

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Renee Tammet

VEEVARUSTUSE KORRALDAMINE

TOITELIINIDE ABIL

Lõputöö

Juhendaja:

Feliks Angelstok

Tallinn 2008

## ANNOTATSIOON

Kolledž Päästekolledž	Kuu ja aasta Juuni 2008
Töö pealkiri Veevarustuse korraldamine toiteliinide abil	
Töö autor: Renee Tammet	allkiri:
<p>Käesolev lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning võõrkeelne kokkuvõte on inglise keeles. Töö maht on 47 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 neljast peatükist, mis koosnevad omakorda alapeatükkidest. Töö teoreetiline osa on koostatud erinevatele kirjanduslikele allikatele tuginedes ning töö praktiline osa mõõtmistulemustele tuginedes.</p> <p>Esimeses peatükis tutvustab autor uurimuse läbiviimist teoreetiliste arvutuste ja praktiliste mõõtmistulemuste kaudu.</p> <p>Teises peatükis analüüsib autor konkreetselt erinevate voolikliinide tootlikkusi.</p> <p>Kolmandas peatükis on välja toodud mootorpumpade pumbakarakteristikad ja nende tootlikkused koos voolikliinidega. Arvutuskäikudest tulenevalt on võimalik välja arvutada omavahel kõige paremini sobivad pumbad ja voolikliinid, millede tootlikkus oleks kõige suurem.</p> <p>Neljandas peatükis on autori poolt välja toodud arvutuskäigud leidmaks hüdrantide tootlikkust.</p> <p>Autori poolt välja pakutavad järeldused ja ettepanekud esitatakse iga alateema lõpus.</p>	
Võtmesõnad: rõhukadu, tootlikkus	
Keywords: pressure loss, capacity	
Säilitamise koht:	
Kaitsmisele lubatud: Juhendaja: Feliks Angelstok	allkiri:

## SISUKORD

Tähised.....	4
Tabelite ja jooniste loetelu.....	5
Sissejuhatus.....	6
1. Rõhukadude arvutamine .....	8
1.1 77 mm voolikliini ja Albin 900 pumba rõhukadude ja tootlikkuste katse.....	8
1.2 77 mm voolikliini ja Ruberg 30 pumba rõhukadude ja tootlikkuste katse.....	13
1.3 150 mm voolikliini ja PN 110 pumba rõhukadude ja tootlikkuse katse.....	15
2. Voolikliinide tootlikkuse arvutamine .....	18
2.1 Toiteliinide pikkused .....	18
2.2 Toiteliinide tootlikkus.....	19
2.3 Pumbad ja karakteristikad.....	24
3. Voolikliinide tootlikkus koos pumpadega .....	28
3.1 Ühe pumbaga vee pumpamine voolikliini .....	28
3.2 Võrdsete pumpadega vee pumpamine ühte voolikliini .....	32
3.3 Erinevate pumpadega vee pumpamine ühte voolikliini.....	35
3.4 Ülepumpamine.....	39
4. Hüdrantide tootlikkus .....	43
Kokkuvõte.....	45
Kasutatud kirjandus .....	47

## TÄHISED

$h$	veesamba kõrgus (m)
$l_{to}$	toiteliini pikkus (m)
$l_v$	voolikliini pikkus (m)
$Q$	vooluhulk (l/s)
$Q_v$	voolikliini tootlikkus (l/s)
$p_v$	voolikliini takistus (kPa)
$p_h$	voolikliini tõusukadu (kPa)
$p$	rõhk (kPa)
$k_v$	voolikliini rõhukao konstant
$p_p$	pumba rõhk (kPa)
$p_{to}$	toiteliini rõhukadu (kPa)
$p_{su}$	suubuv rõhk (kPa)
$Q_h$	tootlikkus läbi püstiku, (l/s)
$k_h$	hüdrandi rõhukao konstant
$k_p$	hüdrandipüstiku rõhukao konstant
$p_{hü}$	püstikul oleva manomeetri näit veetarbimisel (kPa)
$a$	pumbarõhk nullilähedasel vooluhulgal
$b$	pumba töövõimet iseloomustav suurus
$K$	vett pumpavate pumpade arv

## TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused.....	9
Tabel 2. Voolikliinide konstantide võrdlus.....	11
Tabel 3. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused.....	13
Tabel 4. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused.....	15
Tabel 5. 77mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel .....	21
Tabel 6. 150mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel .....	22
Tabel 7. 150mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 3000m järel .....	23
Tabel 8. Pumpade tootlikkused erinevatel rõhkudel.....	34
Tabel 9. Pumbarõhud koos voolikliini rõhukadudega .....	36
Tabel 10. Pumbarõhud koos voolikliini rõhukadudega .....	36
Tabel 11 Pumpade tootlikkuste liitmise tabel.....	37
Tabel 12. Pumba tootlikkuse tõhustamine suubuva rõhuga .....	41
Tabel 13. Veetorustiku tootlikkus.....	43
Joonis 1. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused .....	9
Joonis 2. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused .....	13
Joonis 3. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused .....	16
Joonis 4. 77mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel .....	21
Joonis 5. 150 mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel .....	22
Joonis 6. 150mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 3000m järel .....	23
Joonis 7. Mootorpump Fox pumbakarakteristika .....	25
Joonis 8. Mootorpump Otter pumbakarakteristika .....	26
Joonis 9. Autopump Man FPN15-2000 pumbakarakteristika .....	26
Joonis 10. Autopump Ruberg R30 pumbakarakteristika .....	27
Joonis 11. Mootorpumba Fox pumbakarakteristika ja voolikliini tootlikkus.....	30
Joonis 12. Mootorpumba Otter pumbakarakteristika ja voolikliini tootlikkus.....	31
Joonis 13. Kahe Fox pumba liidetud pumbakarakteristika.....	34
Joonis 14. Kahe erineva pumba karakteristika koos voolikliini tootlikkusega.....	38
Joonis 15. Pumba tootlikkuse tõhustamine suubuva rõhuga .....	42

## SISSEJUHATUS

Tänaseks päevaks on Eesti päästeteenistuse süsteemil kasutada kaasaegne veevarustuse aluseid puudutav raamat „Hüdraulika alused“, mis jõudis päästjateni 2007 aastal. Antud raamat on leidnud laialdast kasutamist kogu päästeteenistuse süsteemis ning praegu ammutatakse sellest raamatust teadmisi nii päästekomandodes kui ka päästeeriala õpetavas koolis. Kuna lõputöö autor töötas raamatu loomise ajal Väike-Maarja Päästekoolis, õnnestus tal anda omapoolne panus selle loomisesse. Tänaseks on möödunud mitu aastat ajast, mil töötati aktiivselt raamatu kirjutamise kallal, ning päevast päeva on veevarustuse teemal mõtteid mõlgutatud ning sellest tulenevalt on tekkinud vajadus täiendada ja edasi arendada veevarustust puudutavat temaatikat.

Lõputöö teemal „Veevarustuse korraldamise toiteliinide abil“, on uurimustöö, mille eesmärgiks on välja pakkuda võimalikud lahendused ja ettepanekud katkematu veevarustuse tagamiseks suurtulekahjude korral ning luua lisaväärtus juba olemasolevale veevarustust puudutavale raamatule. Käesolev lõputöö sisaldab veevarustust puudutavate teoreetiliste valemite ja praktiliste katsetuste võrdlusi ja nende analüüsimist. Töö käigus tehti mitmeid suuremahulisi praktilisi katsetusi, õppuseid ja mõõtmisi nii Sisekaitseakadeemia Päästekolledži Päästekoolis kui ka Lääne-Eesti Päästkeskuses. Praktiliste katsetuste juures on suureks abiks olnud Sisekaitseakadeemia Päästekolledži Päästekooli vastava eriala õppejõud ja tuletõrje-päästespetsialisti kursuse õpilased. Samuti ei saa ka märkimata jätta Päästeameti eestvedamisel Sisekaitseakadeemia Päästekolledži Päästekoolis käivitunud suurõnnetuste veevarustuse kursust, mille käigus on korraldatud suuremahulisi katsetusi.

