

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Marko Soontalu

VINDICATOR JOATORU VÕRDLUSANALÜÜS
KASUTUSEL OLEVATE KÄSIJOATORUDEGA

Lõputöö

Juhendaja:

Dmitri Peterson

Tallinn 2008

ANNOTATSIOON

SISEKAITSEAKADEEMIA

Kolledž Päästekolledž	Kuu ja aasta Juuni 2008
Töö pealkiri: Vindicator joatoru võrdlusanalüüs kasutusel olevate käsijoatorudega	
Töö autor: Marko Soontalu	allkiri:
<p>Käesolev lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning võõrkeelne kokkuvõte on inglise keeles. Töö maht on koos lisadega 42 lehekülge. Töö vormistamisel on tuginetud Sisekaitseakadeemia rektori 09.02.2007. aastal käskkirjaga nr 5-8/81 kinnitatud üliõpilastööde koostamise ja vormistamise juhendile.</p> <p>Lõputöö koosneb viiest peatükist, mis omakorda koosnevad alapeatükkidest. Lõputöö on kirjutatud kahes osas, kus töö teoreetiline osa on koostatud erinevatele kirjanduslikele allikatele tuginedes.</p> <p>Töö teoreetilise osa eesmärgiks seadis autor anda ülevaade joatorudega seonduvatest mõistetest, veejuga erinevustest, erinevate joatorukraanide töö põhimõtetest, Vindicator joatoru üldisloomusest, selle mõningatest eelistest ning võimekusest. Samuti anda ülevaade valitud joatorudest, mis on teenistustes kasutusel, nende iseärasustest ja kasutamisevõimalustest, lisaks annab autor ülevaate katsetest ning läbiviimiseks vajaminevast tehnikast ja varustusest.</p> <p>Lõputöö teine osa sisaldab nimetatud teema uurimuslikku osa, mille käigus tegi autor erinevaid katsetusi joatotudega ja erinevate põhiliinihargnemistega, kus tööliinideks olid 42 ja 51mm läbimõõduga tööliinid. Katsetuste eesmärgiks on välja selgitada, kas käsijoatoru Vindicator oleks efektiivsem eluhoonete lahtiste tulekahjude kustutamisel, kui hetkel teenistustes kasutusel olevad käsijoatorud. Lisaks sisaldab teine osa veel katsete põhjal tehtud järeldusi ja ettepanekuid, millist joatoru on otstarbekam kasutada tulekahjudel arvestades komandode ning piirkondade iseärasusi.</p>	
Võtmesõnad :joatoru, kompaktjuga, efektiivsus, vooluhulk, joatoru rõhk, joapikkus	
Keywords : nozzle, solid stream, effectiveness, flow, nozzle pressure, stream reach	
Säilitamise koht:	
Kaitsmisele lubatud: Juhendaja: Dmitri Peterson	allkiri:

SISUKORD

Annotatsioon.....	2
Sisukord.....	3
Tabelite ja jooniste loetelu.....	5
Sissejuhatus.....	6
1. Mõisted, joatorude liigitus ja ehitus.....	8
1.1. Mõisted.....	8
1.1.1. Juga.....	8
1.1.2. Joatorud.....	8
1.1.3. Joarõhk.....	8
1.1.4. Vooluhulk.....	9
1.1.5. Joapikkus.....	9
1.2. Joatorude liigitus.....	9
1.2.1. Lihtjoatoru.....	9
1.2.2. Kombineeritud joatoru.....	10
1.2.3. Kõrgsurvejoatoru.....	10
1.2.4. Automaatjoatoru.....	11
1.2.5. Madalsurve joatoru.....	12
1.2.6. Naeljoatoru.....	12
1.2.7. Veeseinjoatoru.....	13
1.2.8. Lafettjoatoru.....	13
1.3. Joad.....	14
1.3.1. Kompakt juga.....	14
1.3.2. Pihustatud juga.....	16
1.4. Joatorukraanide ehitus ja nende erinevused.....	17
1.4.1. Kuulkraan.....	17
1.4.2. Libisev liugklapp.....	18
2. Vindicator joatoru üldiseloomustus.....	19
2.1. Vindicator joatoru töö põhimõte, tehnilised andmed.....	20
2.1.1. Joatoru tehnilised andmed.....	21
2.2. Vindicator joatoru eelised.....	22

3. Katsete tutvustus	24
3.1. Katsetel olev varustus ja tehnika	26
4. Katsed	27
4.1. Katsetatavate joatorude andmed	27
4.2. Katsetused põhiliini hargnemisega 42 mm tööliiniga	28
4.3. Katsetused põhiliini hargnemisega 51 mm tööliiniga	29
5. Katsete tulemused ja järeldused	31
5.1. Tulemused	31
5.2. Järeldused	33
Kokkuvõte	34
Summary	35
Viidatud allikate loetelu	36
Lisad	38
Lisa 1. Vindicator joatoru koosneb kahest osast: kuulkraanist koos käepidemega ja torust.	38
Lisa 2. Pok vee voolumõõtja	39
Lisa 3. Light Attack Vindicator käsijoatoru	40
Lisa 4. Heavy Attack Vindicator käsijoatoru	40
Lisa 5. Protek siledatüveline 15/16“ käsijoatoru	41
Lisa 6. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud käsijoatoru	41
Lisa 7. Protek 323 kombineeritud automaat käsijoatoru	42

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Vindicator Heavy Attack joa pikkus 20° nurga all	22
Tabel 2. Light Attack Vindicator joatoru	28
Tabel 3. Protek siledatüviline 15/16“ joatoru	28
Tabel 4. Protek 323 automaatjoatoru	28
Tabel 5. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru	29
Tabel 6. Light Attack Vindicator joatoru	29
Tabel 7. Heavy Attack Vindicator joatoru.....	29
Tabel 8. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru	29
Tabel 9. Protek 323 automaatjoatoru	30
Tabel 10. Protek siledatüviline 15/16“ joatoru	30
Tabel 11. Koondtabel 42 mm tööliniga.....	31
Tabel 12. Koondtabel 51 mm tööliniga.....	32
Joonis 1. Kompaktne juga.....	15
Joonis 2. Joa löögijõu kaugus	25

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on anda ülevaade teenistustes kasutuses olevatest käsijoatorudest, nende iseärasustest ja kasutamisevõimalustest, selgitada välja käsijoatorude efektiivsus tulekahjude kustutamisel. Leida optimaalseim käsijoatoru, mis tagaks suurema tulekustutusvee hulga, samuti ka pikema joa löögijõu kauguse, kuid samas jääks aga seda saavutades joareaktsioon võimalikult madalaks. Jõuda katsetamiste teel järeldusteni, kas oleks vajalik täiustada varustust lisaks olemasolevatele joatorudele ka lõputöös uurimuses olevate, seni mitte kasutuses olevate joatorudega, arvestades teenistuste iseärasusi.

Lõputöö kirjutamine osutus vajalikuks mitmetel olulistel põhjustel. Nii tänapäeva maailmas, kui ka Eestis toimub pidev areng, kus võetakse kasutusele uut tehnikat ning sellega seoses uusi töövahendeid tagamaks järjest efektiivsemaid tulemusi. Paljudel päästjatel puudub ülevaade joatorudest ja nende võimekusest. Ei ole just otstarbekas töötada tulekahjul olukorras, kus suure vee vooluhulga saavutamiseks oleks vaja kahte või isegi kolme inimest, et vee juga tulekoldesse suunata. Selliste situatsioonide vältimiseks on paljud joatorude tootjad välja arendanud ja töötanud tehnoloogiaid, mis väldiks selliseid olukordi tulekahjudel. Teiseks seetõttu, et eriala kirjandus ei paku täiendavat ülevaadet uutele ja mujal maailmas rakendust leidnud joatorudele. Kindlasti ei suuda lõputöö autor välja selgitada kõikide joatorude võimalusi ja puudusi.

Lõputöö autor püstitas järgneva hüpoteesi, Vindicator käsijoatoru on mehitatult ühe mehega efektiivsem lahtiste eluhoonete tulekahjude kustutamisel, kui hetkel kasutusel olevad kompaktkäsi joatorud.

