

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Jaanus Saar

**PAAKAUTODE VÕIMEKUSE VÕRDLUS VEEVEOL**

Lõputöö

Juhendaja:

Feliks Angelstok PhD

Kaasjuhendaja:

Karmo Kuru

Tallinn 2015

# ANNOTATSIOON

Päästekolledž	Kaitsmine: juuni 2015
Töö pealkiri eesti keeles: Paakautode võimekuse võrdlus veeveol	
Töö pealkiri võõrkeeles: Comparison of the capability of water tenders in water delivery system	
<p>Lühikokkuvõte: Lõputöö on kirjutatud 38 leheküljel ja sisaldab 2 tabelit, 4 joonist, 11 lisa. Lõputöö on kirjutatud eesti keeles, võõrkeelne kokkuvõte on koostatud inglise keeles. Lõputöö eesmärk on hinnata erinevate paakautode võimekust veeveol ja selle alusel anda soovitusi, milliseid paakautode tehnilisi lahendusi on kõige otstarbekam kasutada Eesti päästesüsteemis. Eesmärgi saavutamiseks sõnastas autor uurimisülesanded, millest tulenevalt koguti ja anti ülevaade erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega paakautode tehnilistest andmetest ning hinnati vee peale- ja mahalaadimiseks vajalikku tehnilist varustust. Viidi läbi uuring paakautode võimekuse kohta veeveol ning katsed erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega paakautodega. Uuringu ja katsete tulemustest lähtuvalt analüüsiti paakautode vee imemise, paagi täitmise ja vee mahalaadimise võimekust. Lähtuvalt analüüsi tulemustest tegi autor ettepanekuid paakautode võimekuse tõstmiseks veeveol. Lõputöö tulemusi saab kasutada paakautode riigihangete tegemisel. Uurimismeetoditena kasutati nii kvalitatiivseid (ülevaade teaduslikust kirjandusest) kui ka kvantitatiivseid (küsitlus, eksperiment) andmekogumismeetodeid ja kirjeldava ning võrdleva statistika andmeanalüüsimeetodit.</p>	
Lisad (nt CD, DVD jms):	
Võtmesõnad: veevedu, paakauto, vaakumpaakauto, vaakumpump, vee imemine	
Võõrkeelsed võtmesõnad: water supply, water tender, vacuum tanker, vacuum pump, drafting operations	
Lõputöö seos riiklike arengukavade ja prioriteetidega: Siseturvalisuse arengukava 2015-2020	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia raamatukogu	
Töö autor: Jaanus Saar	
<p>Olen koostanud lõputöö iseseisvalt. Kõik lõputöö koostamisel kasutatud teiste tööde autorite tööd, seisukohad, kirjalikest allikatest ja mujal allikates saadud info on nõuetekohaselt viidatud. Olen nõus oma lõputöö avaldamisega elektroonilises keskkonnas.</p>	
Allkiri:	
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja:	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele	
Kaasjuhendaja:	Allkiri:
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor	
Ain Karafin:	Allkiri:

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
1 PAAKAUTOD .....	10
1.1 Paakauto otstarve.....	10
1.2 Veevedu.....	10
1.3 Paakauto varustus veeveol .....	11
1.3.1 Tsentrifugaalpump.....	12
1.3.2 Vaakumpaakauto .....	13
1.3.3 Kiirväljalaskeklapp .....	13
1.3.4 Lisavarustus .....	14
1.4 Erivõimekusega paakauto .....	15
1.5 Vaakumpaakauto.....	16
2 PAAKAUTODE VÕIMEKUS .....	18
2.1 Ekspertide ootused paakautode tehnilisele võimekusele .....	18
2.1.1 Küsitluse valim ja korraldus .....	18
2.1.2 Küsitlustulemuste analüüs.....	19
2.2 Katsed erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega.....	22
2.3 Katsete tulemuste analüüs .....	25
3 JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD.....	31
3.1 Analüüsist selgunud tulemused .....	31

3.2 Ettepanekud .....	32
KOKKUVÕTE .....	34
SUMMARY .....	36
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU .....	37
TABELITE JA JOONISTE LOETELU.....	39
Lisa 1. Tsentrifugaalpumbaga vee imemise ja paagi täitmisekatse 125 mm imiliiniga (Pärnu 2-1 Scania P380).....	40
Lisa 2. Vaakumpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 125 mm imiliiniga (Pärnu Vesi Scania ).....	41
Lisa 3. Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga imemise ja paagi täitmise keskmiste aegade võrdlus 125 mm läbimõduga imiliiniga .....	42
Lisa 4. Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga imemise ja paagi täitmise keskmiste aegade võrdlus 150 mm läbimõduga imiliiniga .....	43
Lisa 5. Tsentrifugaalpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm imiliiniga (Pärnu 2-1 Scania P380).....	44
Lisa 6. Vaakumpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm imiliiniga (Pärnu Vesi Scania).....	45
Lisa 7. Pärnu 2-1 100 mm surveväljundi ja Pärnu Vesi 100 mm imi-surve väljundiga vee mahalaadimise katse (Pärnu 2-1 Scania P380 ja Pärnu VESI Scania) .....	46
Lisa 8. Paakautode mahalaadimise võimekuse võrdlus.....	47
Lisa 9. Tsentrifugaalpumba ja vaakumpumba tootlikkuse võrdlus paagi täitmisel 125 mm ja 150 mm läbimõduga imiliiniga .....	48
Lisa 10. Uuringu ja katsete tulemuste võrdluse tabel.....	49

Lisa 11. Küsimustik ja uuringu tulemused .....	50
--	----

## Mõistete ja lühendite loetelu

**Vee imemine**- õhu eraldamine imivoolikust, vesi tungib imivoolikusse veepinnale mõjuva õhurõhu toimetel. (Suurkivi & Marvet, 2000)

**Pumba staatiline imemiskõrgus**- veevõtukohta veepinna ja pumba telje või tööratata alumise ääre vahe. (Maastik, et al., 1995)

**Imiliin**- mitmest omavahel ühendatud imivoolikust moodustatud imiliin vee imemiseks. (Suurkivi & Marvet, 2000)

**Vaakumpump**- õhu eraldamiseks pumbast ja imiliinist (hõrenduse tekitamiseks). (Suurkivi & Marvet, 2000)

**Paakauto**- Paakauto on auto, mis on spetsiaalselt ehitatud ohutuks, efektiivseks vee pealelaadimiseks, transpordiks ja mahalaadimiseks õnnetuspaigas, kus teised tuletõrjeautod või pumbad tagavad vee taktikalise vooluhulga õnnetuskohale. (National Fire Protection Association, 2007)

**Vaakumpaakauto**- paakauto, mille paak on konstrueeritud vastu pidama vaakumpumba poolt tekitatud survele ja hõrendusele, vee imemine ja mahalaadimine toimub vaakumpumba poolt tekitatud hõrenduse ja rõhuga. (National Fire Protection Association, 2007)

**Veeloovutusvõime**- ajaühikus paagist mahalaetud vedeliku hulk.

**Vooluhulk (pumba tootlikus )** - pumba ajaühikus läbiva vedeliku hulk l/ min (Maastik, et al., 1995)

**Kiirtühjendusklapp**- gravitatsiooni mõjul vee mahalaadimiseks konstrueeritud klapp (National Fire Protection Association, 2007)

## SISSEJUHATUS

Eesti siseturvalisuspoliitika üks eesmärk aastaks 2020 on kindlustada, et Eesti elanikud tunnevad ennast turvaliselt, sest läbi koostöö ja igapäevase panuse on vähenenud õnnetusse sattumise risk ning tagatud on kiire ja asjatundlik abi õnnetuse korral. (Siseministeerium, 2015)

Tulekahjude kustutamiseks on vaja heade teadmistega päästjaid, kaasaegset vastupidavat tehnikat ja korralikku varustust. Kustutustööde üks tähtsam osa on kustutusvee transport sündmuskohale. Seda on võimalik tagada ainult efektiivselt töötavate paakautodega, mis suudavad kustutustöödeks vajaliku kustutusvee koguse tagada väikseima tehnika- ja inimressursiga.

Päästeteenistuse kutselistel komandodel on praegu kasutusel 63 paakautot ja vabatahtlikel päästjatel 36 paakautot, mille võimekus veetranspordil on väga erinev. Suurem osa päästeteenistuses kasutusel olevatest paakautodest on ümberehitatud kütuse- ja piimaveokid, on ka humanitaarabi korras saadud paakautosid. Päästeteenistuse kasutada on ka kuus kaasaegset vahu erivõimekusega paakautot. Kõik paakautod on varustatud tsentrifugaalpumpadega ja vaakumpumbaga vee imemiseks. Vee mahalaadimiseks on 19 paakautol kiirväljalaskeklapid ja lisavarustusena on kasutusel 17 portatiivset basseini (Nõlvak, 2013, lk 11-12).

Hetkel on Eesti päästekomandodes kasutusel väga palju erineva varustusega paakautosid, mille võimekusest veeveol ei ole ülevaadet.

Aktuaalsus on seotud vajadusega hinnata paakautode tehnilisi võimekusi, mis määravad paakauto efektiivsuse veeveol. Selgitada välja kõige efektiivsema varustusega paakauto ja anda soovitusi uute paakautode võimekamaks muutmisel veeveol. Uuringu ja katsete tulemuste analüüsi põhjal tehtud järeldusi ja ettepanekuid saab Päästeamet kasutada uute paakautode hankimisel. Autorile teadaolevalt ei ole Eestis viidud läbi uuringut kus oleks uuritud erinevate paakautode võimekust vee imemisel, oma veepaagi täitmisel ja vee mahalaadimisel. Uudsenä pakub autor välja mõtte kasutada veeveoks vaakumpaakautot.

Paakauto varustust veeveoks on uurinud Kombe oma lõputöös „Vesivarustuse korraldamine paakautodega“ (Kombe, 2010). Töös uuris ta võimsa pumba, kiirväljalaskeklapi ja basseiniga varustatud paakauto efektiivsust veeveol kus täitepunktis kasutatakse tuletõrjeautot paakauto paagi täitmiseks.

Autori töötades Häädemeeste komando pealikuna, juhtus sageli, et paakautod ei suutnud vett üles imeda vanadest tuletõrje veevõtukohtadest ja ka looduslikest veekogudest, mis jäid sõiduteest kaugemale. Samal ajal kommunaalmajanduses kasutatavad vaakumpaakautod suudavad iseseisvalt tahkeid osakesi sisaldava vee üles imeda 20 m kauguselt. Vaakumpaagi täitmine ning vee mahalaadimine toimub kiiresti ühe imi- surveväljundi kaudu.

Lõputöös võrreldakse tsentrifugaalpumbaga paakauto (tsentrifugaalpump, vaakumpump, kiirväljalaskeklapp, 100 mm surveväljund) ja vaakumpaakauto (õhkjahutusega pöördkolbkompressor, 100 mm imi- surveväljund) võimekust kustutusvee peale- ning mahalaadimisel.

Käesolevas töös uuritakse Eesti päästeteenistuse kasutuses oleva kõige suurema tootlikkusega tsentrifugaalpumba ja kahe vaakumpumbaga (edaspidi tsentrifugaalpump) paakauto võimekust vee imemisel erineva pikkusega imiliinidega, paagi veega täitmisel, vee mahalaadimisel basseini ning võrreldakse seda vaakumpaakauto (edaspidi vaakumpaakauto) võimekusega.

Käesoleva lõputöö eesmärk on hinnata erinevate paakautode võimekust veeveol ja selle alusel anda soovitusi, milliseid paakautode tehnilisi lahendusi on kõige otstarbekam kasutada Eesti päästesüsteemis.

Eesmärgi saavutamiseks lõputöö raames on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

1. Anda ülevaade erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega paakautode tehnilistest andmetest ning hinnata vee peale- ja mahalaadimiseks vajalikku varustust.
2. Uurida küsitluse teel ekspertide ootusi paakautode tehnilistele võimekustele.
3. Viia läbi katsed erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega paakautode võimekuse selgitamiseks.



4. Analüüsida, millise tehnilise varustusega paakauto on kõige efektiivsem Eesti tingimustes ja anda suunised tehniliste muudatuste sisseviimiseks paakautode võimekuse tõstmiseks veeveol.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis anti ülevaate paakautode tehnilisest varustusest, mis on vajalik vee imemiseks, paagi täitmiseks ja vee mahalaadimiseks. Teises peatükis teostati uuring paakauto tehniliste näitajate kohta. Küsitluse teel selgitati välja ekspertide (operatiivkorrapidajad, rühmapealikud, meeskonnavanemad) ootused paakautode tehnilisele võimekusele. Küsitlus viidi läbi elektroonsel kujul online küsitlusena. Ankeetküsitlus sisaldas 9 valikvastustega küsimust paakauto tehnilise võimekuse kohta vee imemisel, paakauto paagi veega täitmise kiiruse ja mahalaadimise kiiruse kohta.