Üldjuhul jaguneb veevarustuse korraldamine kaheks ülesehituslikult erinevaks osaks. Esimene osa puudutab veevarustuse korraldamist sündmuskohal. Teine osa aga puudutab veevarustuse tagamist sündmuskohani. Seda on võimalik korraldada erinevatel viisidel kasutades paakautosid, pumpasid või voolikliine. Lõputöös käsitletakse ainult veevarustuse tagamisega seonduvaid probleeme, seda eeldusel, et vee transport toimub voolikliinides, ning pakutakse võimalikke autori poolseid lahendusi.

Lõputöös on neli peatükki, mis käsitlevad veevarustusega seonduvaid probleeme ja teemasid erinevatest vaatevinklitest. Töö esimeses peatükis annab autor ülevaate voolikliinides vee voolamisel tekkivatest rõhukadudest ja analüüsib saadud tulemusi. Pikemalt on analüüsitud Lääne-Eesti Päästkeskuses toimunud veevarustuse õppuse käigus tehtud mõõtmisi. Teises peatükis toob autor välja erinevate voolikliinide tootlikkuse võrdlused ja analüüsib saadud tulemusi. Kolmandas peatükis on välja toodud Eesti päästeteenistuse süsteemis kahe enamkasutatava mootorpumba pumbakarakteristikad ja nende tootlikkused koos voolikliiniga, sellest tulenevalt on võimalik välja arvutada omavahel kõige paremini sobivad pumbad ja voolikliinid, millede tootlikkus on kõige suurem. Neljandas peatükis käsitletakse hüdrantide tootlikkust ja nende optimaalsemat kasutamist.

Lõputöö kirjutamise juures soovib autor tänada Sisekaitseakadeemia insenerainete õppetooli juhataja- professorit Feliks Angelstoki, kes oli nõus juhendama mind selles uurimustöös. Lisaks juhendajale on oma panuse antud töö kirjutamisse andnud ka kolleegid Lääne-Eesti Päästkeskusest ja Põhja- Eesti Päästkeskusest.

# 1. RÕHUKADUDE ARVUTAMINE

Rõhukaod voolikliinis tekkivad voolava vee osakeste omavahelisel ja vooliku sisepinna vahelisel hõõrdumisel (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:34).

Lõputöö esimeseks teemaks on tuletõrjevoolikutes tekkivate rõhukadude teoreetiliste arvutustulemuste võrdlemine praktiliste katsetuste tulemustega. Antud teema käigus vaadeldakse ainult 77 mm ja 150 mm läbimõõduga voolikutes vee voolamisel tekkivaid rõhukadusid ning pumpade tootlikkuste langusi voolikliinide pikkustest sõltuvalt. Oluline oli nende katsetuste läbiviimisel see, et mõõtmised viidi läbi pikkade voolikliinidega. Voolikliinide pikkused algasid 1000m ja lõppesid 3000m. Selliste praktiliste katsetuste planeerimine ja korraldamine on väga pikaajaline ning aeganõudev protsess. Seepärast on antud töö raames selletaoliste praktiliste katsetuste hulk piiratud.

Alljärgnevalt kirjeldatakse kolme erinevat katsetust ja analüüsitakse praktilisi mõõtmistulemusi ning võrreldakse neid teoreetiliste arvutustega. Igat praktilist katsetust on eraldi kirjeldatud ja analüüsitud. Järeldused tuuakse pärast kolme katset, et need oleks laiahaardelisemad ja omaksid suuremat kaalu.