Püstitatud hüpoteesi tõestamiseks ja eesmärgi saavutamiseks teostati autori poolt analüüsivate joatorudega mitmeid olulisi katseid, näiteks kasutati erinevate läbimõõtudega voolikuliine, hinnati joatoruga töötamise võimalusi erinevate pumba- ja joarõhkudega, töötati läbi erialaseid teoseid, võrreelsete materjalide tõlkimisel kasutati otse tõlget, mis kohandati eesti keelde ning tehti koostööd oma ala spetsialistidega.

Töö esimeses peatükis antakse ülevaade joatorudega seonduvatest mõistetest, joatorude liigitusest, veejugade erinevustest ning joatorude sulgemis- ja avamiskraanide töö põhimõtetest.

Teises peatükis tuuakse välja Vindicator joatoru üldiseloostus, tööpõhimõte, joatoru ehitus ning mõningad teoreetilised eelised ning võimekused teiste joatorude ees.

Kolmandas peatükis antakse ülevaade joatorudega teostatavatest katsetest, kus on välja toodud katsetatavad joatorud ning katsete läbiviimiseks vajaminev tehnika ja varustus.

Neljandas peatükis on ära toodud katsetatavad joatorud ja nende tehnilised andmed koos katsetuste põhjal koostatud tabelitega.

Viimasel peatükis on toodud katsetuste tulemused ja järeldused ning nende põhjal tehtud autori omapoolsed ettepanekud.

1. MÕISTED, JOATORUDE LIIGITUS JA EHITUS

1.1. Mõisted

1.1.1. Juga

Tuletõrjes nimetatakse joaks vett või mõnda muud ainet, mis väljub joatorust sihtmärgi poole milleks on harilikult tuli. Tuletõrje juga on vajalik tule leviku peatamiseks ning kustutamiseks. Korralikult moodustatud ja sihitud veejuga on tulekustutamisel efektiivne. Efektiivse joa saavutamiseks on vajalikud nii päästja, meeskonnavanema kui ka pumbaoperaatori teadmised ja oskused. Korralikus joas on piisavalt suur vee vooluhulk, rõhk ja õige suund, mis tabab sihtmärki soovitud kujul. Päästjatele on oluline tunda jugasid ja kasutada neid erinevates olukordades. (Firefighter`s handbook 2000:267)

1.1.2. Joatorud

Joatorud on vahendid, millega on võimalik lasta vett ning samuti mõnda teist kustutusainet. Joatoru on koonusjas toru, mida kasutatakse vee ja teiste vedelike voolukiiruse suurendamiseks või suuna muutmiseks. Tähtsad faktorid joatoru valikul on joarõhk, vooluhulk, joapikkus, joa kuju ja joareaktsioon. (Firefighter`s handbook 2000:267)

1.1.3. Joarõhk

Joarõhk on rõhk, mis on vajalik efektiivseks joatoru tööks, samuti määrab joarõhk vooluhulga ja joa pikkuse. Joatorud on disainitud kindlatel rõhkudel töötamiseks (Firefighter`s handbook 2000:268). Käesolevas töös mõõdetakse rõhkusid baarides (bar).

1.1.4. Vooluhulk

Vooluhulk on vee hulk, mis väljub joatorust teatud surveel. Vooluhulk on oluline, sest väljutatud veehulk määrab, millisel hulgal kuumust jahutatakse. Mõned joatorud on mõeldud töötamiseks kindla surve ja vooluhulgaga ning osadel joatorudel on võimalik neid reguleerida. (Firefighter`s handbook 2000:268) Eestis kasutatakse vooluhulga mõõtmiseks liitrit minutis (l/min) või liitrit sekundis (l/s).

1.1.5. Joapikkus

Joapikkus on vahemaa mille vesi läbib joatorust pärast väljumist. Suurem ulatus on oluline suurtes ruumides või välistulekahjudel. Joatorus tekkinud rõhk muutub joatorust väljumisel veejoa kiiruseks ning sellest sõltub ka joa pikkus. (Firefighter`s handbook 2000:268)

1.2. Joatorude liigitus

Tulekahjude kustutamise tulemus sõltub tulekustutusvee vooluhulgast, joa kujust ja rõhust ning valitud tulekustutusmeetodist. Tavaliselt pürgitakse kustutamisel vett laskma selliselt, et võimalikult suur osa veehulgast aurustuks. Aurustuv vesi alandab temperatuuri ja lämmatab tulekahju. Selleks, et reguleerida vooluhulka, muuta lähtuvalt tulekustutusmeetodist joa kuju ja seega edukalt kustutada tulekahjusid, kasutatakse joatorusid. (Suurkivi jt 2000:51)

1.2.1. Lihtjoatoru

Lihtjoatorude kasutusaeg on mööda saamas ning annab üha rohkem ruumi kombineeritud joatorudele. Lihtjoatorude kasutamine on tänu oma vähestele kasutusvõimalustele ja väikesele universaalsusele tänapäeval vähenemas (Suurkivi jt 2000:51). Enamus

lihtjoatorusid on varustatud erineva läbimõõduga otsikutega, mis keeratakse joatorusuudmele ning millega reguleeritakse joatootlikust. Näiteks kui suudme läbimõõt on 19 mm ning rõhk 3 atü, siis on joatootlikus 6,6 l/s, 22 mm läbimõõduga suudme puhul aga 10 l/s. (Šuvalov, 1977:92-93)

Hetkel kasutatakse teenistustes veel nii sulguriga kui sulgurita lihtjoatorusid. Vaatamata lihtjoatorude üha väiksemale kasutusele on neile olemas kindel koht ning ei ole karta väljatõrjumist kombineeritud joatorude poolt.

1.2.2. Kombineeritud joatoru

Tänapäeval on enamkasutatavateks joatorudeks kujunenud kombineeritud joatorud ning nende eeliseks võib pidada väga laia kasutusala, näiteks: (Suurkivi jt 2000:52-53)

- kompaktjoa tootmine olukordades, milles vajame veejoa maksimaalset kõrgust, pikkust või löögitugevust;
- pihustatud joa tootmise võimalus sisetulekahjudel;
- udujoa tootmine gaasipõlengute likvideerimisel;
- udujoa kasutamine kaitsesirmina;
- suitsutuulutus;
- vahutootmine.

Kombineeritud joatorude vooluhulgaks on tavaliselt 250-450 l/min. On ka selliseid kombineeritud joatorusid, mille vooluhulk küündib kuni 900 l/min. (Suurkivi jt 2000:52-53)

1.2.3. Kõrgsurvejoatoru

Kõrgsurvejoatorusid kasutatakse kõrge survega pihustatud või kompaktse joa tootmiseks, mille tootlikkus ulatub kuni 200 l/min. Sellise joa eelisteks on parem põlemisgaasidest

läbitungimise võime ning tugevam löögijõud. Tänu veetilkade väikesele läbimõodule vähenevad liigsest tulekustutusveest tingitud lisakahjustused. (Suurkivi jt 2000:53)

Üheks suuremaks ohuks kõrgsurvejoatorudel on kõrge surve, mis läbi joareaktsiooni ning hüdraulilise löögi võib ohustada tuletõrjuja-päästjat ja varustust. Tugeva joareaktsiooni ohjeldamiseks on kõrgsurvejoatorudel allapoole suunatud käepide, mis võimaldab joatoru suure surve korral kontrolli all hoida. Lisaks aitab veel tugevat joareaktsiooni vältida joatoru suudme väike läbimõõt ning vee liikumissuuna muutmine enne joatorusse sisenemist. Hüdraulilise löögi leevendamiseks on kõrgsurvejoatorud varustatud kraani kiiret sulgumist takistava seadmega. (Suurkivi jt 2000:53)

1.2.4. Automaatjoatoru

Automaatjoatorud töötati välja 1969. aastal ideega, kus tulekahjul, eriti selle kustutamise algstaadiumis, mil veevarustuse vooluhulk kogu aeg kõigub (samast veeallikast pannakse tööle täiendavaid liine ja joatorusid, avatakse ja suletakse kraane). Vaja oli joatoru, mis ise pidevalt reageeriks veevarustuse kõikumistele ja annaks välja kogu aeg perfektse veejoo ideaalse pikkusega. Alles peale automaatjoatoru väljatöötamist selgus, et automaatjoatoru oskab ise oma väljalaskeava suurust reguleerida ning anda 1,5 kuni 2 korda rohkem vett kui kombineeritud joatoru. Võrreldes kombineeritud (paika pandud vooluhulgaga ja käsitsi reguleeritavate) joatorudega on automaatjoatorudel järgmised eelised: (Automaatjoatoru...15.01.08):

- pidevalt tugevalt löövad joad;
- optimaalne veesurve joatoru sees ükskõik millise vooluhulga korral;
- maksimaalselt pikk veejuga ükskõik millise vooluhulga korral;
- võimalus anda esmase rünnaku supervooluhulka.