Viidi läbi eksperiment erinevate peale- ja mahalaadimise süsteemidega paakautodega, selgitamaks välja tsentrifugaalpumbaga varustatud Pärnu paakauto ja AS Pärnu Vesi vaakumpaakauto võimekus vee imemisel, paagi täitmisel ja vee maha laadimisel. Katsete eesmärgiks on välja selgitada, millise tehnilise varustusega paakauto suudab kiiremini vee üles imeda, täita oma paagi veega ja vesi basseini maha laadida. Tagades sellega suurema veekoguse tulekahju kustutamiseks väiksema tehnika- ja inimressursiga.

Kolmas peatükk sisaldab analüüsi tulemusi ja järeldusi ning sellest tulenevaid ettepanekuid, mida saab kasutada uute paakautode hankimisel.

Uurimisöös kasutatakse nii kvalitatiivseid (ülevaade teaduslikust kirjandusest) kui ka kvantitatiivseid andmekogumismeetodeid (ankeetküsitlus, eksperiment) ning kirjeldava ja võrdleva statistika andmeanalüüsimeetodit.

# 1 PAAKAUTOD

## 1.1 Paakauto otstarve

Päästeameti üheks põhiülesandeks on päästetööde tegemine. Suuremate tulekahjude kustutamiseks ei jätku tihti tulekustutus- ja päästeautode paakides olevast veest, siis on vaja organiseerida veevedu lähimast tuletõrje veevõtukohast. Vee transportimiseks sündmuskohale on loodud spetsiaalne tuletõrjeauto - paakauto.

Efektiivseks veeveoks on paakautol tähtsad alljärgnevad võimekused:

1. Vee pealeladimise võimekus.
2. Vee mahalaadimise võimekus.

## 1.2 Veevedu

Mahukatel ja pikaajalistel tulekustutustöödel vajatakse sageli lisavett. Tänapäevased veetranspordi võimalused on (Otsla, Suurkivi, Marvet, 2007, lk 61):

1. lisavee andmine hüdrantist,
2. lisavee andmine veevõtukohast,
3. lisavee vedu põhi- ja paakautoga.

Veevedu kasutatakse kustutusvee toimetamiseks tulekahjukohale paakautodega veevaestes piirkondades, kus magistraalliinide moodustamine on tülikas või ebapraktiline. Veevedu hõlmab paakauto sõitu tulekahjukohale, kustutusvee mahalaadimist tulekahjukohal, paakauto sõitu täitmiskohale, paagi täitmist kustutusveega täitmiskohal, paakauto naasmist tulekahjukohale ja uue koguse kustutusvee mahalaadimist. (Mumma & Frischer, 2009)

Sõidu teekonna pikkus, vee peale- ja mahalaadimise asukohad, looduslikud tingimused mõjutavad aega, mis kulub kustutusvee transportimiseks sündmuskohale. Kustutusvee transpordi käigus on võimalik kõige rohkem säästa aega vee pealeladimisel ja mahalaadimisel. Vee pealeladimine ja mahalaadimise kiirus mõjutab otseselt kustutusvee hulka tulekahju kohal. (National Fire Protection Association, 2007)

Veeveol on kõige olulisemad kaks sõlmpunkti, täitmispunkt ja mahalaadimispunkt. Täitmispunkti asukohta kindlaksmääramiseks on vaja teada tuletõrje veevõtukohti, samuti on vaja eelnevalt kaardistada looduslike veekogude, nagu jõgede, ojade, tiikide asukohti, kust on võimalik tulekahju korral saada kustutusvett. (Bachman, 2005) Täitmispunkti eesmärk on täita paakautosid kustutusveega kõige sobivamal ja kiiremal viisil. Võimalikult kiireks paakauto kustutusveega täitmiseks tuleb paigaldada veevõtukohtale võimas tuletõrjepump. Vooluhulga suurendamiseks lahtisest veevõtukohtast tuleb paigaldamisel leida koht, kus veepinna ja pumba imiava vaheline kõrgus oleks alla 3 m ning kasutatakse võimalikult lühikest imiliini. Veevõtukohtal asuvast autopumbast moodustatakse kaks 77 mm läbimõõduga toiteliini ja täidetakse paakauto paak veega. (Mumma & Frischer, 2009)

Paakautole võib paigaldada 100 mm või 125 mm läbimõõduga täiteavad, mis võimaldavad täitepunktis paakauto paagi täita 100 mm läbimõõduga toiteliiniga ja maksimaalse vooluhulgaga, mida täitepunktis asuva auto pump võimaldab (Kerr, 2005).

Mahalaadimispunkt peab asuma tulekahjukoha lähedal ning selle ülesanne on tagada pidev kustutusvee olemasolu rünnakuautopumpadele (Mumma & Frischer, 2009). Vee kiireks mahalaadimiseks tulekahjukohal kasutatakse portatiivseid basseine, kuhu pumbatakse kustutusvesi, kas läbi tuletõrjeauto pumba surveväljundi, kiirväljalaskeklappi või vaakumpaakauto surveväljundi. (National Fire Protection Association, 2007).

### **1.3 Paakauto varustus veeveol**

Järgnevas peatükis uurib autor paakauto tehnilist varustust vee peale- ja mahalaadimisel. Uuritakse veeveo korraldamist ja paakauto varustust, mis on vajalik veeveoks. Uuritakse tsentrifugaalpumbaga paakauto ja vaakumpaakauto tehnilisi parameetreid vee peale- maha laadimisel.

Paakauto ülesandeks tulekahjul on rünnakauto varustamine kustutusveega ja kustutusvee transportimine veeveol (Suurkivi & Marvet, 2000, lk 77). Veeveoks on paakautol vajalik alljärgnev varustus:

1. tsentrifugaalpump,
2. vaakumpump (vaakumpaakautol),

3. kiirväljalaskeklapp,
4. lisavarustus.

### 1.3.1 Tsentrifugaalpump

Paakauto varustusse kuulub lahutamatu osana tuletõrje pump koos vaakumpumbaga. Tulekustutus- ja päästeautodel kasutatakse põhiliselt tsentrifugaalpumpasid (Maastik, Haldre, Koppel ja Paal, 1995, lk 84)

Tsentrifugaalpumpasid kasutatakse vee rõhu tekitamiseks. Pumba tööratla kiirel pöörlemisel tekib tsentrifugaaljõud, mille mõjul tekitatakse veerõhk, tööratla keskel tekib vaakum ja imivoolikust tungib vesi pumba veepinnale mõjuva õhurõhu toimele (Maastik, et al., 1995, lk 272).

Imemiseks kasutatavate imivooliku läbimõõt valitakse selline, et vee imemisel vee voolukiirus ei ületaks 1 m/s. Imivooliku ots on varustatud põhjaklapiga, mis ei lase imivoolikusse tunginud vett veekokku tagasi voolata. Vee imemisel ei tohi pumba sattuda õhku. Imivoolik peab olema õhutihe ja selle ots peab olema vähemalt imivooliku läbimõõdu sügavusel vee all, et ei tekiks õhulehtrit. Imivoolik peab pidevalt tõusma vähemalt 5 %, et õhk ei saaks kuhugi koguneda. Kui õhk satub pumba, siis pumba tootlikkus langeb järsult. Kui pumbatavas vees on õhku näiteks 5 %, siis pumba jõudlus langeb 20 %, surve 30 % ja kasutegur 25 % (Maastik, et al., 1995, lk 274).

Vee imemiseks tuleb tsentrifugaalpump ja selle imivoolik enne käivitamist täita veega. Tsentrifugaalpump ei tekita veest tühjas imivoolikus hõrendust, õhu eemaldamiseks kasutatakse vaakumpumpa, mis tühjendab imivooliku õhust ning sellest tuleneva hõrenduse toimele imetakse vesi pumba. (Maastik, et al., 1995, lk 273) Kaasaegsetel paakautodel on kasutusel ekstsentriluga kahepoolne kolbvaakumpump. Kolbide edasi- tagasi liikumist põhjustab liugkäpa sisse ehitatud pöörlev ekstsentril. Imiklapp on ühendatud imikanaliga ja surveklapp väljaviigukanaliga. Sellise pumba eeliseks on ühtlasem töö. (Suurkivi & Marvet, 2000, lk 86)

### 1.3.2 Vaakumpaakauto

Vaakumpaakautodel kasutatakse suure võimsusega vaakumpumpasid, mis on võimelised eemaldama suletud süsteemist õhu, tekitades sellega vaakumi. Lülitades sama vaakumpumba ümber kompressori töörežiimi, tekitab kompressor suletud süsteemis õhusurve. Maksimaalne surve erinevus, mida vaakumpump suudab toota võrreldes õhurõhuga mere tasapinnal on 101,32 kPa. (Gast Manufacturing, Inc, 2014)

Vaakumpump pumpab õhku ja selleks, et vesi ei pääseks pumpa, on pumba ette paigaldatud kaks kaitseklappi. Töötades talvistes tingimustes, vaakumpump ei külmu ega kaota ka imemisvõimet, sest vaakumpump ei puutu veega kokku. Vaakumpumba vertikaalne vee imemiskõrgus on kuni 9 meetrit ja horisontaalne imiliini pikkus võib olla kuni 41 meetrit.

### 1.3.3 Kiirväljalaskeklapp

Paljudel paakautodel on standardvarustuses kiirväljalaskeklapid, mis võimaldavad veepaagi kogu mahu ühe kuni kahe minutiga portatiivsesse basseini maha laadida. Kiire vee mahalaadimine võimaldab paakautol kiiresti lahkuda tulekahju kohalt ja sõita täitmispunkti. (Kerr, 2005)

Kiirväljalaskeklapp paigaldatakse üldjuhul paakauto paagi tagaseina alla keskele. Klapi põhi peab olema paagi kõige madalimas tasapinnas, sest muidu jääb vesi paaki. (Kombe, 2010, lk 14) Kiirväljalaskeklapi võib paigutada ka paakauto külgedele, siis on autojuhil lihtsam tagurdada basseini juurde, ta saab jälgida kiirväljalaskeklapi pikenduse asukohta basseini suhtes (Clark, 2011).

Väljalaskeklappide avamise võimalused on erinevad, kasutatakse manuaalselt kui ka suruõhuga avatavaid klappe. Päästeametis on põhiliselt kasutusel *Gate*- tüüpi 250 x 250 mm (A.H.Stock.Corp, 2014) ristlõikega kandilised käsitsi avatavad kiirväljalaskeklapid. Vee täpsemaks basseini suunamiseks on kiirväljalaskeklappidele monteeritud kuni 0,5 m pikad vee suunajad.

Läbi kiirväljalaskeklapi vett basseini maha laadides, hakkab paagis vee tase alanema, koos sellega hakkab ka vee väljavoolu hulk vähenema (National Fire Protection Association,

2007). Selleks, et teada saada, milline on kiirväljalaskeklapi veeloovutusvõime esimesel, teisel ja kolmandal minutil, peab selle eelnevalt katseliselt kindlaks määrama.

Igal paakautol on erinev veeloovutamise võime, kuid kõik paakautod loovutavad vett esimese minuti jooksul kiiremini kui teise minuti jooksul. Veeloovutamise võime kindlaksmääramiseks on vaja ära kaaluda täis paagiga paakauto, siis laadida ühe minuti jooksul vett maha läbi kiirväljalaskeklapi, kaaluda paakauto uuesti ära. Kaalumise tulemuste vahe ongi paakauto ühe minuti veeloovutusvõime. (GBW Associates, LLC, 2008) Kiirväljalaskeklapiga vee mahalaadimisel on ainuke miinus on see, et viimane 10-15 % paagi mahust tühjeneb väga aeglaselt, sellepärast jäetakse viimane osa veest paaki ja sõidetakse täitepunkti uue vee järele (Mumma & Frischer, 2009).

#### **1.3.4 Lisavarustus**

Vee kiireks mahalaadimiseks on vajalik portatiivne bassein, kuhu suunatakse paakautost kustutusvesi. Eestis kasutatavate paakautode varustuses on 17 portatiivset basseini, seega 27 % paakautodest on varustatud portatiivse basseiniga. Kasutusel on basseinid mahutavusega 7000-11 300 liitrit. (Nõlvak, 2013, lk 12) Efektiveks veeveoks peab iga paakauto varustuses olema portatiivne bassein, mille mahutavus on 40 % suurem kui paakauto paak (National Fire Protection Association, 2007) Eestis on kasutusel põhiliselt kahte tüüpi portatiivseid basseine (Kombe, 2010, lk 15):

1. isetäituv bassein
2. raamiga bassein.

