsusukeldumise eeskiri 01.10.2000.- RTL 2000, 32, 434; RTL 2004, 100, 1599
20. Roodemäe, Ä. (2004). Hiliskurdistunute psühhosotsiaalsed probleemid. Seminaritöö. Tartu: TÜ. Käsikiri
21. Sisetulekahju maja projekt 2003a. SKA Päästekolledži Päästekool
22. Soodla, H. (2007). Infrapuna kaamera- kas luksuslik nipsasi või päästetöötaja kasulik tööriist. - Häire 112 ³/₄ 2007.
23. Suitsusukeldumise algväljaõppe miinimumprogramm, 2000, Päästeameti peadirektori käskkiri nr. 26
24. Suitsugranaat SU100 kasutusjuhised 2004
25. Suurkivi, T. Marvet, T. 2000, Tuletõrjuja- päästja ABC
26. Toom, R. (2002). Viipekeeleõppimise professionaalne areng Eestis. Magistritöö. Tartu: TÜ eripedagoogika osakond. Käsikiri

SUMMARY

The present thesis attempts at analyzing the infra-red camera efficiency of use in case of smoke diving during rescue works. The research paper comprises 38 pages, which include 15 drawings, 2 tables, and 2 annexes. The graduation thesis is written in Estonian and 26 sources are being referred in it.

The keywords for the very subject area are the following: the usability and effectiveness of modern technology on the example of infra-red cameras in case of smoke diving, the description of rescue official`s equipment, smoke diver`s requirements and capability of working in fires in rooms.

The aim of the research is to describe the technology of infra-red camera, its usability options in case of rescue works, and to make a research of smoke divers being able to work using their usual equipment, and the growth of efficiency by using modern technology - infra-red camera.

The present graduation thesis is divided into four parts. Part I is devoted to the presentation of the infra-red technologies and their usability options in case of rescue works. Part II gives an overview of the research methodology, describes a sample and the conditions of the practical tests. Part III introduces the conditions of fire in a room, examines the requirements set for smoke divers, and the effectiveness of human sense organs functioning in environmental conditions. In part IV special attention has been given to the results of comparative tests and analysis of practical smoke diving.

As a result of this research I have come to the conclusion that rescuers who have been set certain requirements and conditions for becoming smoke divers work ineffectively because of the specific character of equipment and conditions in case of fire in a room. Starting to use new technology would help to improve smoke divers` work speed and safety in case of rescuing people. The topic has been also discussed in the magazine Haire 112 and the new publication about the tests` results will be available soon.

Bullard Thermal Imager Certificate

This Certifies That

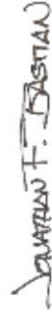
Heiki Soodla

Has completed a Course of Study meeting the Standards of our Training Program
and is therefore Awarded this

Certificate of Completion

With a Score of 100%

Bullard[®]



Thermal Imaging Training Manager

LISA 2. Dr Tiina Pruleri kokkuvõttev otsus kaitsevarustuse testimisest

Arvamuse kuulmisuuringu
läbiviimise teel mustel.

Uuritavaid (toonaudiogrammi parakuus ja normaalkuus)
sli 4- kõrge normaalse kuulmisfunktsiooniga.

Varustus rahendab kuulmiskaitsevahet kõrgel

uuritudatel keskmiselt 45-50 dB-e. Järgustab

keskmine eakate kuulmislanguse

Tiina Pruler

05.09.2023