1.2.5. Madalsurve joatoru

Madalsurve joatorud on sarnased kombineeritud joatorudele, erinevus on ainult töö surves. Kui 1990 aastate alguses Task Force Tips Inc (TFT) lõi esimese ja ainulaadse kahesurvelise automaatjoatoru selleks, et vastata päästeteenistuste ootustele ja vajadustele. Joatorude kahesurvelisus on kõige kaasaegsem omadus, mis võimaldab päästjatel koheselt vahetada automaatjoatoru töösurvet. Vahetades joatorusurvet 7 bar'i pealt 3,5 bar'i peale, mille tulemusel survekadu hajub vooliku sees ning võimaldab suuremal veekogusel pääseda voolikust ja joatorust läbi. (Madalsurve...15.01.08)

On olemas ka alaliselt madalat survet omavaid automaatjoatorusid, mis on tehase poolt reguleeritud ja paika pandud 5 bari peale. Näiteks TFT automaatjoatoru Mid-Matic tootlikus on 510 l/min, kui tööliin koosneb kahest 51mm voolikust ja surve pumbal on 8,5 bari. Madalsurve Mid-Matic samadel tingimustel annab välja 817 l/min. Selle tulemusena on madalsurve joatorul vooluhulga andmisel tagasilöögi ehk reaktsioonijõud väiksem kui standardsurve joatorul. (*Ibid* 15.01.08)

1.2.6. Naeljoatoru

Kasutuses on ka naeljoatoru, mille kasutusala on küllaltki suur. Naeljoatorusid kasutatakse tulekahjude korral põlemisgaaside jahutamiseks või piiramisliini moodustamiseks. Veel on võimalik naeljoatorusid kasutada maapinna ning põhu- ja heinakuhjade kustutamisel. (Suurkivi jt 2000:54)

Naeljoatoru meenutab piiki, mille ühes otsas on teravik ja teraviku külgedel on vee väljavooluavad ning joatoru teises otsas on tugevdatud osa, millele haamriga lüües on võimalik joatoru katusest või muudest takistustest läbi lüüa, et juga suunata tulekoldeni. Hõlpsamaks ja paremaks kasutamiseks on naeljoatorud komplektis, lisaks neljale naeljoatorule kuuluvad komplekti veel spetsiaalne vasar, väike katusele kinnitav jagaja ja lühikesed survevoolikud. Kuna on mitmeid erinevaid naeljoatorusid, annavad nad ka erinevaid jugasid ning erinevus seisneb joa nurgas. Mõningad naeljoatorud toodavad kuni 170° juga, osa vaid 15-20° juga. Väiksematel naeljoatorudel on vooluhulk kuni 80 l/min ,

spetsiaalselt maastikupõlengute kustutamiseks mõeldud naeljoatorudel on see suurem. (Suurkivi jt 2000:54)

1.2.7. Veeseinjoatoru

Veeseinjoatoru on üheotstarbeline, aga kasutusvõimalusi on mitmeid. Põhiliselt kasutatakse tulekahjudel inimeste, tehnika ja ehitiste kaitsmiseks soojuskiirguse eest ning ohtlike ainetega toimunud õnnetustel aine leviku piiramiseks. Kui on tagatud korralik veevarustus saab veeseinjoatoru kasutada ka metsatulekahjudel tuleleviku piiramiseks. (Suurkivi jt 2000:55)

Veeseinjoatoru koosneb liitmikust, joatorukorpusest koos tugijalgadega ja korpuse külge kinnitatud pörkeplaadist. Joatoru töötamisel läbib vesi joatorukorpuse ja satub vastu pörkeplaati, millelt ülespoole pörkudes moodustub poolrõngakujuline ühtlane veesein. Sõltuvalt joatoru läbimõõdust ja vooluhulgast võivad veesein joatorud moodustada kuni 4 mm paksuse veeseina, mis võib neelata ~90% soojuskiirgusest. Veevooluhulgaks 65 mm läbimõõduga veeseinjoatorul on 1800 l/min, ning veeseina kõrgus võib ulatuda 10 ja laius 20 meetrini. Maksimaalne kasutatav töösurve on 10 bar'i. (Suurkivi jt 2000:55)

1.2.8. Lafettjoatoru

Lafettjoatoru kasutatakse objektidel, kus tulekahju tekkimise korral vajatakse tuldkustutava aine pealeandmise suurt intensiivsust ning tulekahju kustutamisel esineb oht isikkoosseisule tulekahju suure soojuskiirguse tõttu. Lafettjoatoru võimaldab, tänu oma ehitusele ning otsiku mitmefunktsionaalsusele, suunata tuldkustutavat ainet (vesi või raske vaht) suurtes kogustes nii kompaktse kui ka pihustatud joana. Peale seda suudetakse lafetiga kustutamisel tagada ka suurem ohutus isikkoosseisule, kuna kustutamine toimub suurematelt distantsidelt põlevast objektist kui käsijoatorude kasutamise korral. (Lafettjoatoru...12.01.08)

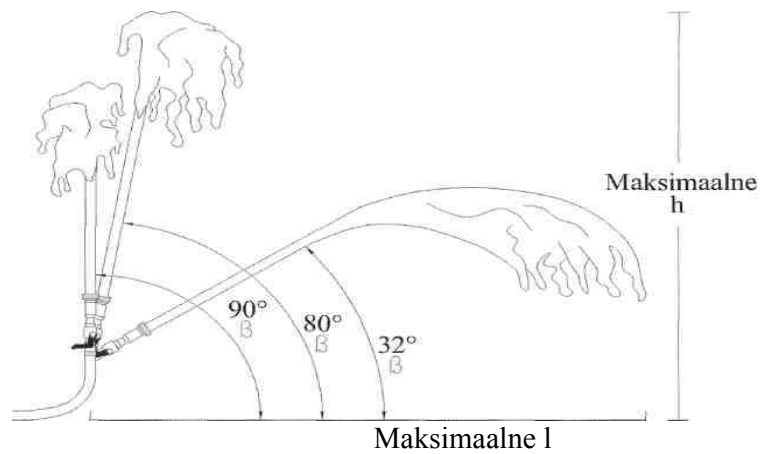
Lafettjoatoru suure vooluhulga ja löögijõuga on seotud ka mõningad piirangud. Kindlasti tuleb vältida joa suunamist inimestele ja kergesti purunevatele ehituskonstruksioonidele. Lafettjoatorusid on kahte tüüpi, on statsionaarsed ja teisaldatavad. Statsionaarsed lafettjoatorud on paigaldatud tavaliselt autode katustele ja toite saavad otse paagist läbi pumba ning teisaldatavad lafettjoatorud on võimalik paigutada vastavalt vajadustele ja vajaliku toite saavad ühest kuni kolmest B (diameeter 63-77mm) voolikuliinist. Lafettjoatorude vooluhulk küündib tavaliselt kuni 5000 l/min. (Suurkivi jt 2000:56)

1.3. Joad

Tulekahjude korral tagab kustutamise efektiivsuse eelkõige nõutav tulekustutusvee kogus ning seejuures on otsustava tähtsusega veepiisa suurus ja vajaliku joa kujundamine. Õigesti reguleeritud joa kaju tagab tulekahju kustutamisel suurema osa vee aurustumise ning kustutamiseks kasutatud vee mitteaurustumist vaadeldakse tihti kui veekadu. Selline olukord võib põhjustada veekahjustusi nii ehitustarinditele kui ruumide sisustusele. Et tagada tulemuslik päästetöö tuleb oskuslikult kasutada joatorusid ning päästetehnikat. (Otsla jt 2007:19)

1.3.1. Kompakt juga

Kompaktse joa puhul on tegemist joaga kus saavutatakse kompaktjoa küllaldane löögijõud ja maksimaalne lennukaugus, mis koosneb nii koonilisest kui ka silindrilisest osast. Silindrilise osa ülesandeks on vee suunamine koonilisse otsikusse ning koonilise osa ülesandeks on väljavoolukiiruse suurendamine. Joatorust väljuv juga on algul kompaktne, suure kiirusega liikuvad veesakesed haaravad kaasa õhu ning juga küllastub õhuga ja laguneb lõpuks üksikuteks piiskadeks. Herterich'i printsiipide järgi saavutatakse suurim joa kõrgus 80° nurga all ja pikim joa pikkus 32° kaldenurga all (vt joonis 1 lk 15). Suurim joa kõrgus on ligikaudu 75% joa pikkusest. (Otsla jt 2007:19).