Isetäituva basseini ülemine serv on täidetud kas suruõhuga või ujumaterjaliga, basseini veega täites, tõuseb bassein ise üles. Basseinist vee imemiseks on basseini alumises servas 125 mm läbimõõduga toru, mille otsas on vee imemiseks madal imisõel. Imisõel kinnitatakse imivooliku otsa ja selle imisõela avade kogupindala peab olema suurem imivooliku ristlõike pindalast (Maastik, et al., 1995, lk 275).

Raamiga basseini paigaldamiseks on vaja kahte päästjat, kes tõmbavad basseini laiali. Vett saab imeda üle basseini serva, sest basseini hoiab püsti tugiraam ja basseini serv ei vaju imivoolikute raskuse mõjul alla (Kombe, 2010, lk 17). Vee imemisel kasutatav imisõel peab

olema tehtud nii, et ta tekitaks minimaalselt madalas vees veekeeriseid (National Fire Protection Association, 2007). Vett peaks saama imeda veekogust, mille sügavus on 150 mm (Clark, 2011).

Vee imemisel sügavatest veekogudest saab kasutada standardset imisõela, kuid madalatest veekogudest ja tulekahjukohal basseinist vett imedes tuleb kasutada madalat sõela. Kasutades tavalist imisõela jääb 11 000 liitrise raambasseini põhja kuni 4000 liitrit vett (Kombe, 2010, lk 17).

#### **1.4 Erivõimekusega paakauto**

2009 aastal osteti Euroopa Regionaalarengu Fondi kaasabil kuus uut paakautot Scania, mis on ehitatud Poola firma Wawrszaszek ISS poolt. Scania P 380 CB HHZ 6x6 alusele ehitatud paakautol on Ruberg R2-280 üheastmeline madalsurve tsentrifugaalpump.

Vee imemiseks on pumbal kaks Membramat vaakumpump. Imemine käivitub automaatselt kui surve pumbas langeb alla 2 bar. Pumba tootlikus on 5000 l/min, survega 10 bar kui imetakse 3 m sügavuselt. (ISS Wawrszaszek, 2009) Iseseisvalt paagi täitmiseks on paakauto paagil pumbaga otse ühendatud 51 mm läbimõõduga täitmistoru, mille kaudu saab veepaaki täita. Paagi täitmise surve ei tohi olla suurem kui 6 bar (ISS Wawrszaszek, 2009).

Veepaagi mahtuvus on 9500 liitrit. Veepaak on varustatud ventilatsiooniavaga, mis võimaldab paagist võetud veega töötada pumbal maksimaalse tootlikkusega, ilma et veepaagis tekiks rõhk. Vee imemiseks välisest veevõtukohast on paakautol neli 125 mm läbimõõduga imiava, mõlemal küljel üks imiava ja paakauto tagumisel küljel kaks imiava. (ISS Wawrszaszek, 2009)

Paagi täitmiseks tuletõrje hüdrandilt või teiselt tuletõrjeautolt on paakauto mõlemal küljel üks 100 mm läbimõõduga täiteava, millesse suubub ka üks 77 mm läbimõõduga täitetoru.

Kustutusvee vabavooluga mahalaadimiseks paagist on kaks 125 mm läbimõõduga tühjendustoru, vett on võimalik auto kahele küljele väljastada isevooluteel kiirväljalaskeklapi põhimõttel. Pikendusena kasutatakse sama läbimõõduga imivoolikut. Testimise tulemused näitasid, et paagist vee väljavoolu kiirus on väga väike, mitte võrreldav kiirväljalaskeklapist

tuleva vee voolukiirusega (Kombe, 2010, lk 11). Kustutusvee mahalaadimiseks on paigaldatud paakautole ka 100 mm läbimõõduga surveväljund.

Paakautoga on võimalik imeda vett 16 meetri kauguselt. Pealisehitusel asuvad kaks nelja meetri pikkust 125 mm läbimõõduga imivoolikut (ühe vooliku pikkus on 2 m) ja lisavarustuse kastis on veel neli 2 m pikkust imivoolikut, mis on võimalik ühendada üheks imiliiniks. Paakautodel, mille pumba tootlikkus on 5000 l/ m, võib kasutada vee imemiseks 125 mm või 150 mm läbimõõduga imivoolikuid (National Fire Protection Association, 2003).

Paakautole on paigutatud Fol-DA-TANK Company poolt toodetud pehme iseseisev bassein mahtuvusega 9500 l. Bassein on pakitud suurde kotti ja asub auto varustuse kapis (Kombe, 2010, lk 11).

Pealisehituse küttesüsteem tagab temperatuuri suletud varustuse kappides vähemalt + 2°C kuni välistemperatuurini - 30°C. (ISS Wawrszaszek, 2009)

## **1.5 Vaakumpaakauto**

Tänapäeval kasutatakse USA tuletõrjeametites veeveol vaakumpaakautosid, mis on varustatud vaakumpumbaga. Veepaagi täitmiseks eemaldatakse veepaagist õhk, veepaagis tekkinud vaakum võimaldab veel läbi imivooliku veevõtukohast paaki voolata. Veepaagi tühjendamiseks toimub vastupidine protsess, veepaagis tekitatakse rõhk, mis surub vee paagist välja. Veepaagi täitmiseks ja tühjendamiseks kasutatakse ühte ja sama imi-surveväljundit, mille kaudu toimub vee imemine ja vee mahalaadimine. Vaakumpaakautode veepaagid on ehitatud ovaalse kujuga, paagi otsad on disainitud ümaraks, et paak suudaks vastu seista nii survele kui ka vaakumile. (National Fire Protection Association, 2007)

Firovac vaakumpaakauto vaakum- surve süsteemi kõige tähtsam komponent on vaakumpump, mis suudab veepaagi survestada kuni 83 kPa kui ka tekitada vaakumit kuni 83 kPa. Veepaak peab olema õhukindel ja vaakumpumba ja paagi vaheline ühendustoru paigaldatakse paagi kõige kõrgemasse punkti, et tekitatud vaakum saaks täita veega kogu paagi (Firovac Power Systems, 2014).



Edukaks veeveoks vajalikud vaakumpaakautode tehnilised andmed (National Fire Protection Association, 2007):

1. Veepaagi täitmise vooluhulk 5677-7600 l/ min.
2. Vee imemise kõrgus kuni 9 m, suudab tagada efektiivse imemisevõime pikkade imivooliku liinidega, samuti on võimalik efektiivselt täita veepaak kuivhüdrandist, survehüdrandist või survega tuletõrje autost.
3. Veeveol ei ole vee kadusid, kuna veepaak on hermeetiliselt suletud ja vee mahalaadimisel laetakse maha kogu paagis olev vesi.
4. Ühesugused täite- ja surveväljundid asuvad kahel küljel ja auto tagumisel poolel, paagi täitmine ja tühjendamine toimub läbi ühe imi- surveväljundi.

Vaakumpumba tootlikkus on 13000 l/ min õhku. Vee peale ja mahalaadimiseks on imi-surveväljundil imivoolikutega ühendamiseks 150 mm läbimõõduga kiirliitmikud. Vee mahalaadimisel veeloovutusvõime on kogu mahalaadimise protsessi käigus ühesugune, ka viimane liiter vett laetakse maha sama kiiresti kui esimene. (Firovac Power Systems, 2014)

Vaakumpump pumpab õhku ja selleks, et vesi ei pääseks pumpa, on pumba ette paigaldatud kaks kaitseklappi. Töötades talvistes tingimustes, vaakumpump ei külmu ega kaota ka imemisevõimet, sest vaakumpump ei puutu veega kokku. Horisontaalne voolikuliini pikkus on kuni 41 meetrit. Vaakumpaakauto standardvarustuses on 150 mm läbimõõduga 400 cm pikad kiirühendus liitmikega varustatud imivoolikud, mis on omavahel ühendatavad ilma vooliku võtmeid kasutamata. (Firovac Power Systems, 2014) Vaakumpaakauto kõige suurem eelis tavapaakauto ees on see, et vaakumpaakauto saab iseseisvalt oma paagi täita veega, vajamata täitepunktis teise tuletõrjeauto ja meeskonna abi (Davis, 2009).

## **2 PAAKAUTODE VÕIMEKUS**

Uuring lõputöös jaotub kaheks osaks. Esimeses osas viis autor läbi ankeetküsitluse, selgitamaks välja, millised on ekspertide ootused paakauto tehnilisele võimekusele vee imemisel, paagi veega täitmisel ja vee maha laadimisel.

Teises osas teostati eksperiment. Katsete eesmärk oli välja selgitada, millise varustusega paakauto suudab erineva pikkusega imiliiniga kiiremini vee üles imeda, oma paagi veega täita ja vee basseini maha laadida, tagades tulekahju kustutamiseks suurema koguse vett väiksema tehnika- ja inimressursiga.

### **2.1 Ekspertide ootused paakautode tehnilisele võimekusele**

Käesoleva töö raames 2015. aastal läbiviidud küsitluse abil uuritakse, millised on ekspertide (meeskonnavanemate, rühmapealike ja operatiivkorrapidajate) ootused paakauto tehnilisele võimekusele vee imemisel, paagi veega täitmisel ja vee mahalaadimisel.

#### **2.1.1 Küsitluse valim ja korraldus**

Autori poolt valitud eesmärgistatud valimi moodustavad Eesti päästeteenistuses töötavad meeskonnavanemad, rühmapealiked ja operatiivkorrapidajad, kes kustutustöödel tegelevad veeveo korraldamisega. Valimi moodustamisel lähtus autor oma teadmistest, kogemustest ja eriteadmistest valitud päästetöötajate grupi kohta. Päästeametis töötab 298 meeskonnavanemat, 28 rühmapealikku ja 75 operatiivkorrapidajat (2015. märtsi seisuga) ning kõigile neile saadeti küsimustik.

Uuring viidi läbi 19.01.2015 kuni 9.03.2015 online süsteemis Connect.ee. Küsimustik saadeti kõigi komandopealike meililistile, kes edastasid küsimustiku lingi meeskonnavanematele ja rühmapealikele. Operatiivkorrapidajatele saadeti küsimustik otse nende meililistile.

Küsimustele vastas 110 eksperti. Uurimuses oli 9 küsimust, mida võis tinglikult jagada kaheks osaks - üldküsimused (1-3) ja küsimused paakauto tehniliste võimekuste kohta (4-9). Küsimustikus paluti meeskonnavanematel, rühmapealikel ja operatiivkorrapidajatel valida etteantud tehnilistest näitajatest üks, mis iseloomustab tema arvates kõige paremini paakauto võimekust. Vastama pidi kõigile küsimustele ja iga küsimuse valikvastustest sai valida ainult ühe variandi. Küsimustikus ei olnud lahtisi küsimusi, millele vastaja oleks saanud oma sõnadega vastata.

Katsete tulemuste korrelatsiooni hindamisel kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat. Joonised vormistati tabelarvutusprogrammis Microsoft Exel.

### **2.1.2 Küsitlustulemuste analüüs**

Käesolevas alapeatükis käsitletakse 2015. a läbiviidud küsitluse tulemusi (vt lisa 11). Meeskonnavanemate, rühmapealike ja operatiivkorrapidajate küsitlemise põhiülesandeks oli välja selgitada, millised on nende ootused paakautode tehnilisele võimekusele vee imemisel, paagi täitmisel ja vee mahalaadimisel.

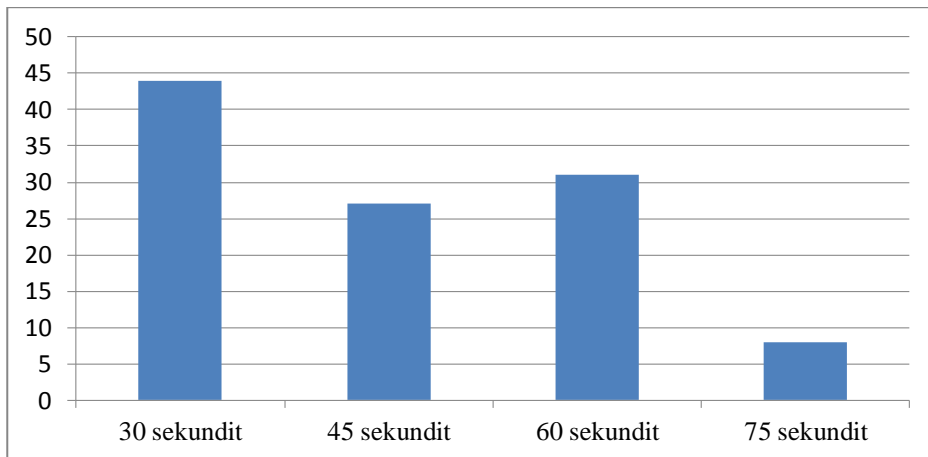
Uuringu küsimustikule vastas 110 eksperti, kellest 74 olid meeskonnavanemad, mis moodustas 67,3 % vastanute üldarvust, 10 rühmapealikul (9,1 %) ja 26 operatiivkorrapidajat (23,6 %). Regioonide lõikes oli vastajaid Põhja regioonist 15 (13,6 %), Ida regioonist 7 (6,4 %), Lõuna regioonist 31 (28,2 %) ja Lääne regioonist 57, mis moodustab 51,8 % vastanute üldarvust.

Küsimustele vastanutest oli päästeteenistuse tööstaaž 7- 10 aastat 20 vastajal (18,2 %), 11-15 aastane tööstaaž oli 33 vastajal (30 %). Üle 15 aastase tööstaažiga oli kõige rohkem vastajaid (53 vastajat), mis moodustas 48,2 % vastanute üldarvust. Väikese tööstaažiga vastajaid oli vähe (tööstaaž 1-3 aastat - 2 vastajat ja tööstaaž 4-6 aastat - 2 vastajat), sest meeskonnavanema, rühmapealiku ja operatiivkorrapidaja ametikohal töötavad tavaliselt suurema tööstaažiga päästetöötajad.

Vastused küsimustele paakauto tehniliste võimekuste kohta.

Küsimusele, kui kiiresti ehk millise ajaga peaks paakauto pump vee üles imema 6 m pikkusest imivoolikust, (joonis 1) vastajatest kokku 99 (90 % vastanute üldarvust) leidsid, et paakauto

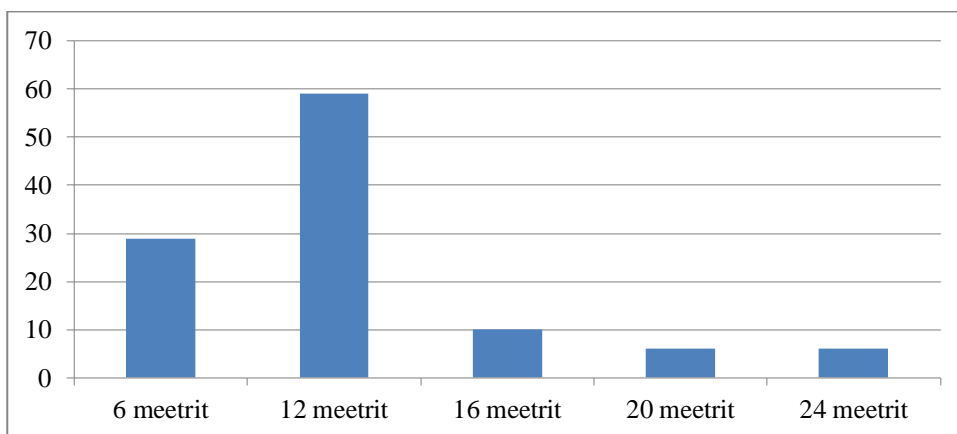
pump peaks 6 m pikkusest imiliinist suutma vee üles imeda kuni 60 sekundiga. Eksperdid peavad oluliseks paakauto pumba vee imemise kiirust ning 44 vastajat leidis, et paakauto pump peaks 30 sekundi jooksul vee üles imema, see moodustab 40 % vastanute üldarvust.



Joonis 1 Soovitav vee imemiskiirus (autori koostatud )

Vastajatest 27 valis vee ülesimemise kiiruseks 45 sekundit (24,5 %). Küsimusele vastanutest 31 vastas (28,2 %), et 60 sekundit on piisav aeg vee üles imemiseks. Ainult 8 inimest pooldasid tagasihoidlikku 75 sekundilist imemiskiirust.

Küsimusele, milline vee imemiskauguse võimekus peaks paakautol olema (joonis 2), vastanutel paluti valida 6 m, 12 m, 16 m, 20 m, 24 m kauguste vahel.

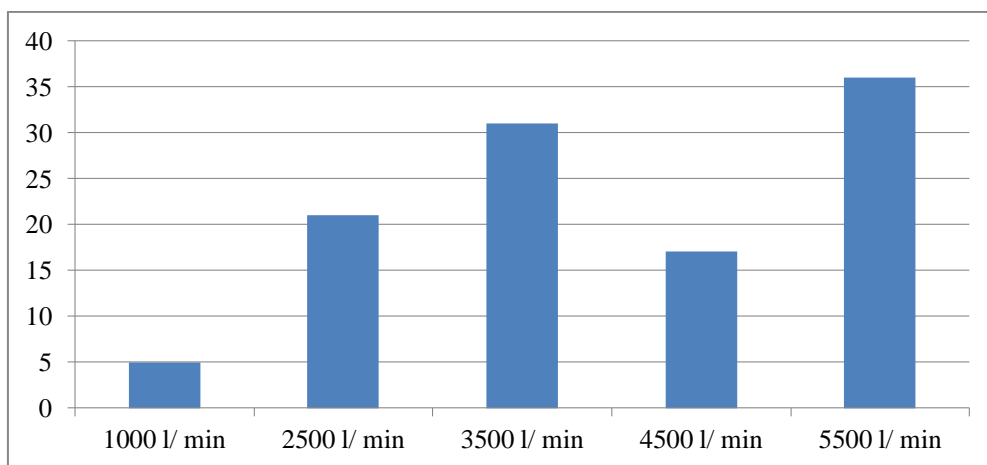


Joonis 2 Soovitav imemiskaugus (autori koostatud)

Vastuste valikus välja pakutud 6 m imemiskaugustest suuremat võimekust soovis 81 vastajat (73,6 %). Vastanutest 59 (53,6 %) leidis, et paakauto imemiskauguse võimekus peaks olema 12 m. Suuremat imemiskaugust (16 m) pidasid oluliseks 10 vastajat (9,1 %). Väga suurt imemiskaugust (20 m ja 24 m) pooldasid kokku 12 vastanut, (10,2 %) mõlemat imemiskaugust pooldas 6 inimest. Vastanutest 29 leidis, et 6 m on paakautole piisav imemiskaugus (26,48 %).

Küsimusele, milline imemiskõrgus peaks paakautol olema, (lisa 11) vastanud päästetöötajatel paluti valida 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m imemiskõrguse vahel. Vastajatest kokku 94 pidas piisavaks imemiskõrguseks 6-7 m, neist 51 vastajat (46,4 %) vastas, et vee imemiskõrgus peaks olema 7 meetrit ja 43 vastajat (39,1 %) leidsid, et paakautol peaks olema võimekus imeda 6 m kõrguselt. Vastanutest 16 arvasid (14,5 %), et 3-5 m on paakautol piisav imemiskõrgus.

Küsimusele, milline vee mahalaadimise võimekus peaks paakautol olema, (joonis 3) peaaegu pool vastanud päästetöötajatest (53 vastajat, 48,2 %) oli kindel, et paakautol peab olema võimalikult suur mahalaadimisvõimekus (4500 l/ min - 17 vastajat ja 5500 l/ min - 36 vastajat). Keskpärase mahalaadimisvõimekuse poolt (2500-3500 l/ min) olid 52 inimest (47,3 %). Tagasihoidliku mahalaadimisvõimekust (1000 l/ min) pooldas ainult 5 inimest (4,5 %).

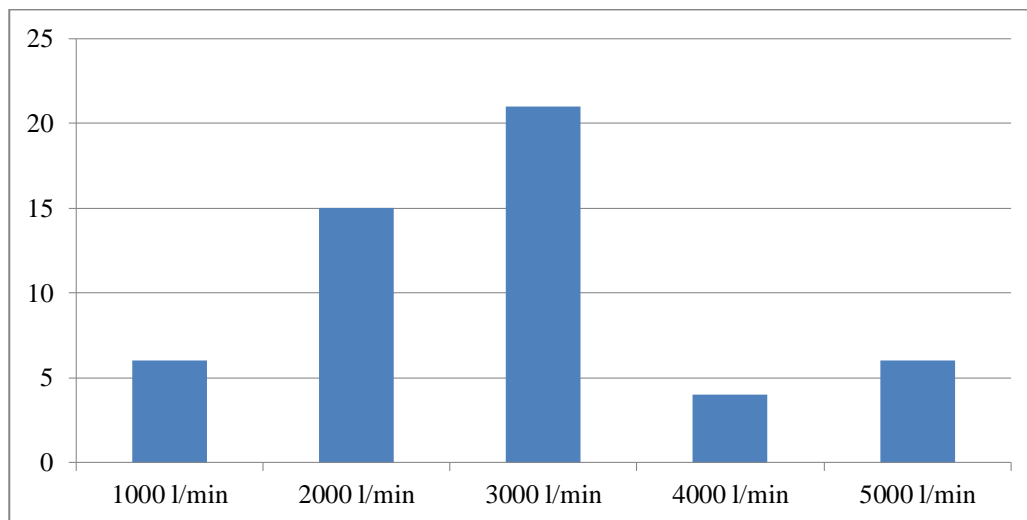


Joonis 3 Vee mahalaadimise võimekus (soovitav vooluhulk) (autori koostatud)

Küsimusele, milline peaks olema paakauto vee mahalaadimise süsteem. (lisa 11) Suurem osakaal oli vastajatel, kes (45 vastajat, 40,9 %) soovisid väga suure veeloovutusvõimega kiirväljalaskeklappi 300 mm x 300 mm. Eesti päästeteenistuses on kasutusel

kiirväljalaskeklapid, mille mõõtmed on 250 mm x 250 mm, kuid seda pooldasid vaid 7 vastajat (6,4 %). Ümmarguse 150 mm läbimõõduga surveväljundit tahtsid 18 vastajat (16,4 %). Päästeteenistuses on kasutusel 100 mm läbimõõduga surveväljundid, mida pooldas 13 vastanut (11,8 %). Ligi neljandik vastanutest (27 vastanut) pooldasid paakautot, millel on 77 mm läbimõõduga surveväljundid, see moodustab 24,5 % vastajate üldarvust.

Küsimusele, milline oma veepaagi täitmise võimekus (soovitav vooluhulk) peaks paakautol olema, vastas 52 inimest (joonis 4).



Joonis 4 Veepaagi täitmise võimekus (autori koostatud )

Vastajatest 36 soovis (69,2 %) paakauto paagi täitmise võimekuseks 2000-3000 l/ min. Paagi täitmise võimekust 3000 l/ min soovis 21 vastajat (40,4 % vastanute üldarvust), 15 vastajat (28,8 %) valis paakauto paagi täitmise võimekuseks 2000 l/ min. Väga suurt (4000-5000 l/ min) paagitäitmise võimekust soovis kokku 10 vastajat (19,2 %). Väikest 1000 l/ min paagitäitmise võimekust pooldas ainult 6 (11,5 %) inimest.

## 2.2 Katsed erinevate peale- ja mahalaadimissüsteemidega paakautodega

Lõputöö raames viidi läbi praktilised katsed selgitamaks välja, milline on tsentrifugaalpumbaga paakauto ja vaakumpaakauto võimekus erineva pikkusega imiliiniga vee imemisel, paakauto paagi täitmisel ning vee mahalaadimisel. Paakautode valik tehti autori poolt sellise eesmärgiga, et oleks tagatud vee peale- ja mahalaadimise varustus:

1. tsentrifugaalpump
2. vaakumpump ( vaakumpaakauto)
3. bassein.

Kiirväljalaskeklapiga vee mahalaadimise andmete aluseks võttis autor Lääne-Eesti Päästkeskuses 18.06.2009 läbiviidud veeveo õppuse, kus osales Kilingi- Nõmme Päästekomando paakauto (paagi maht 11 000 liitrit) ja Kuressaare Päästekomando paakautoga (paagi maht 12 000 liitrit) 30.03.2010 läbiviidud katse tulemused.

Katsete läbiviimisel kasutati Pärnu päästekomando paakautot (paagi maht 9500 l) ja AS Pärnu Vesi`le kuuluvat vaakumpaakautot (paagi maht 8000 l). Katsete eesmärk oli võrrelda tsentrifugaalpumbaga paakauto ja vaakumpumbaga vaakumpaakauto võimekust vee imemisel, paagi täitmisel ja vee mahalaadimisel. Eesti päästeteenistuses kasutusel olevad paakautod on kõik varustatud tsentrifugaalpumpadega ja vee imemiseks kasutatakse vaakumpumpa. Katsete läbiviimiseks kasutati Pärnu päästekomando paakautot, millel on tsentrifugaalpump, mille pumba tootlikkus on 5000 l/ min ja vee imemiseks on kaks Membramat kolb vaakumpumpa. Vaakumpaakauto varustuses on vaakumpump (õhkjahutusega pöördkolbkompressor), millega tekitatakse vaakumpaakauto veepaagis nii surve kui ka vaakum. Vee peale- ja mahalaadimine toimub ühe 100 mm läbimõõduga imisurveväljundi kaudu. AS Pärnu Vesi`le kuuluv vaakumpaakauto ei ole tuletõrjepaakauto, vaid kommunaalmajanduse vajaduste jaoks ehitatud paakauto. Päästeametis vaakumpaakautosid kasutusel ei ole. Katsed viidi läbi koosseisuga on 0+1.