Joonis 1. Kompaktne juga (Otsla jt 2007:20).

Kompaktse joa pikkus ja kõrgus olenevad järgnevatest teguritest: .(Otsla jt 2007:19)

- joa kaldenurgast horisontaali suhtes;
- joatoru suudme läbimõõdust;
- tuule tugevusest ja suunast;
- joatoru otsiku kujust;
- joa rõhust.

Kompaktse joaga kustutamisel juhitakse vesi otse põlevale ainele, millega kokkupuutel laguneb osa veest piiskadeks ja aurustub. Selle tulemusena tulekoldesse juhitud vesi alandab põlevaine temperatuuri ja pidurdab sellega pürolüüsi ning aurustuv vesi aitab kaasa põlemisgaaside temperatuuri alanemisele. Kompaktse joa puuduseks tulekahjudel on see, et enamus tulekustutusveest valgub maha ega võta seega kustutamisest osa. (Suurkivi jt 2000:57)

Kompaktset juga kasutatakse: (Suurkivi jt 2000:58)

- välistulekahjudel;
- lahtistel sisetulekahjudel;
- tulekollete ja hõõgivate puupindade kustutamisel;
- olukordades, kus vajatakse suurt joa pikkust, kõrgust ja löögijõudu.

Kompaktset juga on ohtlik kasutada: (Suurkivi jt 2000:58)

- tolmustes ruumides (plahvatusoht);

- rasvade ja pigi põlengutel (ülekeemine);
- põlevvedelike põlengutel (pripsmed);
- kemikaalide põlengutel (eraldub ohtlikke gaase).

1.3.2. Pihustatud juga

Pihustatud joa all mõistetakse veejuga, mis kujutab endast erinevate läbimõõtudega veepiiskade pilve ning piiskade suurused sõltuvad eelkõige joa rõhust. (Otsla jt 2007:21)

Pihustatud juga kasutatakse põhiliselt sisetulekahjudel tekkivate põlemisgaaside jahutamiseks, kuna pihustatud juga mõjub kogu kustutatavale pinnale (üheaegselt ja ühtlaselt jahutatav pindala ja ruumala). Pihustatud joa veepiisad suurendavad vee ja kuumade põlemisgaaside vahelist kokkupuutepinda, mille tulemusel seotakse suur osa soojushulgast. Sellest tulenevalt tekkiv aur alandab vähesel määral ruumi hapnikusisaldust (lähmatab tulekahju). Erinevalt kompaktselt vee tuldkustutavast toimest leiavad pihustatud joa vee omadused tulekahjul täielikumat ära kasutamist. (Suurkivi jt 2000:58)

Hoolimata välistest sarnasustest on erinevusi ka pihustatud jugadel. Seda pihustatud jugade poolt tekitavates õhuvooludes. Kõige paremini tulevad erinevused esile gaasipõlengute likvideerimistel. Kustutades gaasipõlengut Fogfighter joatoruga, liiguvad õhuvoolud nii, et gaasipilv põleb pihustatud joa „sees“ ning töötades Akron Turbojet joatoruga liiguvad õhuvoolud selliselt, et gaasipilv põleb pihustatud joa ees. Pihustatud joa puudusteks võib lugeda lühikest joa pikkust ning samuti sõltuvust ilmastiku tingimustest (nt tuulest). (Suurkivi jt 2000:59)

Pihustatud jugade kasutamisel on tähtis teada, millise joa nurga kasutamine tulekahjul on kõige efektiivsem ja ohutum: (Otsla jt 2007:23)

- kuni 30° välistulekahjud ja järelkustutamine;
- 40°-90° põlemisgaaside jahutamine;
- 80°-90° suitsutuulutus joatoruga akna kaudu;
- 100°-120° suitsutuulutus, gaasipõlengud ja soojuskiirguse kaitse.

Pihustatud juga kasutatakse: (Suurkivi jt 2000:59)

- sisetulekahjudel;
- põlevvedelike põlengutel;
- gaasipõlengutel;
- tolmuste ruumide põlengutel;
- autopõlengutel;
- ohtlike gaasipilvede kontrolli all hoidmisel;
- suitsutuulutusel;
- soojuskiirguse kaitsel.

1.4. Joatorukraanide ehitus ja nende erinevused

1.4.1. Kuulkraan

Kuulkraane kasutatakse väga palju joatorude avamiseks ja sulgemiseks. Kuigi kuulkraanide kasutusala on suur, saab välja tuua mõningad puudused nende kasutamisel (Kuulkraan...13.01.08):

- kuulkraan on välja töötatud töötamiseks täielikult avatud või täielikult suletud positsioonis;
- kui kuulkraan ei ole täielikult avatud, siis ta arendab ägeda turbulentsuse joatoru sees;
- turbulents lagundab kompaktjoo;
- turbulents põhjustab katkendliku ebaühtlase udujoo;
- joatorusurve kasvamisel muutub kuulkraaniga opereerimine raskemaks, kuna veesurve surub kuuli aina tugevamini klapipesa vastu.

Peamiseks probleemiks kuulkraanide juures saab pidada seda, et väga halb on töötada joatoruga kui kraan on poolenisti avatud. Kuulkraaniga joatoru puhul ei saa vooluhulka kontrollida turbulentsi tekitamata. Iga katse töötada mitte täielikult avatud positsioonis

loob ägeda turbulentsi joatoru sees, mis põhjustab kompaktjoa halva kvaliteedi ja väikese joa pikkuse, samuti pole võimalik anda korralikku udujuga. (*Ibid* 13.01.08)

1.4.2. Libisev liugklapp

Väga paljude tänapäeva joatorude ehitamisel on kasutatud kraani avamiseks libiseva liugklapi võtet. Sellise ehitusega joatoru kraan kontrollib vooluhulka, töötab turbulentsi tekitamata ja on kasutamisel väga töökindel. (Libisev... 15.01.08.)

Peale kraani liikumist, kompenseerib vooluhulga muutumist survekontrollmehhanism. Liigutades peadeflektorit, et muuta väljalaskeava suurus õigeks, aitab survekontrollmehhanism samas säilitada korraliku joatoru surve. Tänu libisevale liugklappüsteemile on võimalik opereerida joatoruga ükskõik millise kraani käepideme positsioonis turbulentsi tekitamata, mis muidu võiks mõjutada veejoa kvaliteeti (*Ibid* 15.01.08.).

Libiseva liugklapi eelised on (*Ibid* 15.01.08.):

- libisev liugklapp on valmistatud roostevaba terasest;
- teostades korralikku hooldust ei kiilu kinni;
- kõrgema surve korral opereerimine ei muutu raskeks;
- alati on kraan kergesti avatav;
- vooluhulka kontrollitakse turbulentsi tekitamata.

Tänu sellistele omadustele on hea töötada redelitel, katustel ja samuti muudes raskendatud ning ohtlikes kohtades.