Katseteks vajalikud vahendid:

1. 1 komplekteeritud paakauto
2. 1 komplekteeritud vaakumpaakauto.

Katsete läbiviimisel korraldas autor paakautode ja imiliinide paigutamise ning autori poolt teostati ka tulemuste mõõtmise, tagades sellega erinevate valverühmadega katsete ühesuguse läbiviimise ja mõõtmise tingimused. Katsete ajamõõtmine toimus firma Arctix stopperiga, mudel DT 480, mis mõõdab tulemusi sajandik sekundi täpsusega. Katsete läbiviimise juures viibisid Pärnu päästekomando meeskonnavanemad ja rühmapealikud.

Katsed viidi läbi järgmiste kategooriates:

1. Vee imemise ja paagi täitmise katse 125 mm läbimõõduga imiliiniga (6 m, 12 m, 16 m, 20 m, 24 m pikkune imiliin).
2. Vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm läbimõõduga imiliiniga (6 m, 12 m, 16 m, 20 m pikkune imiliin).
3. Vee mahalaadimise katse.

#### Katsete metoodika

#### I KATSE- VEE IMEMINE JA PAAGI TÄITMINE PÄRNU 2-1 ja AS PÄRNU VESI VAAKUMPAAKAUTOGA, KASUTADES 125 mm LÄBIMÕÕDUGA, 6 m, 12 m, 16 m, 20 m, 24 m PIKKUSEID IMILIINE

1. Paakauto on paigaldatud veevõtukohale, paakauto mootor töötab.
2. Imiliin on ühendatud paakauto pumba imiava külge ja imivoolikutega ühendatud imisõel on 50 cm sügavusel vees.
3. P 11 annab korralduse vaakumpumba sisse lülitamiseks ja vee imemise alustamiseks.
4. P 11 annab korralduse pumba välja lülitamiseks kui paagi ülevoolu torust on vesi välja tulnud või vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi veega täitumist.

#### II KATSE- VEE IMEMINE JA PAAGI TÄITMINE PÄRNU 2-1 ja PÄRNU VESI VAAKUMPAAKAUTOGA KASUTADES 150 mm LÄBIMÕÕDUGA 6 m, 12 m, 16 m, 20 m PIKKUSEID IMILIINE

1. Paakauto on paigaldatud veevõtukohale, paakauto mootor töötab.
2. Imiliin on ühendatud paakauto pumba imiava külge ja imivoolikutega ühendatud imisõel on 50 cm sügavusel vees.
3. P 11 annab korralduse vaakumpumba sisse lülitamiseks ja vee imemise alustamiseks.
4. P 11 annab korralduse pumba välja lülitamiseks kui paagi ülevoolu torust on vesi välja tulnud või vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi veega täitumist.

#### Aegade fikseerimine vee imemise ja paagi täitmise katsetel:

1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse vaakumpumba sisse lülitamiseks ja vee imemise alustamiseks.



2. Vee imemise aeg fikseeritakse jooksvalt kui vesi on jõudnud pumpa ja lülitatakse sisse paagi täitmine või vaakumpaakauto paagi veetaseme mõõdik näitab, et vesi on jõudnud veetasememõõdikuni.
3. Paagi täitmise aeg läheb jooksvalt käima.
4. Paagi täitmise aeg fikseeritakse kui vesi on ülevoolu torust välja tulnud või vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi veega täitumist.

### III KATSE- VEE MAHALAADIMINE PÄRNU 2-1 JA Pärnu Vesi VAAKUMPAAKAUTOGA

1. Paakauto on paigaldatud portatiivse basseini kõrvale, paakauto mootor töötab.
2. P 11 annab korralduse pump sisse lülitada ja alustada vee mahalaadimist (avada väljalaskeklapp).
3. P 11 annab korralduse pump välja lülitada kui kogu vesi on paakauto paagist basseini maha laetud.

Aegade fikseerime vee maha laadimisel:

1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pump sisse lülitada ja alustada vee mahalaadimist.
2. Lõppaeg fikseeritakse kui P 11 annab korralduse pump välja lülitada kui kogu vesi on paakauto paagist basseini maha laetud.

### **2.3 Katsete tulemuste analüüs**

Läbi viidi 3 katset Pärnu päästekomando ja Pärnu Vesi vaakumpaakautoga. Katsed viidi läbi lahtisel veevõtukohal, kus veevõtukoha veepinna ja kaldal asuva paakauto tuletõrjepumba imiava vaheline kõrgus oli 2,5- 3 m. Vee imemise ja paagi täimise katsete läbiviimisel kasutati 125 mm ja 150 mm läbimõduga imiliine. Katsetel 125 mm läbimõduga imiliinide moodustamiseks kasutati Pärnu komando päästeautode varustuses olevaid firma AWG imivoolikuid ja AWG imisõela (NW 125). Imivoolikute pikkus on 2 m. Kõiki katseid korrati mõlema paakautoga neli korda. Vee imemise ja paagi täitmise katse 125 mm läbimõduga imivoolikutega viidi läbi 6 m, 12 m, 16 m, 20 m ja 24 m pikkuse imiliiniga (lisa 1; lisa 2).

Selgitamaks välja, kuidas mõjutab vee imemise ja paagi täitmise kiirust 150 mm läbimõõduga imivoolikute kasutamine, viis autor vee imemise ja paagi täitmise katsed läbi ka 150 mm läbimõõduga imiliiniga. Katsete läbiviimisel kasutati kergeid, painduvaid, poolläbipaistvaid firma Koček imivoolikuid. Imivoolikud kuuluvad Balti pumbameeskonna varustuse koosseisu, igapäevaselt kasutatakse neid üleujutuste tagajärgede likvideerimisel ja metsatulekahjudel vesivarustuse tagamisel. Esimestel katsetel kasutati 150 mm läbimõõduga ujuvimisõela, millel puudus tagasivooluklapp, kuid kuna Pärnu paakauto tsentrifugaalpump ei suutnud vett üles imeda 12 m ja pikemate imiliinidega, siis viidi katsed uuesti läbi, kasutades 125 mm läbimõõduga tagasivooluklapiga imisõela. Vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm läbimõõduga imivoolikutega viidi läbi 6 m, 12 m, 16 m, 20 m pikkuse imiliiniga (lisa 5, lisa 6). Kõikide imiliini pikkustega viidi katsed läbi neli korda. Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise katse (150 mm läbimõõduga imiliiniga) viidi läbi iga imiliini pikkusega kaks korda.

Vee mahalaadimise katsel paigaldati paakauto basseini kõrvale. Vee mahalaadimise kiiruse katsel toimus vee mahalaadimine tsentrifugaalpumbaga 4,5 bar survega. Vaakumpaakauto vaakumpumba surve oli 0,6 bar. Vee suunamiseks oli surveväljundi otsa ühendatud 150 mm läbimõõduga imivoolik. Vee mahalaadimise katse viidi mõlema paakautoga läbi neli korda. Katsed toimusid ajavahemikus 02.09.2014- 30.09.2014. Katsete läbiviimise juures viibisid Pärnu päästekomando rühmapealikud ja meeskonnavanemad. Katsete ajal valitses kuiv ilm, õhu temperatuur oli pluss kraadides, katsed viidi läbi päevavalgel.

Järgnevates punktides tuuakse välja katsete tulemused. Autor võrdleb omavahel tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga vee imemise ja paagi täitmise aegasid ning paagi täitmise vooluhulkasid. Vee mahalaadimisel võrreldakse tsentrifugaalpumba ja vaakumpumba 100 mm läbimõõduga surveväljundite (lisa 7) ja Kuressaare (310 mm x 250 mm) ning Kilingi- Nõmme (250 mm x 250 mm) kiirtühjendusklappide veeloovutusvõimet (lisa 8).

Võrreldakse tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga vee imemise ja paagitäitmise aegade ning vooluhulkade muutusi 125 mm ja 150 mm imiliinidega imedes.

**Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga vee imemise ja paakauto paagi täitmise katse 125 mm läbimõõduga imivoolikutega (6 m, 12 m, 16 m, 20 m, 24 m pikkuse imiliiniga).** Tulemused on kajastatud tabelis 1.

Tabel 1 Vee imemise ja paagi täitmise katse tulemused (autori koostatud)

	Tsentrifugaalpump		Vaakumpump		Tsentrifugaalpump		Vaakumpump	
	Imemine (min)		Imemine (min)		Paagi täitmine (min)		Paagi täitmine (min)	
Imiliin	125 mm	150 mm	125 mm	150 mm	125 mm	150 mm	125 mm	150 mm
6 m	0,56	0,59	0,08	0,11	6,47	6,45	2,58	3,41
12 m	0,57	1,19	0,12	0,19	6,51	6,42	3,28	3,26
16 m	0,59	1,41	0,19	0,22	6,41	6,35	3,41	3,03
20 m	1,14	1,53	0,21	0,25	6,50	6,44	3,50	3,11
24 m	1,47		0,24		6,53		3,57	

Vaakumpumbaga oli imemiskiirus suurem kui tsentrifugaalpumba imemiskiirus. Vaakumpumbaga oli imemisaeg 8 sekundit 6 m imiliiniga ja 24 sekundit 24 m imiliiniga imedes. Vaakumpumbaga vee imemise aeg (võrreldes tsentrifugaalpumbaga) oli 48 sekundit kiirem 6 m pikkuse imiliiniga ja 1 minut 23 sekundit kiirem 24 m pikkuse imiliiniga imedes (lisa 3). Hinnates vaakumpumbaga imemisaegade seost imemiskaugusega, siis Pearsoni korrelatsioonikordaja oli 0,980. Imemise aeg on tugevas sõltuvuses imemiskaugusest. Imemiskauguse suurenedes, suureneb ka imemisaeg.

Tsentrifugaalpumbaga imemisaeg oli 56 sekundit 6 m imiliiniga imedes ja 1 minut 47 sekundit 24 m pikkuse imiliiniga imedes. Pearsoni korrelatsioonikordaja 0,972 näitab, et imemiskaugus ja imemisaeg on üksteisest sõltuvuses. Imemiskauguse suurenedes, suureneb ka imemisaeg.

Vaakumpumbaga paagi täitmise aeg oli 2 minutit 58 sekundit 6 m imiliiniga ja 3 minutit 57 sekundit 24 m pikkuse imiliiniga imedes. Keskmine paagi täitmise aeg oli 3 minutit 27 sekundit. Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise keskmine aeg oli 6 minutit 48 sekundit. Vaakumpumbaga paagi täitmise keskmine aeg oli 3 minutit 21 sekundit kiirem kui tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise keskmine aeg (lisa 3).

Paagi täitmisel, 6 m pikkuse imiliiniga, oli vaakumpumba tootlikkus 1117 l/min suurem kui tsentrifugaalpumbal. Paagi täitmisel, 24 m imiliiniga imedes, oli vaakumpumba tootlikkus 726 l/min suurem kui tsentrifugaalpumbal.

Vaakumpumbaga paagi täitmise tootlikkus oli 2581 l/ min (6 m) ja 2222 l/ min 24 m pikkuse imiliiniga imedes (korrelatsiooni kordaja -0,992). Vaakumpumbaga paagi täitmise tootlikkus ja imemiskaugus on omavahelises sõltuvuses. Imemiskauguse suurenedes paagi täitmise veevooluhulk väheneb.

Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmisel oli tootlikkus keskmiselt 1473 l/ min. Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise aeg ja imiliini pikkus ei ole omavahelises sõltuvuses. (korrelatsiooni kordaja 0,193) Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise vee vooluhulk ei olene imiliini pikkusest, vaid pumba survest.

### **Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga vee imemise ja paakauto paagi täitmise katse, kasutades imemiseks 150 mm läbimõõduga imiliini (tabel 1).**

Vee imemisel 150 mm imiliiniga oli vaakumpumbaga vee imemise kiirus suurem kui tsentrifugaalpumbaga imedes (lisa 4). Vaakumpumbaga imemisaeg oli 11 sekundit 6 m pikkuse imiliiniga imedes ja 25 sekundit 20 m pikkuse imiliiniga imedes. Võrreldes tsentrifugaalpumba imemisaegadega oli vaakumpumbaga vee imemise aeg 48 sekundit kiirem 6 m pikkuse imiliiniga imedes ja 1 minut 28 sekundit kiirem 20 m pikkuse imiliiniga imedes. Hinnates vaakumpumbaga imemise aegade seost imemiskaugusega, siis Pearsoni korrelatsioonikordaja oli 0,986. Imemiskaugus ja imemisaeg on omavahelises sõltuvuses. Imemiskauguse suurenedes, suureneb ka imemisaeg.

Tsentrifugaalpumbaga imemise aeg oli 59 sekundit (6 m imiliin) ja 1 minuti 53 sekundit (20 m imiliin). Pearsoni korrelatsioonikordaja 0,970, mis näitab, et imemiskaugus ja imemisaeg on omavahel seostud. Imemiskauguse suurenedes, suureneb ka imemisaeg.

Vaakumpumbaga paagi täitmise aeg oli 3 minutit 14 sekundit 6 m pikkuse imiliiniga imedes ja 20 m pikkuse imiliiniga imedes 3 minutit 33 sekundit. Täitmise aeg suurenes 19 sekundit. Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise aeg oli 6 minutit 45 sekundit 6 m pikkuse imiliiniga imedes ja 6 minutit 44 sekundit 20 m pikkuse imiliiniga imedes. Paagi täitmise aeg ei sõltu imiliini pikkusest. Tulemused on toodud tabelis 2.

Vaakumpumbaga paagi täitmise vooluhulk 6 m pikkuse imiliiniga imedes oli 2548 l/ min ja 20 m pikkuse imiliiniga imedes 2402 l/ min, vooluhulk vähenes 146 l/ min. Pearsoni

korrelatsiooni kordaja  $-0,947$ , imemiskaugus ja paagi täitmise tootlikus on omavahelises sõltuvuses. Imemiskauguse suurenedes väheneb paagi täitmise vooluhulk.

Tabel 2 Paagi täitmise tootlikkus (vooluhulk) (autori koostatud)

	Tsentrifugaalpump		Vaakumpump	
	Paagi täitmine l/ min		Paagi täitmine l/ min	
Imiliin	125 mm	150 mm	125 mm	150 mm
6 m	1464	1473	2581	2548
12 m	1477	1480	2424	2532
16 m	1508	1496	2353	2454
20 m	1442	1475	2286	2402
24 m	1496		2222	

Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise vooluhulk oli 6 m pikkuse imiliiniga imedes 1473 l/ min ja 20 m pikkuse imiliiniga imedes 1475 l/ min, paakauto paagi täitmise keskmine vooluhulk oli 1481 l/ min. Tsentrifugaalpumbaga paagi täitmise vooluhulga ja imiliini pikkuse vahel seost ei ole, paagi täitmise vooluhulk ei olene imiliini pikkusest, vaid pumba survest.

Vee mahalaadimisel (lisa 7) võrreldakse tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga vee mahalaadimise aegsid. Vaakumpumbaga vee mahalaadimine toimus keskmiste aegade võrdluses 42 sekundit kiiremini kui tsentrifugaalpumbaga vett maha laadides. Vaakumpumbaga mahalaadimise vooluhulk oli 5575 l/ min, mahalaadimise keskmine aeg oli 1 minutit 44 sekundit. Tsentrifugaalpumbaga vee mahalaadimise vooluhulk oli 4204 l/ min, vee mahalaadimise keskmine aeg oli 2 minutit 26 sekundit. Vaakumpaakauto veeloovutusvõime oli 1371 l/ min suurem kui tsentrifugaalpumbaga paakautol.

Paakautode vee mahalaadimise süsteemide võrdluses (lisa 8) oli Kuressaare paakauto kiirväljalaskeklapi vee mahalaadimise tootlikkus 8100 l/ min ja mahalaadimise aeg oli 1 minut 43 sekundit, mis saavutati 30.03.2010 läbiviidud katse tulemusel. Kilingi-Nõmme paakauto kiirtühendusklapi vee mahalaadimise tootlikkus oli 3660 l/ min, mahalaadimise kiirus 3 minutit 18 sekundit, mis on Lääne-Eesti Päästkeskuses 18.06.2009 läbiviidud veeveo õppuse tulemus.

Tsentrifugaalpumbaga vee imemisel (tabel 1) 150 mm läbimõõduga imiliiniga, suurenes keskmine imemisaeg, (võrreldes 125 mm imiliiniga) 3 sekundit 6 m pikkuse imiliiniga imedes

ja 39 sekundit 20 m pikkuse imiliiniga imedes. Paagi täitmise vooluhulgas muutusi ei toimunud (lisa 9).

Vaakumpumbaga vee imemisel (tabel 1) ja paagi täitmisel (tabel 2) 150 mm läbimõõduga imiliiniga, suurenes keskmine imemisaeg (võrreldes 125 mm imiliiniga) 3 sekundit 6 m pikkuse imiliiniga imedes ja 4 sekundit 20 m pikkuse imiliiniga imedes. Paagi täitmisel (6 m imiliiniga) vähenes vooluhulk 33 l/min, kuid vooluhulk suurenes (12 m- 20 m imiliiniga imedes) keskmiselt 108 l/ min (lisa 10).

### **3 JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD**

#### **3.1 Analüüsi selgunud tulemused**

Käesoleva paakautode veeveo võimekuse analüüsi tulemuste põhjal saab autor teha järgnevaid järeldusi:

1. Eksperdid peavad oluliseks, et paakautol peaks olema suure võimsusega vaakumpump, mis suudaks 6 m pikkusest imiliinist vee üles imeda 30 s jooksul.
2. Paakauto pump peaks suutma vett imeda vähemalt 12 m kauguselt ja paakauto imemiskõrgus peaks olema 6- 7 m.
3. Efektiivseks veeveoks vajalik oma veepaagi täitmise võimekus peaks paakautol olema vähemalt 2000- 3000 l/ min ja mahalaadimise võimekus 5500 l/ min.
4. Tsentrifugaalpumbaga paakauto vee mahalaadimise süsteem peaks olema suure veeloovutusvõimega kandiline kiirtühjendusklapp, mõõtmetega 300 mm x 300 mm.

Katse tulemuste põhjal saab teha alljärgnevad järeldused:

1. Vaakumpump suudab (6 m, 12 m, 16 m, 20 m, 24 m pikkuse imiliiniga) vee üles imeda (nii 125 mm kui ka 150 mm imiliiniga) alla 25 sekundi. Paagi täitmise tootlikkus on 2581 l/ min (6 m). Vee imemisel ja paagi täitmisel võib kasutada ka 150 mm imiliini, sest 12 m ja pikema imiliiniga on paagi täitmise vooluhulk keskmiselt suurem 108 l/ minutis.
2. Tsentrifugaalpumbaga vee imemisel, imiliini pikkuse suurenedes, vee imemise aeg suureneb (nii 125 mm kui ka 150 mm imiliiniga). Tsentrifugaalpumbal tootlikkusega 5000 l/ min, on tõhusam kasutada 125 mm läbimõõduga imivoolikuid. Tsentrifugaalpumbaga imedes ei mõjuta imiliini läbimõõduga paakauto paagitäitmis kiirust, sest paagi täitmine toimub läbi 51 mm toruühenduse, kus paagi täitmise kiirus oleneb ainult pumba survest.
3. Tsentrifugaalpumbaga paakautol tuleb täitmispunktis paagi täitmiseks kasutada lisa tuletõrjeautot ja meeskonda, sest tsentrifugaalpumbaga on vee imemisaeg pikk ja vee

pealelaadimisel on piirajaks 51 mm läbimõõduga täitetoru, mis ei võimalda oma paaki täita pumba täis võimsusega.

4. Vaakumpump suudab vee mahalaadimisel saavutada mahalaadimise tootlikkuse 5575 l/ min. Paakauto paagi (8000 l) vee mahalaadimise keskmine aeg oli 1 minut 44 sekundit. Vee mahalaadimine toimub vaakumpaakautol ühtlase kiirusega, veeloovutusvõime on kogu mahalaadimise ajal ühesugune ja maha laetakse kogu paagis olev vesi.
5. Tsentrifugaalpump suudab (100 mm surveväljund) 4,5 bar survega mahalaadida 4204 l/ min. Paakauto paagi (9500 l) keskmine mahalaadimise aeg oli 2 minutit 26 sekundit. Tsentrifugaalpumbaga paakauto tõhusam vee mahalaadimissüsteem basseiniveo puhul on 310 mm x 250 mm mõõtudega kiirtühendusklapp, mille veeloovutusvõime on 8100 l/ min ja mahalaadimise (12 000 l) aeg oli 1 minut 43 sekundit.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et ekspertide soovid paakautode võimekustele ületasid uuringu ja katsete tulemusi analüüsid, (lisa 10) Pärnu tsentrifugaalpumbaga paakauto võimekused veeveol.

Vaakumpaakauto võimekused ületasid ekspertide soove vee imemisel. Paagi täitmise ja vee mahalaadimise võimekus ühtis ekspertide soovidega.

### **3.2 Ettepanekud**

Eelnevate uurimuste ja katsete tulemuste analüüsimisel teeb autor järgnevad ettepanekud paakautod veeveol võimekamaks muuta:

1. Võtta kasutusele ja rakendada veeveol vaakumpaakautosid. Vaakumpaakautod on suure vee imemiskiiruse ja paagi veega täitmise võimekusega. Vaakumpaakauto vaakumpump pumpab õhku, ta ei puutu kokku veega, seega talvistes tingimustes pumbal puudub külmumise oht. Veepaaki on võimalik efektiivselt täita kuivhüdrandist, survehüdrandist või survega tuletõrje autost. Veeveol jõuab tulekahjukohale 100 % vett, kuna veepaak on hermeetiliselt suletud ja mahalaadimisel laetakse maha kogu paagis olev vesi. Maksimaalne horisontaalse imiliini pikkus on kuni 41 meetrit. Vaakumpaakautode kõige suuremaks eeliseks on see, et suudab pika



- imiliiniga kiiresti vee üles imeda, iseseisvalt paagi veega täita, vajamata seejuures teise tuletõrjepumba ja meeskonna abi.
2. Uued paakautod varustada suuremõduliste kiirväljalaskeklappidega, mis võimaldavad mahalaadimispunktis vee kiirelt maha laadida ja sõita uue vee järele.
  3. Uued paakautod varustada kergete, poolläbipaistvate ja 4 m pikkuste painduvate imivoolikutega, millest saab moodustada vähemalt 12 m pikkuse imiliini ühe paakauto varustuses olevatest imivoolikutest. Imivoolikutel peavad olema kiirühendusliitmikud, mille abil saab imivoolikud omavahel ühendada voolikuvõtit kasutamata.
  4. Uutele paakautodele paigaldada 100 mm või 125 mm läbimõõduga täiteavad, mis võimaldavad täitepunktis paakauto paagi täita 100 mm läbimõõduga toiteliiniga ja maksimaalse vooluhulgaga, mida täitepunktis asuva auto pump võimaldab. Veepaak varustada ventilatsioonivõrguga, mis võimaldab vee peale- ja mahalaadimisel töötada pumbal maksimaalse tootlikkusega.
  5. Varustada kõik paakautod madalate imisõeltega, millega on võimalik vett imeda 150 mm sügavusest veekogust.
  6. Varustada kõik paakautod metallraamiga portatiivsete basseinidega.
  7. Uutele tsentrifugaalpumbaga paakautodele paigaldada vee imemisvõimekuse suurendamiseks suure võimsusega vaakumpumbad. Paagi täitmise tõhustamiseks tuleb pumba ja paagi vahele paigaldada suurema läbimõõduga täitmistoru. Täitmistoru läbimõõdu väljaselgitamiseks oleks vaja läbi viia uurimus.

Kokkuvõtteks, et teostada efektiivselt veevedu paakautodega, tuleks kasutusele võtta vaakumpaakauto, mis suudab pika imiliiniga vee kiiresti üles imeda, täita paagi veega ja sündmuskohal vee kiiresti basseini maha laadida, tagades sellega suurema kustutusvee hulga minimaalse tehnika- ja inimressursiga.

# KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk on hinnata erinevate paakautode võimekust veeveol ja selle alusel teha ettepanekuid, milliseid paakautode tehnilisi lahendusi on kõige otstarbekam kasutada Eesti päästesüsteemis.

Eesmärgi väljaselgitamiseks sõnastas autor uurimisülesanded, millest tulenevalt koguti andmeid ja anti ülevaade erinevate peale- ja mahalaadimise süsteemidega paakautode tehnilistest andmetest ja hinnati vee peale- ja mahalaadimiseks vajaliku tehnilist varustust. Viidi läbi uuring, milles osalesid meeskonnavanemad, rühmapealikud ja operatiivkorrapidajad, teostati praktilised katsed erinevate peale- ja mahalaadimise süsteemidega paakautodega.