2. VINDICATOR JOATORU ÜLDISELOOMUSTUS

Suurematel tulekahjudel on peamiseks probleemiks vajaliku vooluhulga saamine tulekoldesse, kuna üheaegselt töötavad väga paljud joatorud ning toimub pidev olukorra muutus. Näiteks lisatakse täiendavalt voolikuliine ja joatorusid, suletakse joatorude kraane või avatakse neid. Sellega võime aga seada ohtu päästjad ning seoses sellega võime muuta tulekahju arengut halvemuse poole. Ei ole just kõige meeldivam töötada olukorras, kus ühekorraga enam joatorust ei saada vajalikku vooluhulka, mida oleks vaja tule kustutamiseks. Selleks, et ära hoida selliseid olukordi on vaja joatorusid, mis tagaks tulekahjul kogu aeg perfektse vooluhulga, koos ideaalse veejooa pikkusega ja madala reaktsioonijõuga. Ameerika tuletõrjeturule on ilmunud joatoru, mis annab pika veejooa, suure vooluhulga, kuid samas on joatoruga kerge töötada ja manööverdada. Selline joatoru on hea lahendus kaugemale arenenud tulekahjude kustutamiseks ja isikkoosseisule.

Kuigi Vindicator joatorud on suhteliselt uued töövahendid, tõestavad need kasutuses olles oma efektiivsust kiirelt. Vindicatorit disainides võeti aluseks kaks tähtsamat faktorit tulekahju kustutamisel - joa kuju ja vee vooluhulk ning lisati veel üks element- õhk, mis vähendab leegi temperatuuri. (Features...20.01.08)

Vindicator joatoru vastab kõrgenenud nõudmistele vooluhulga ja kuumuse imamiseks vajaliku pihustatuse osas. Võrreldes pihustatud ja kompaktsed juga pakub joatoru kõrgeimat vooluhulka, tehes seda samas väiksema joareaktsiooniga, mis on turvalisem ning tagab parema manööverdamise võime ja põhjustab vähem veeauru teket. Eeliseks teiste jugadega võrreldes on joasse lisanduv õhk, mis võimaldab kiiremat kuumuse imamist põlengutsoonist. Tiheda suitsuga täidetud keskkonnas annab Vindicator veel ühe eelise, milleks on põlemisproduktide ja vee segu suunamine põlengu koldesse, vähendades seeläbi leegi temperatuuri. Vindicator parandab ka nähtavust suitsus, lisades süsiniku osiseid joasse. (Back...20.01.08)

Konstrueerides joatoru pani Las Vegase tuletõrjeteenistus kirja täpsed nõuded ja kriteeriumid millele peaks vastama üks hea joatoru (Features...20.01.08):

1. võimas vooluhulk;

2. väike tagasilöök;
3. vastupidav ja töökindel;
4. hooldusvaba;
5. võimeline andma vahtu;
6. automaatne läbipesu;
7. pikk juga;
8. juga peab säilitama oma kompaktsuse võimalikult lõpuni;
9. veejuga alandab põlemiskohas tõhusalt temperatuuri;
10. joatorul garantiit üle kümne aasata;
11. hea kvaliteedi ja hinna suhe.

2.1. Vindicator joatoru töö põhimõte, tehnilised andmed

Vindicator joatoru töötamisel jaguneb juga suure läbimõõduga tilkadeks, mis annab parema joa pindala ja vooluhulga suhte võrreldes teiste joatorude kompaktjugaadega, tulemuseks efektiivsem kuumuse imamine. Selletõttu pole ka Vindicatori joaga kuumuse vähendamise eesmärgil vajalik kasutada pörkemeetodit sarnaselt kompaktjoaga. Suuremad tilgad on ka vähem mõjutatavad tuulest ja tõusvast kuumast õhust, mis on oluline omadus põlevvedelike kustutamisel ja vahurünnakul. Vindicatori juga on samuti halvem elektrijuht kui kompaktjuga. (Features...20.01.08)

Vindicator joatoruga on võimalik töötada rõhul alates 1,7 bar kuni 8,6 bar. Vähenenud rõhu korral lüheneb küll joa pikkus kuid tagatakse siiski tööks vajalik vooluhulk. Suurenenud rõhu tulemuseks on pikem joa ulatus ja suurem vooluhulk. Töötades soovituslikul standardsel rõhul (3,5 bar) on Vindicator joatoruga kergem liikuda, mis on turvalisem ja väsitab vähem päästjat. (*Ibid* 21.01.08)

Vindicator joatoru koosneb kahest osast: kuulkraanist ja torust, mis on valmistatud alumiiniumist ja roostevabast terasest (vt lisa 1). Toruosa on ühes tükis, mis teeb selle väga vastupidavaks ning joatoruga on võimalik purustada nõrgemaid takistusi, näiteks klaasi jm. Tänu toru eripärasele ehitusele, imetakse joatorusse joa moodustamisel õhku, selle tulemusena saavutatakse väike tagasilöök, mille summutavad suurel määral ära torus vee segunemine õhuga ja hüdraulilise takistuse ületamine. Juurdeimetav õhk muudab vee

pihustatuks, kuid juga säilitab siiski oma kompaktsuse, lendab kaugemale ja alandab põlemiskohas tõhusalt temperatuuri. (Features...22.01.08)

2.1.1. Joatoru tehnilised andmed

Vindicator joatoru tootja First Strike Technologies on välja töötanud kolm käsijoatoru mudelit, mis on modelleeritud vastavalt tootlikkusele (Frequently...22.01.08):

- Light Attack vooluhulgaga kuni 750 l/min;
- Heavy Attack vooluhulgaga kuni 1600 l/min;
- Blitz Attack vooluhulgaga kuni 1900 l/min.

Joatoru Light Attack on mõeldud töötamiseks 38mm ja 42mm voolikuliinidega ning saavutab 3,5 bar surve juures vooluhulgaks 360 l/min. (*Ibid* 25.01.08)

Heavy Attack joatoruga töötatakse 42mm, 51mm või isegi 63mm voolikuliinidega ning saavutab 3,5 bar surve juures vooluhulgaks 950 l/min. (*Ibid* 25.01.08)

Ning kõige suurema tootlikkusega joatoru Blitz Attack saavutab 3,5 bar surve juures vooluhulgaks 1230 l/min. Kuna tegemist on madalsurve joatorudega siis joatoru saavutused milleni püüeldi on väga võimsad ja suured. (*Ibid* 25.01.08)

Ajakirja „Fire Rescue“ 2002. aasta augusti numbris ilmunud Las Vegase tuletõrjeteenistuse inseneri Paul Shapiro kirjutises on välja toodud, et sõltumatu uuringu käigus katsetati Vindicator Heavy Attack joa pikkust 20° nurga all erinevatel joatoru rõhkudel (vt tabel 1 lk 22) ning saadi järgmised tulemused (*Ibid* 25.01.08):

Tabel 1. Vindicator Heavy Attack joa pikkus 20° nurga all

Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joa pikkus (m)
2,7	795	13	27,4
3,5	950	16	30,5
4,1	1080	18	36,0
4,8	1250	21	40,5
5,5	1382	23	47,5
6,2	1514	25	50,3
6,9	1665	28	54,3
7,6	1741	29	58,2

2.2. Vindicator joatoru eelised

New Yorgi tuletõrjeteenistus viis läbi ulatusliku ja tehniliselt hästi teostatud katsetuse, kus võrdles Vindicator Heavy Attack joatoru oma kasutusel olevate 15/16-tolliste joatorudega, mis on kõrgelt hinnatud suure vooluhulga ja väikese tagasilöögi poolest. Katsetustel kasutati 45mm voolikuliine. (Vindicator...26.01.08)

Katsetuse tulemused olid üllatavad New York'i pritsimeeste jaoks.

1. Vindicator Heavy Attack joatoru lasi 20m kauguselt 25% rohkem vett põlemiskoldesse kui teised kasutusel olevad joatorud, tänu sellele, et juga säilitas oma kompaktsuse lõpuni ja enne põlemiskohale jõudmist ei läinud osa joatorust välja lastud veest kaotsi.
2. Vindicator joatoru juga lõi 20m kauguselt 11% tugevamalt vastu takistust, mis tähendab, et rohkem vett tungib põlevasse materjali.
3. Joatoru tagasilöögi testil andis Vindicator joatoru 25% suurema vooluhulga, põhjustades seejuures 3% väiksema tagasilöögi.
4. Tulekustutuse katsel sama vooluhulga juures neelas Vindicator joatoru juga kuumust 38% kiiremini ja langetas ruumi temperatuuri 42% võrra rohkem kui kasutusel olevate 15/16-tolliste joatorude juga.
5. Voolikuvääne testil (tähtis test madalsurve joatorude katsetamisel) viidi läbi kaks katset: vooluhulgal 680 l/min 2 bar surve juures ja vooluhulgal 910 l/min 3 bar

surve juures tekitati karmid murdekohad voolikuliini sisse, esimesel katsel Heavy Attack Vindicator kaotas ainult 19 l/min, teisel juhul 75 l/min.