Uuringu tulemustest lähtuvalt analüüsiti paakautode võimekust veeveol. Paakautode võimekusi vee imemisel erineva pikkusega imiliinidega, paagi täitmisel ja vee mahalaadimisel analüüsiti läbi praktiliste katsete tulemuste.

Uurimismeetodina kasutati kvalitatiivseid (ülevaade teaduslikust kirjandusest) kui ka kvantitatiivseid (küsitlus, eksperiment) andmekogumismeetodeid ning kirjeldava ja võrdleva statistika andmekogumismeetodit.

Uuringust selgus, et ekspertide ootused paakautode võimekusele veeveol on tunduvalt suuremad kui praegu Eestis kasutusel olevate paakautode võimekus on. Katsete tulemustest selgus, et vaakumpaakauto on veeveol tunduvalt efektiivsem kui tsentrifugaalpumbaga paakauto. Uuringu ja katsete tulemuste analüüsi põhjal esitas autor ettepanekud paakautode võimekuse tõstmiseks veeveol:

Esimese ettepanekuna tuleks kasutusele võtta ja rakendada veeveol vaakumpaakautosid. Vaakumpaakauto on võimeline vee kiiresti üles imema pika imiliiniga, täitma iseseisvalt veepaagi ja vee maha laadima ilma teise tuletõrjepumba ja meeskonna abi kasutamata.

Teiseks ettepanekuks on tsentrifugaalpumbaga paakautod varustada suuremõduliste kiirväljalaskeklappidega.

Kolmandaks ettepanekuks on varustada kõik paakautod metallraamiga portatiivsete basseinidega.

Neljandaks ettepanekuks on varustada kõik paakautod kergete, poolläbipaistvate ja 4 m pikkuste painduvate imivoolikutega, millest saab moodustada vähemalt 12 m pikkuse imiliini ühe paakauto varustuses olevatest imivoolikutest.

Viiendaks ettepanekuks on paigaldada uutele tsentrifugaalpumbaga paakautodele vee imemisvõimekuse suurendamiseks suure võimsusega vaakumpumbad. Paagi täitmise tõhustamiseks tuleb pumba ja paagi vahele paigaldada suurema läbimõõduga täitmistoru. Täitmistoru läbimõõdu väljaselgitamiseks oleks vaja läbi viia uurimus.

Kokkuvõttes täitis autor töö eesmärgi, hinnates erinevate paakautode võimekust veeveol ja analüüsides uuringu ja praktiliste katsete tulemusi, tegi autor ettepanekud paakautode võimekuse suurendamiseks veeveol. Uuringu tulemusi saab tulevikus kasutada uute paakautode riigihangete tegemisel. Eesmärgist tulenevalt ei olnud võimalik käsitleda kõiki valdkonnaga kaasnevaid teemasid, millest on võimalik teha edaspidiseid uurimistöid.

## **SUMMARY**

This graduation paper is written on the subject “Comparison of the capability of water tenders in water delivery system.”

The main part of the paper consists of 38 pages. This paper includes two tables, four charts and eleven annexes. The paper is written in Estonian and has a foreign-language summary in English. The key- words for this graduation paper are: water supply, water tender, vacuum tanker, vacuum pump, drafting operations.

The objective of this paper was to assess capability water tender on water supply delivery system. The objective of this final paper was to find the answers to the established research questions. Based on the assignments covered in the framework of the final paper, the author provided an overview on the following: technical data of load and unload water systems different water tender, proceeded research of capacity of water tender on water supply delivery system, proceeded experiment with different water tenders load and unload water systems.

The analysis showed that experts desire water tender, which capability on water delivery system is higher than water tenders we have in rescue service. The vacuum tanker is more capable on water delivery system than conventional tank vehicle: the drafting time is short, the filling and dump capacity is very high. When manpower is short, the vacuum tanker can fill itself from static water source with no need for a fill engine and crew.

According to the analysis the author of this paper made suggestions to improve capability of water tenders on water delivery system. The solutions found and proposals made in the final paper can be used in future upon public procurements. Subjects accompanying the given field which remained to be uncovered by the present thesis can be formed into subsequent researches.

## VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

ISS Wawrszaszek, 2009. *Special Vehicles Engineering*, Tallinn: ISS Wawrszaszek.

A.H.Stock.Corp, 2014. *Newton Kwik-Dump Valves*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.ahstockmfg.com/>

[Kasutatud 23 09 2014].

Bachman, E., 2005. *Fire Engineering*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.fireengineering.com/articles/print/volume-158/issue-10/features/water-supply-preincident-intelligence.html>

[Kasutatud 07 12 2014].

Clark, C., 2011. *Delivering Big Water with Vacuum Fire Tankers*, s.l.: Got Big Water.

Davis, L., 2009. *Firefighter Nation*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.firefighternation.com/article/command-leadership/vacuum-tanker>

[Kasutatud 12 10 2014].

Firovac Power Systems, 2014. *Firovac Power Systems*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.firovac.com/operations>

[Kasutatud 14 01 2015].

Gast Manufacturing, Inc, 2014. *Vcuum and Pressure Systems, Handbook*. [Võrgumaterjal]

Leitav: <http://www.gastmfg.com/vphb/vacpresshdbk.pdf>

[Kasutatud 24 10 2014].

GBW Associates, LLC, 2008. *Got Big Water*. [Võrgumaterjal]

Leitav: [http://www.gotbigwater.com/content/articles/articles\\_20.pdf](http://www.gotbigwater.com/content/articles/articles_20.pdf)

[Kasutatud 26 10 2014].

Kerr, D. W., 2005. *Getting Water*, s.l.: Fire Engineering.

Kombe, M., 2010. *Vesivarustuse korraldamine paakautodega*, Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

Maastik, A., Haldre, H., Koppel, T. & Paal, L., 1995. *Hüdraulika ja pumbad*. Tallinn: Greif OÜ.

Mumma, A. & Frischer, A., 2009. *Veeveo korraldamine tulekustutustöödel maapiirkonnas*, Tallinn: Mumma, Andres; Frischer, Aleksandr.

National Fire Protection Association, 2003. *Fire Protection Handbook*. Nineteenth Edition toim. Massachusetts: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association, 2007. *NFPA 1142 Water Supplies for Suburban and Rural Firefighting*, s.l.: National Fire Protection Association.

Nõlvak, T. T., 2013. *Paakautode reageerimine ja mehitatus Lääne päästekeskuses*, Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

Otsla, J., Suurkivi, T. & Marvet, T., 2007. *Tuletõrje hüdraulika*. Tallinn: Kentonarius Eesti OÜ.

Siseministeerium, 2015. *Valitsemisala arengukava*. [Võrgumaterjal]

Leitav: [https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/siseturvalisuse\\_arengukava\\_2015-2020\\_kodulehele.pdf](https://valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/siseturvalisuse_arengukava_2015-2020_kodulehele.pdf)

[Kasutatud 10 01 2015].

Suurkivi, T. & Marvet, T., 2000. *Tuletõrjuja-päästja ABC*. Tallinn: Kentonarius OÜ.

## TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Joonis 1 Soovitav vee imemiskiirus (autori koostatud ) .....	20
Joonis 2 Soovitav imemiskaugus (autori koostatud) .....	20
Joonis 3 Vee mahalaadimise võimekus (soovitav vooluhulk) (autori koostatud).....	21
Joonis 4 Veepaagi täitmise võimekus (autori koostatud ) .....	22
Tabel 1 Vee imemise ja paagi täitmise katse tulemused (autori koostatud) .....	27
Tabel 2 Paagi täitmise tootlikkus (vooluhulk) (autori koostatud) .....	29

## Lisa 1. Tsentrifugaalpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 125 mm imiliiniga (Pärnu 2-1 Scania P380)

Tsentrifugaalpump	Toiming	1.katse	2.katse	3.katse	4.katse	Keskmine
6 m imiliin	Imemine (min)	1,07	0,49	0,54	0,59	0,56
	Täitmine (min)	6,33	6,46	6,56	6,52	6,47
12 m imiliin	Imemine (min)	0,48	1,10	0,58	1,02	0,57
	Täitmine (min)	6,53	6,43	6,47	6,59	6,51
16 m imiliin	Imemine (min)	0,54	1,01	1,08	1,04	0,59
	Täitmine (min)	6,58	6,34	6,30	6,43	6,41
20 m imiliin	Imemine (min)	1,17	1,05	1,21	1,19	1,14
	Täitmine (min)	6,45	7,02	6,52	6,43	6,50
24 m imiliin	Imemine (min)	1,53	1,46	1,42	1,46	1,47
	Täitmine (min)	7,13	6,39	6,55	6,58	6,53

1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pumba sisselülitamiseks ja vee imemise alustamiseks
2. Aeg fikseeritakse kui vesi on jõudnud pumpa ja lülitatakse sisse paagi täitmine
3. Lõppaeg fikseeritakse kui vesi on ülevoolu torust välja tulnud või kui vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi täitumist veega

Katsetel osalenud:

Pärnu päästekomando I vahetuse rühmapealik Toomas Sikk

Pärnu päästekomando II vahetuse rühmapealik Riho Linnas

Pärnu päästekomando III vahetuse rühmapealik Tõivo Tim Nõlvak

Pärnu päästekomando IV vahetuse rühmapealik Priit Karon



## Lisa 2. Vaakumpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 125 mm imiliiniga (Pärnu Vesi Scania )

Vaakumpump	Toiming	1.katse	2. katse	3. katse	4. katse	Keskmine
6 m imiliin	Imemine (min)	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08
	Täitmine (min)	3,02	2,53	2,54	3,07	2,58
12 m imiliin	Imemine (min)	0,11	0,12	0,12	0,11	0,12
	Täitmine (min)	3,29	3,34	3,22	3,30	3,28
16 m imiliin	Imemine (min)	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19
	Täitmine (min)	3,42	3,37	3,39	3,45	3,41
20 m imiliin	Imemine (min)	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21
	Täitmine (min)	3,55	3,44	3,52	3,49	3,50
24 m imiliin	Imemine (min)	0,22	0,27	0,24	0,23	0,24
	Täitmine (min)	3,55	3,59	3,57	3,56	3,57

1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pumba sisselülitamiseks ja vee imemise alustamiseks
2. Aeg fikseeritakse kui vesi on jõudnud vaakumpaakauto paagi veetaseme mõõdikuni
3. Lõppaeg fikseeritakse kui vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi täitumist veega

Katsetel osalenud:

Pärnu päästekomando I vahetuse rühmapealik Toomas Sikk

Pärnu päästekomando II vahetuse rühmapealik Riho Linnas

Pärnu päästekomando III vahetuse rühmapealik Tõivo Tim Nõlvak

Pärnu päästekomando IV vahetuse rühmapealik Priit Karon

### Lisa 3. Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga imemise ja paagi täitmise keskmiste aegade võrdlus 125 mm läbimõõduga imiliiniga

Imiliini pikkus	Toiming	Tsentrifugaalpump	Vaakumpump	Keskmiste aegade vahe
6 m imiliin	Imemine (min)	0,56	0,08	0,48
	Täitmine (min)	6,47	2,58	3,49
12 m imiliin	Imemine (min)	0,57	0,12	0,45
	Täitmine (min)	6,51	3,28	3,23
16 m imiliin	Imemine (min)	0,59	0,19	0,40
	Täitmine (min)	6,41	3,41	3,00
20 m imiliin	Imemine (min)	1,14	0,21	0,53
	Täitmine (min)	6,50	3,50	3,00
24 m imiliin	Imemine (min)	1,47	0,24	1,23
	Täitmine (min)	6,53	3,57	2,56

**Lisa 4. Tsentrifugaalpumbaga ja vaakumpumbaga imemise ja paagi täitmise keskmiste aegade võrdlus 150 mm läbimõduga imiliiniga**

	Toiming	Tsentrifugaalpump	Vaakumpump	Keskmiste aegade vahe
6 m imiliin	Imemine (min)	0,59	0,11	0,48
	Täitmine (min)	6,45	3,14	3,41
12 m imiliin	Imemine (min)	1,19	0,19	1,00
	Täitmine (min)	6,42	3,16	3,26
16 m imiliin	Imemine (min)	1,41	0,22	1,19
	Täitmine (min)	6,35	3,26	3,09
20 m imiliin	Imemine (min)	1,53	0,25	1,28
	Täitmine (min)	6,44	3,33	3,11