Ajakiri „Industrial Fire Journal“ nimetas oma joatorude ja monitoride ülevaates Vindicator joatoru uue milleeniumi kõige innovaativsemaks joatoruks. (Firefighters...28.01.08)

Vindicator'i tootja First Strike Technologies positioneerib joatoru selliselt, et see ei asenda olemasolevaid joatorusid, kuid on kasulik lisa olemasolevale varustusele. Kuid paljud USA tuletõrjeteenistused on teinud just vastupidiselt, pannud Vindicatorid oma põhijoatorudeks ning on nendega äärmiselt rahul.

3. KATSETE TUTVUSTUS

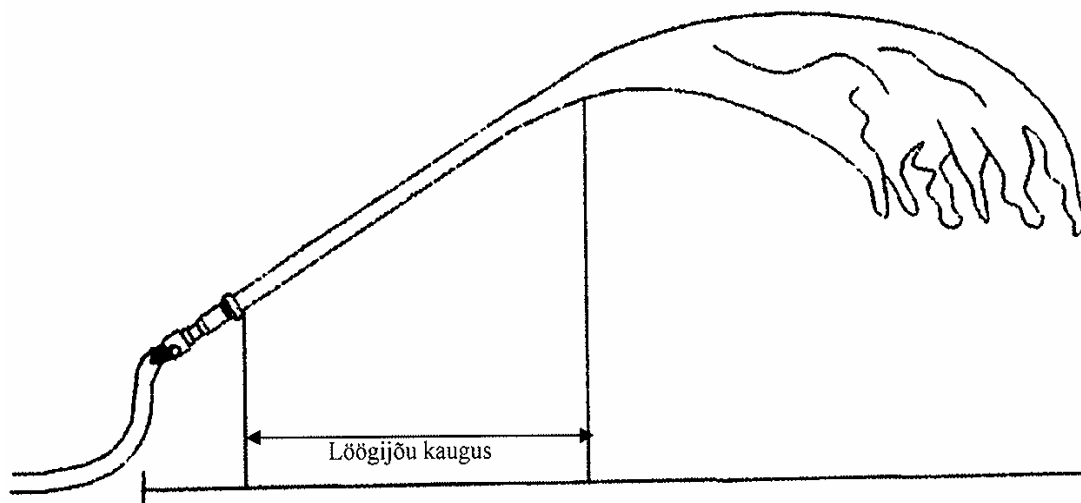
Kuna tänapäeva tehnoloogia arenguga on arendatud ja kasutusele võetud mitmeid uusi käsijoatorusid, korraldas lõputöö autor Lääne- Eesti Päästkeskuses, Pärnus 13.04.2008 aastal, käsijoatorude katsetuste päeva, kuhu oli kaasatud Lääne- Eesti ja Põhja-Eesti Päästkeskuse spetsialistid. Antud katsetuste korraldamise vajadus tekkis sellest, et teenistustes on kasutusel palju erinevaid käsijoatorusid ja kuna puudub ülevaade joatorude efektiivsusest ning nendega töötamise-opereerimise optimaalsusest lahtistel- ja suurtulekahjudel. Katsetustest võttis osa lõputöö autor, Lääne- Eesti Päästkeskuse Pärnu korrapidamisgrupi vanemoperatiivkorrapidaja Aleksandr Frischer, Põhja-Eesti Päästkeskuse Tallinna korrapidamisgrupi vanemoperatiivkorrapidaja Andres Mumma ning Pärnu keskkomando valves olev isikkoosseis.

Katsetuste põhieesmärgid:

Katsetuste eesmärgiks on välja selgitada, kas käsijoatoru Vindicator oleks efektiivsem manööverdabil ning põlengute kustutamisel nii lahtistel kui ka suurtulekahjudel, kui hetkel teenistustes kasutusel olevad käsijoatorud. Katsete tulemuste analüüsimiseks kasutab autor praktilisi mõõtmisi, kus joatorude katsete planeerimisel ja läbiviimisel arvestab järgmiste teguritega:

- pumbarõhk;
- vooluhulk;
- joatorurõhk;
- joa löögijõu kaugus;
- joatoruga töötamine.

Joa löögijõu kauguse all mõeldakse joa pikkust joatorust kuni joa kompaktsuse kaotamiseni (vt joonis 2 lk 25).



Joonis 2. Joa löögijõu kaugus (autori koostatud)

Joatoruga töötamise all on selle katse teostamisel autor arvesse võtnud liikuvust ja manööverdämist koos voolikuliiniga. Selle katse tulemusel saab teada, kas antud pumbarõhu juures on võimalik joatoruga töötada üksi või on selleks vaja mitut inimest. Töötamine joatoruga on autor liigitanud järgmiselt:

- 1) töötamine üksi;
- 2) töötamine üksi, aga raskendatud;
- 3) töötamine kahekesi;
- 4) töötamine kolmekesi ja enam.

Lõputöö katsetustel katsetab autor käsijoatorusid, mis on teenistustes juba kasutusel, kui ka joatorusid, mida ei ole veel teenistustes igapäevaselt kasutusel. Katsetavateks joatorudeks on Lääne–Eesti Päästkeskuses olevad Protek kombineeritud joatoru käsitsi reguleeritava vooluhulgag, Protek automaatjoatoru ning Protek siledatüveline 15/16 tolli joatoru, lisaks nendele veel joatorud, mis ei ole meie teenistustes rakendust leidnud ning on tutvumiseks hangitud, nendeks on Heavy Attack Vindicator ja Light Attack Vindicator joatorud. Protek siledatüveline 15/16 tolli joatorud on igapäevases kasutuses Lääne-Eesti Päästkeskuses Saaremaal ja Põhja-Eesti Päästkeskuses Tallina päästeteenistuses põhiautode peal.

3.1. Katsetel olev varustus ja tehnika

Lõputöö autor kasutab katsete läbiviimiseks Lääne-Eesti Päästkeskuse Pärnu keskkomandos olevast tehnikast teist põhiauto (Pärnu 1-2) Man FPN 15-2000 ning selle isikkoosseisu.

Joatoru rõhkude ning vee vooluhulga mõõtmisteks kasutab autor katsetel Portatiivset POK voolumeetrit, mida kasutatakse vedeliku rõhu ja vooluhulga määramiseks. Voolumeetril on alumiiniumsulamist korrosioonivastase kaitsekihiga korpus, elektroonilised osad on kaetud kondenseerumise ja korrosioonivastase isolatsioonkihiga. Seade töötab 12 voldise laetava akuga, mis tagab kuni 8 tunnise tööaja. (Control...03.03.08)

POK voolumeetriga (vt lisa 2) on võimalik mõõta rõhku 0,1st kuni 17 bar'ni, tootja pakub vajadusel ka kõrgsurve (üle 17bar) määramiseks ehitatud seadet. Voolumeetri täpsuseks on +/- 0.05 bar rõhu mõõtmisel ja 2,5% vooliku läbimõõdust vooluhulga määramisel. Katsetel kasutatav 3 tolline POK voolumeeter võimaldab määrata vooluhulka 140st kuni 2590 l/min või 8,4st kuni 155 M³/h. (*Jbid* 03.03.08)

4. KATSED

Autor katsetab lõputöö katsetes põhiliini hargnemist ühe tööliiniga, kus tööliini läbimõõt on 42 mm ning 51 mm (autopump + 1 x 77 mm + rotomeeter + hargmik + 2 x 42mm või 51 mm + joarõhu manomeeter + joatoru)

4.1. Katsetatavate joatorude andmed

1. Light Attack Vindicator (vt lisa 3) on kompakt joatoru, mille tootlikkus on vahemikus 340 kuni 750 l/min. Kõige optimaalsem töö rõhk on 3,5–8 bar`i. (Back...15.03.08)

2. Heavy Attack Vindicator (vt lisa 4) on kompakt joatoru, mille tootlikkus on vahemikus 660 kuni 1600 l/min. Kõige optimaalsem töö rõhk on 3,5 bar`i. (*Ibid* 15.03.08)