**Lisa 5. Tsentrifugaalpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm imiliiniga (Pärnu 2-1 Scania P380)**

Tsentrifugaalpump	Toiming	1. katse	2. katse	3. katse	4. katse	Keskmine
6 m imiliin	Imemine (min)	1,08	0,56	1,04	0,59	0,59
	Täitmine (min)	6,43			6,47	6,45
12 m imiliin	Imemine (min)	1,16	1,22	1,18	1,19	1,19
	Täitmine (min)		6,40		6,44	6,42
16 m imiliin	Imemine (min)	1,38	1,44	1,39	1,43	1,41
	Täitmine (min)		6,38	6,32		6,35
20 m imiliin	Imemine (min)	1,55	1,52	1,49	1,56	1,53
	Täitmine (min)	6,41			6,46	6,44

1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pumba sisselülitamiseks ja vee imemise alustamiseks
2. Aeg fikseeritakse kui vesi on jõudnud vaakumpaakauto paagi veetaseme mõõdikuni
3. Lõppaeg fikseeritakse kui vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi täitumist veega

Katsetel osalenud:

Pärnu päästekomando I vahetuse rühmapealik Toomas Sikk

Pärnu päästekomando II vahetuse rühmapealik Riho Linnas

Pärnu päästekomando III vahetuse rühmapealik Tõivo Tim Nõlvak

Pärnu päästekomando IV vahetuse rühmapealik Priit Karon

## Lisa 6. Vaakumpumbaga vee imemise ja paagi täitmise katse 150 mm imiliiniga (Pärnu Vesi Scania)

Vaakumpump	Toiming	1. katse	2. katse	3. katse	4. katse	Keskmine
6 m imiliin	Imemine (min)	0,10	0,10	0,12	0,11	0,11
	Täitmine (min)	3,13	3,12	3,14	3,18	3,14
12 m imiliin	Imemine (min)	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19
	Täitmine (min)	3,12	3,15	3,18	3,20	3,16
16 m imiliin	Imemine (min)	0,22	0,21	0,23	0,22	0,22
	Täitmine (min)	3,24	3,27	3,25	3,28	3,26
20 m imiliin	Imemine (min)	0,24	0,26	0,24	0,25	0,25
	Täitmine (min)	3,31	3,34	3,34	3,33	3,33
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pumba sisselülitamiseks ja vee imemise alustamiseks</li> <li>2. Aeg fikseeritakse kui vesi on jõudnud vaakumpaakauto paagi veetaseme mõõdikuni</li> <li>3. Lõppaeg fikseeritakse kui vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi täitumist veega</li> </ol>						
<p>Katsetel osalenud:</p> <p>Pärnu päästekomando I vahetuse rühmapealik Toomas Sikk</p> <p>Pärnu päästekomando II vahetuse rühmapealik Riho Linnas</p> <p>Pärnu päästekomando III vahetuse rühmapealik Tõivo Tim Nõlvak</p> <p>Pärnu päästekomando IV vahetuse rühmapealik Priit Karon</p>						

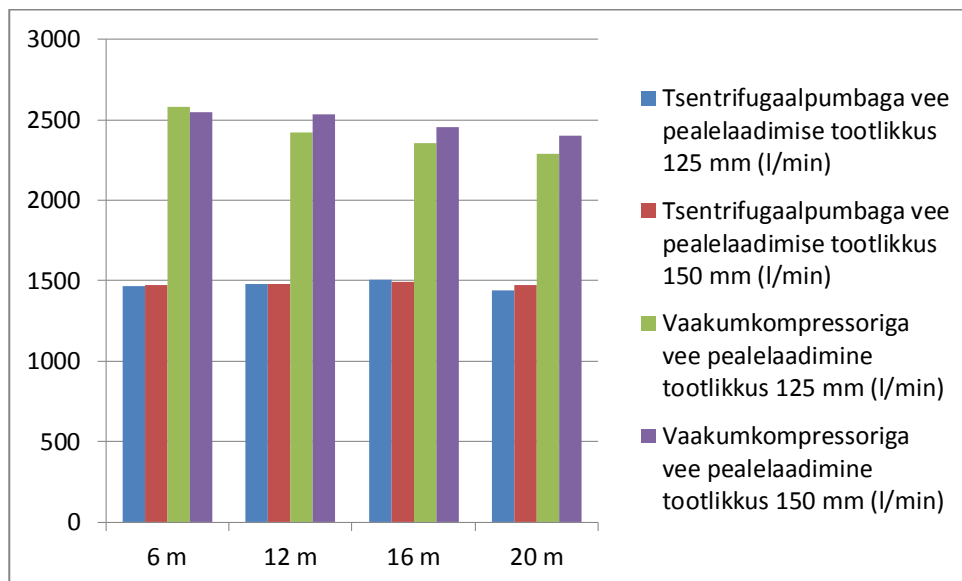
**Lisa 7. Pärnu 2-1 100 mm surveväljundi ja Pärnu Vesi 100 mm imi-surve väljundiga vee mahalaadimise katse (Pärnu 2-1 Scania P380 ja Pärnu VESI Scania)**

<b>Paakauto</b>	<b>1. katse</b>	<b>2. katse</b>	<b>3. katse</b>	<b>4. katse</b>	<b>Keskmine</b>	<b>l/ min</b>
Pärnu 2-1 100 mm surveväljund (min)	2,44	2,38	1,46	1,51	2,25	4204
Pärnu Vesi 100 mm surveväljund (min)	1,38	1,48	1,42	1,46	1,44	5575
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aeg läheb käima kui P 11 annab korralduse pumba sisselülitamiseks ja vee imemise alustamiseks</li> <li>2. Aeg fikseeritakse kui vesi on jõudnud vaakumpaakauto paagi veetaseme mõõdikuni</li> <li>3. Lõppaeg fikseeritakse kui vaakumpaakauto veetaseme mõõdik näitab paagi täitumist veega</li> </ol>						
<p>Katsetel osalenud:</p> <p>Pärnu päästekomando I vahetuse rühmapealik Toomas Sikk</p> <p>Pärnu päästekomando II vahetuse rühmapealik Riho Linnas</p> <p>Pärnu päästekomando III vahetuse rühmapealik Tõivo Tim Nõlvak</p> <p>Pärnu päästekomando IV vahetuse rühmapealik Priit Karon</p>						

## Lisa 8. Paakautode mahalaadimise võimekuse võrdlus

Vee mahalaadimise süsteem	Vee mahalaadimise vooluhulk	Vee mahalaadimise aeg
Kuressaare paakauto kiirtühendusklapp 310 x 250 mm	8100 l/min	1,43 min
Pärnu Vesi 100 mm surveväljund	5575 l/min	1,44 min
Pärnu 2-1 100 mm ümmargune surveväljund	4204 l/min	2.26 min
Killingi- Nõmme paakauto kiirtühendusklapp	3660 l/min	3,18 min

## Lisa 9. Tsentrifugaalpumba ja vaakumpumba tootlikkuse võrdlus paagi täitmisel 125 mm ja 150 mm läbimõõduga imiliiniga



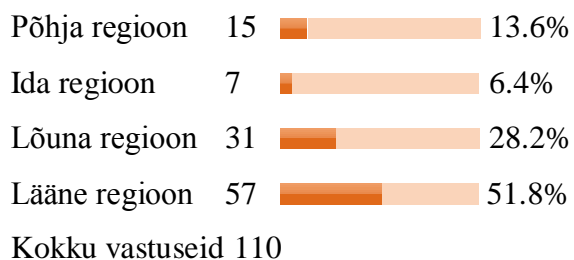


## Lisa 10. Uuringu ja katsete tulemuste võrdluse tabel

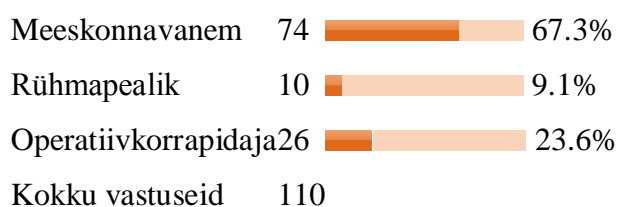
Võimekused	Ekspertide soovid	Pärnu paakauto	Vaakumpaakauto
Vee imemise kiirus 6m imiliin	30 s	56 s	8 s
Vee imemise kauguse võimekus	12 m	16 m	24 m
Vee imemise kõrguse võimekus	7 m	7 m	8 m
Paagi täitmise tootlikkus l/ min	2000- 3000 l/ min	1464 l/ min	2581 l/min
Vee mahalaadimise tootlikkus l/ min	5500 l/ min	4204 l/ min	5575 l/ min
Vee mahalaadimise süsteem	300 mm x300 mm	100 mm	100 mm

## Lisa 11. Küsimustik ja uuringu tulemused

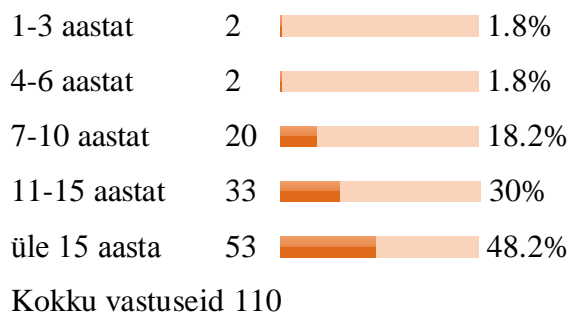
### 1. Millises regioonis Te töötate?



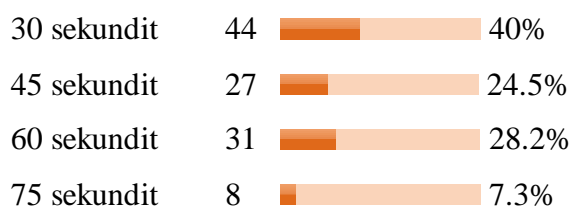
### 2. Millisel ametikohal Te töötate?



### 3. Kui pikk on Teie päästeteenistuse tööstaaž?

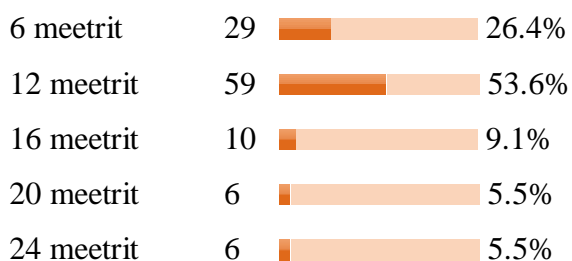


### 4. Kui kiiresti peaks Teie arvates paakauto pump vee üles imema 6 m imivoolikust?



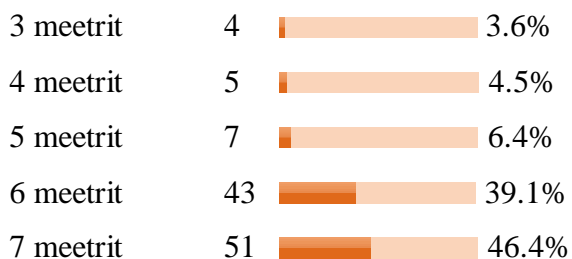
Kokku vastuseid 110

5. Milline vee imemiskauguse võimekus peaks Teie arvates paakautol olema?



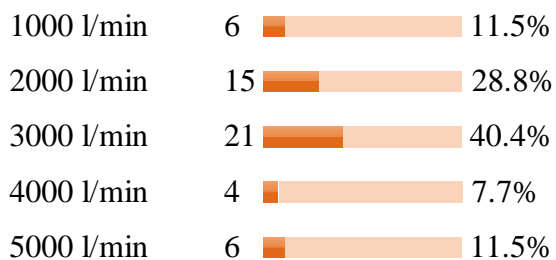
Kokku vastuseid 110

6. Milline imemiskõrgus peaks paakautol Teie arvates olema?



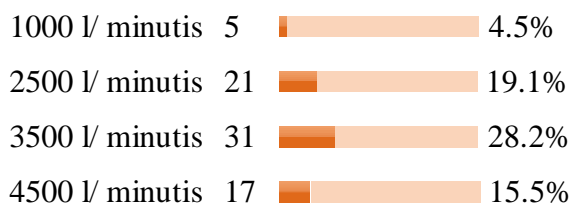
Kokku vastuseid 110

7. Milline oma veepaagi täitmise võimekus peaks paakautol olema?



Kokku vastuseid 52

8. Milline vee mahalaadimise võimekus peaks Teie arvates paakautol olema?



5500 l/ minutis 36 32.7%

Kokku vastuseid 110

### 9. Milline peaks Teie arvates olema paakauto vee mahalaadimise süsteem?

Kiirväljalaskeklapp 30 x 30 cm 45 40.9%

Kiirväljalaskeklapp 25 x 25 cm 7 6.4%

Surveväljund 150 mm läbimõõduga 18 16.4%

Surveväljund 100 mm läbimõõduga 13 11.8%

Surveväljundid 77 mm läbimõõduga 27 24.5%

Kokku vastuseid 110