3. Protek siledatüveline 15/16'' joatoru (vt lisa 5) (diam 24 mm) on kompakt joatoru, tootlikkus jääb vahemikku 480 kuni 700 l/min ning töö rõhuks 1,5-3,5 bar`i. (Shutoffs...15.03.08)

4. Protek 367 (vt lisa 6) on käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru. Protek joatoru tootlikkus vastavalt, kas 360-750 l/min, optimaalne joarõhk 5 bar`i. (Selectable...15.03.08)

5. Protek 323 (vt lisa 7) on kombineeritud automaat käsijoatoru, mis reguleerib ennast vastavalt tootlikkusele ning mille tootlikkus jääb vahemikku 265-750 l/min. Joatoruga töötamiseks vajav rõhk on 5 bar`i. (Automatic...15.03.08)

4.2. Katsetused põhiliini hargnemisega 42 mm tööliiniga

Tabel 2. Light Attack Vindicator joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
7	3,9	390	6,5	10	üks
9	4,7	450	7,5	11	üks
11	5,4	500	8,5	13	üks

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 3. Protek siledatüviline 15/16“ joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
6	1,6	480	8	11	üks
10	2,6	600	10	13	üks
12	3,1	660	11	15	üks

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 4. Protek 323 automaatjoatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
8	4,5	310	5	15	üks
10	5,6	360	6	15	üks
12	5,6	540	9	20	üks aga raskendatud

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 5. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
12	3,6	540	9	12	üksi aga raskendatud

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Ei ole sobiv töötamiseks 42 mm tööliiniga, kuna ei kasuta eesmärgipäraselt joatorule antud ressursi.

4.3. Katsetused põhiliini hargnemisega 51 mm tööliiniga

Tabel 6. Light Attack Vindicator joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
7	5,5	540	9	17	kahekesi
9	6,5	600	10	21	kahekesi
11	8,2	700	12	24	kolmekesi

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 7. Heavy Attack Vindicator joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
7	3,6	700	12	16	kolmekesi
9	4,5	840	14	20	kolmekesi
11	5	960	16	24	kolm ja enam

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 8. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
8	5	660	11	19	kolmekesi
9	5,6	720	12	21	kolmekesi

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 9. Protek 323 automaatjoatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
8	5,8	540	9	19	kolmekesi
10	6,9	660	11	21	kolm ja enam

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Tabel 10. Protek siledatüviline 15/16“ joatoru

Pumbarõhk (bar)	Joatoru rõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joapikkus (m)	Joatoruga töötamine
6	3,5	660	11	17	kahekesi

Allikas: autori poolt koostatud 13.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsed

Ei ole mõtet kasutada, kuna võrreldes 42 mm tööliiniga võidab juurde ainult 0,5 l/s, aga kaotab kõvasti manööverdamisel, sest tuleb töötada juba kahekesi ning joatoru on saavutanud oma maksimum tootlikkuse.

5. KATSETE TULEMUSED JA JÄRELDUSED

5.1. Tulemused

Tabel 11. Koondtabel 42 mm tööliniga

Joatorud	Pumba rõhk (bar)	Joarõhk (bar)	Vooluhulk (l/min)	Vooluhulk (l/s)	Joalöögijõu kaugus (m)	Joatoruga töötamine
Vindicator Light Attack	7	3,9	390	6,5	10	üksi
	9	4,7	450	7,5	11	üksi
	11	5,4	500	8,5	13	üksi
Siledatüveline 15/16"	6	1,6	480	8	11	üksi
	10	2,6	600	10	13	üksi
	12	3,1	660	11	15	üksi
Protek 323 automaat	8	4,5	310	5	15	üksi
	10	5,6	360	6	15	üksi
	12	5,6	540	9	20	üksi aga raskendatud

Allikas: autori poolt koostatud 15.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsete tulemused

Järeldades katsete tulemustest ei sobi Light Attack Vindicator joatoru töötamiseks 42 mm tööliniga, kuna 42 mm liini läbilaskvus ei võimalda küllaldast vee peale voolu ning joalöögijõu kaugus jääb lühikeseks, küündides maksimum 13 meetrini. Vastukaaluks võib välja tuua joarõhu, mis jääb 3,9-5,4 bar'i vahele ning sellest tulenevalt on joaga kerge töötada ja manööverdada ka ühel inimesel.

Joatoru Protek siledatüveline 15/16" katsetest 42 mm tööliniga selgus, et 12 bar'i pumbarõhu juures tõuseb joarõhk vaid 3,1 bar'ni, vooluhulk on 11 l/s ja joalöögijõu kaugus ulatub 15 meetrini. Analüüsides neid parameetreid saab järeldada, et eelpool mainitud tingimustel saab joatoruga töötada üksi, joatoru on efektiivne kasutamiseks eluhoonete lahtistel tulekahjudel pumbarõhul 12 bar, kuna sellisel pumbarõhul saavutab joatoru tootja poolt antud tootlikkuse.

Protek 323 automaatjoatoru saavutab 12 bar'i pumbarõhu korral 20 meetrise joalöögijõu kauguse, kuid vooluhulgaks jääb 9 l/s, mis võiks olla suurem. Miinusena võib veel välja

tuua ka joarõhu, mis ulatub 12 bar'i pumbarõhu korral 5,6 bar'ni, mis omakorda muudab aga joatoruga töötamise üksinda raskendatuks.

Tabel 12. Koondtabel 51 mm tööliniga

Joatorud	Pumba rõhk (bar)	Joarõhk (bar)		Vooluhulk (l/s)	Joa pikkus (m)	Joatoruga töötamine
Vindicator Light Attack	7	5,5	540	9	17	kahekesi
	9	6,5	600	10	21	kahekesi
	11	8,2	700	12	24	kolmekesi
Vindicator Heavy Attack	7	3,6	700	12	16	kolmekesi
	9	4,5	840	14	20	kolmekesi
	11	5	960	16	24	kolm ja enam
Protek 367 käsitsi reg.	8	5	660	11	19	kolmekesi
	9	5,6	700	12	21	kolmekesi
Protek 323 Automaat	8	5,8	540	9	19	kolmekesi
	10	6,9	660	11	21	kolm ja enam

Allikas: autori poolt koostatud 15.04.2008 Lääne-Eesti Päästkeskuses, Pärnus läbiviidud katsete tulemused

Light Attack Vindicator joatoru omadused vastavad tehnilistele andmetele, mis on antud tootja poolt - vooluhulk (12 l/s) 11 bar pumbarõhu juures. Üheks puuduseks võib siiski välja tuua, et joatoru maksimum võimsust saavutades, tõuseb joarõhk 8,2 bar'ni, seega peab töötama kolm inimest, saavutamaks hea manööverduse. Antud joatoru on sobiv töötamiseks suure isikkoosseisuga kohtades. Lisaks on joatoru sobiv laohoonete tulekahjude kustutamisel, kus on tegemist kõrgete lagedega.

Heavy Attack Vindicator joatoru puudusena saab välja tuua joareaktsiooni jõu, kuna joaga töötamiseks on vaja kolme, liikumiseks ja opereerimiseks isegi nelja kuni viite inimest. Samas saab joatoru plussidena nimetada joatootlikkust, mis on 16 l/s 11 bar pumbarõhu juures. Järeldusena saab öelda, et tegemist on joatoruga, mis sobib töötamiseks sündmustel, kus on võimalik kasutada ühe joaga töötamiseks kolme või enam inimest.

Protek 367 on käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud joatoru. Joatoru saavutab tootlikkuse 12 l/s 9 bar juures ning joa löögijõu kauguse 21 meetrit. Miinusena saab

siinkohal välja tuua suure joareaktsiooni, sellest tingituna on joaga töötamiseks vaja kolme või enam inimest.

Protek 323 automaatjoatoru ei anna 51 mm tööliiniga töötamisel soovitud tulemusi, kuna pumbarõhul 10 bar on joarõhk juba 6,9 bar ning vooluhulgaks vaid 11 l/s. Liikuda ning opereerida tuleb joatoruga kindlasti kolme või enama inimesega.

5.2. Järeldused

Autori poolt tehtud katsete tulemuste analüüsist saab järeldada, et kõige otstarbekam on, arvestades hetke olukorda ning komandode ning piirkondade iseärasusi, kasutada eluhoonete lahtistel tulekahjudel põhiliini hargnemist tööliiniga 42mm ning Protek 15/16'' käsijoatoru. Seda saab eeldada sellest, et eelpool mainitud käsijoatoruga töötamiseks ning opereerimiseks on vaja ühte inimest ning joarõhk tõuseb vaid 3,1 bar´ni pumbarõhul 12 bar´i. Laohoonete ja teiste suurtulekahjude puhul, kui on vaja nelja või enam joatoru, on efektiivne kasutada Light või Heavy Vindicator joatorusid põhiliini hargnemisel 51mm tööliiniga, mis muidugi eeldab suurt isikkoosseisu, kuna joarõhk tõuseb näiteks 11 bar´i pumbarõhu korral vastavalt 8,2 bar´ni ja 5 bar´ni ning vooluhulk jääb vahemikku 12-16 l/s.

Samuti on suure osatähtsusega ka väljaõpe, mille käigus peavad kõik päästjad saama teadmised just oma piirkonnas kasutusel olevast varustusest. Iga päästja peab teadma joatorude võimekust ning olema otsustusvõimeline valima sellist joatoru, mida just selles situatsioonis oleks kõige efektiivsem kasutada. Väljaõppel tuleb samuti tähelepanu pöörata pumbarõhule, mis mõjutab nii vooluhulka, jao löögijõu kaugust kui ka joarõhku, mis omakorda mõjutavad kustutusprotsessi.

KOKKUVÕTE

Lõputöö on kirjutatud teemal “Vindicator joatoru võrdlusanalüüs kasutusel olevate käsijoatorudega”. Antud lõputööga püüti analüüsida joatorude efektiivsust eluhoonete lahtistel tulekahjudel, kasutades selleks kompaktjugasid. Võrdluses olid viis erinevat joatoru, hinnati nende vee vooluhulka, joarõhku ja joa löögijõu kaugust. Võrdlusmomendina vaadeldi veel erinevate läbimõõtudega tuletõrjevoolikutest moodustatud tööliinide kasutamist. Samas selgitas autor katsete tulemuste põhjal välja joatoru, mis sobib teenistustesse arvestades võimalikult vähese inimressursi olemasoluga komandodes.

Lõputöö tulemusena saadi hea ülevaade joatoru liikidest, kasutusala, ehituslikest erinevustest ning jugadest ja nende kasutusvõimalustest. Põhjalikum ülevaade antakse Vindicator joatorust, tema tööpõhimõtetest ja iseärasustest, kuna Vindicator joatoru ei ole hetke seisuga meie teenistustes kasutusel ning oluline on saada just selle joatoru kohta rohkem informatsiooni.

Päästetöötajate väljaõppel ja täiendkoolitustel tuleb õpetada põhjalikult kasutama joatorusid ja nende võimekust erinevates situatsioonides. Lisaks teoreetilisele õppele tuleb kindlasti talletada teadmisi praktiliste õppuste näol.

Käesolevat lõputööd on võimalik rakendada edaspidi tehtavate katsete teostamisel võrdlusmaterjalina. Luues samasugused katsetustingimused, ei ole vaja katseid läbi viia enam käesolevas töös analüüsitud käsijoatorudega ning adekvaatse hinnangu andmiseks on vaja katseid teostada vaid analüüsimist vajava joatoruga. Käesolevat lõputööd saab samuti kasutada õppematerjalina.

SUMMARY

THE BENCHMARKING OF VINDICATOR NOZZLE COMPARED TO OTHER MANUAL NOZZLES.

The present study is written in Estonian and the abstract in a foreign language is in English. It contains 42 pages including appendixes. This study is based on the compiling and forming instruction confirmed by the directive No. 5-8/81 (2007-09-02) of the rector of National Safety Academy of Estonia.

The current work consists of five chapters and their subsections. It is written in two parts whereas the theoretical part is based on various literatural sources.

The aim of the theoretical part was to give an overview of associative terminology to nozzle, differences of water jets, working principles of different nozzles valves, overall characteristics of Vindicator nozzle, about some of it's preferencials and performance. Also author aimed to give an overview of some nozzles that are used in service, about their characteristics and performance. In addition author gives an overview of the tests and techniques and equipment necessary to perform the tests.

The second part of the study includes the research, for which tha author performed different tests with nozzles and different hose line layouts, where the working lines were 42 and 51mm diametres working lines. The aim of the tests was to find out if Vindicator nozzle would be more effective for putting out open fires of dwelling houses as the nozzles currently at use. In addition the second part of the study includes conclusions of the tests and propositions, which of the nozzles are more effective to use in fires, taking into account the individuality of the fire energy company and operational areas.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

1. A firefighters-friendly nozzle that works. Industrial Fire Journal aug 2002.
<http://00691ee.netsolhost.com/Testimony/Fire%2520Rescue%2520Article.pdf>
(28.01.2008)
2. Automaatjoatoru. Uudsed tulekustutus- ja päästetehnoloogiad.
http://saare.rescue.ee/est/index.php?action=tech_2 (15. 01 2008)
3. Automatic Fixed Pressure Nozzles. Protek Firefighting Equipment.
<http://www.protektfire.com/handline/automatic.html> (15.03.2008)
4. Back To the Basics. First Strike Tehnologies, Inc.
<http://00691ee.netsolhost.com/Basics.htm> (20.01.2008)
5. Control equipment flowmeter. Pokfire catalog 2008.
<http://www.pokfire.com/pdf/catalog/2008%20132.pdf> (03.03.2008)
6. Features and Benefits. First Strike Tehnologies, Inc.
<http://00691ee.netsolhost.com/Features.htm> (20.01.2008)
7. Frequently Asked Questions. First Strike Tehnologies, Inc.
<http://00691ee.netsolhost.com/FAQ.htm> (22.01.2008)
8. Kuulkraan. Uudsed tulekustutus- ja päästetehnoloogiad.
http://saare.rescue.ee/est/index.php?action=tech_2_3 (13.01.2008)
9. Lafettjoatoru. Tooted päästeteenistusele.
http://www.firetek.ee/index.php?lang=est&main_id=140 (12.01.2008)
10. Libisev torukraan. Uudsed tulekustutus- ja päästetehnoloogiad.
http://saare.rescue.ee/est/index.php?action=tech_2_3 (15.01.2008)
11. Madalsurve joatoru. Uudsed tulekustutus- ja päästetehnoloogiad.
http://saare.rescue.ee/est/index.php?action=tech_2_5 (15.01.2008)
12. Otsla, J; Suurkivi, T; Marvet, T. 2007. *Tuletõrje hüdraulika*. Tallinn: Trükitud AS Pakett.
13. Selectable Gallonage Nozzles. Protek Firefighting Equipment.
<http://www.protektfire.com/handline/selectable.html> (15.03.2008)
14. Shutoffs with Tips. Protek Firefighting Equipment.
<http://www.protektfire.com/handline/shutoff.html> (15.03.2008)
15. Suurkivi, T; Marvet, T. 2000. *Tuletõrjuja-päästja A B C*. Tallinn: Trükitud AS Pakett.

16. Šuvalov, M. 1977. *Tuletõrje alused*. Tallinn: Valgus.
17. Thomson Learning, 2000. *Firefighter`s handbook*. Delmar.
18. Vindicator Fire Nozzle Evaluation Report. First Strike Tehnologies, Inc.
<http://00691ee.netsolhost.com/Testimony/Final%2520Report%2520for%2520FDNY.pdf> (26.01.2008)

LISAD

Lisa 1. Vindicator joatoru koosneb kahest osast: kuulkraanist koos käepidemega ja torust



Lisa 2. Pok vee voolumõõtja



Lisa 3. Light Attack Vindicator käsijoatoru



Lisa 4. Heavy Attack Vindicator käsijoatoru



Lisa 5. Protek siledatüveline 15/16“ käsijoatoru



Lisa 6. Protek 367 käsitsi reguleeritava vooluhulgaga kombineeritud käsijoatoru



Lisa 7. Protek 323 kombineeritud automaat käsijoatoru