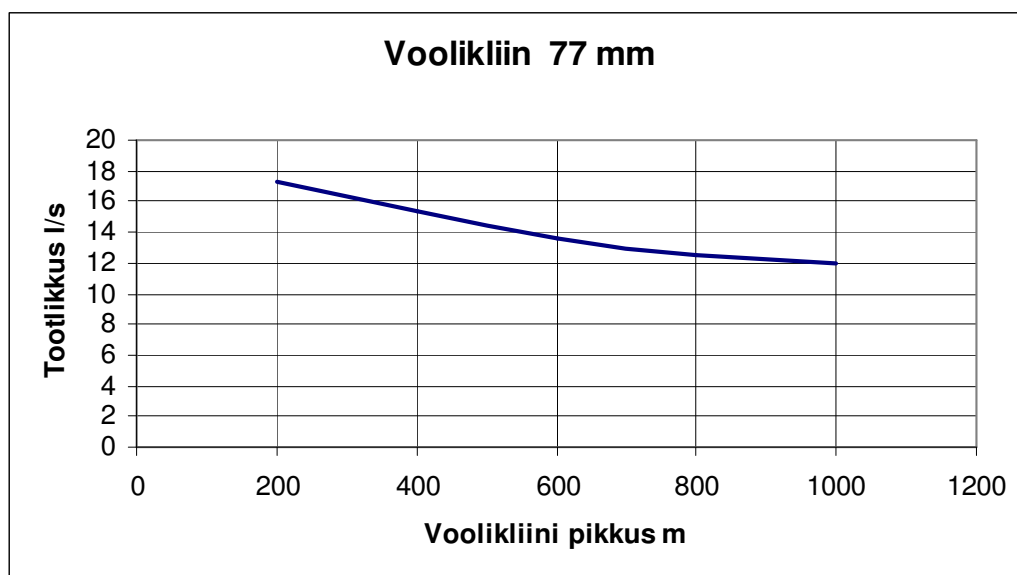
## 1.1 77 mm voolikliini ja Albin 900 pumba rõhukadude ja tootlikkuste katse

Katse käigus moodustati 1000m pikkune 77mm läbimõõduga voolikliin. Voolikliin moodustati tasasele pinnale, kus puudusid arvestatavad tõusud ja langused. Voolikliinile paigaldati iga 200 m tagant RT 80 tüüpi hargmik, mis oli varustatud rõhumõõteriistaga. Kokku oli mõõtmiskohti 6: esimene Albin 900 pumbal ja seejärel igal järgmisel hargmikul. Pumba surve mõõtmiseks kasutati pumba oma survemanomeetrit. Kõikides mõõtmiskohtades mõõdeti ka voolikliini tootlikkust, millest tuleb pikem käsitus teises peatükis.



Tabel 1. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Mõõtmiskohtade kaugus m	200	400	600	800	1000
Rõhk hargmikel kPa	350	250	220	210	0
Voolikliini tootlikkus l/s	17,3	15,4	13,6	12,5	12,0
Voolikliini rõhukadu kPa	450	700	830	940	1080
Rõhk pumbal kPa	800	950	1050	1150	1080



Joonis 1. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Rõhukadude arvutamiseks on olemas erinevaid valemeid. Autor kasutab Jaanis Otsla poolt kirjutatud raamatus „Tuletõrje hüdraulika“ väljatöötatud voolikliinide rõhukadude arvutuse valemit (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:36).

Selleks, et rõhukadusid arvutada on vaja teada voolikliini tootlikust, liini pikkust ning hüdrauliliste rõhukadude konstanti. Kuna kogu töö vältel on juttu sellisest terminist, nagu rõhukadude konstant, siis püüab autor mõne sõnaga ka seletada, kust on rõhukadude konstant tuletatud. Nimelt on rõhukadude konstant kirjeldatav kui rõhukadu, mis tekkitab voolikus vee voolamisel tootlikkusel 1l/s. (Иванников, Ключ 1987:260)

$$p_v = \frac{l_v \times k \times Q^2}{100} \quad (1)$$

$p_v$  – voolikliini takistus (kPa)

$l_v$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant (tabel 2)

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

Võttes aluseks sama valemi on võimalik avaldada tuletõrjevoolikute hüdrauliliste rõhukadude konstant (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:36)

$$k_v = \frac{p_v \times 100}{l_v \times Q^2} \quad (2)$$

Väljendades rõhukadu survevanguna veesamba meetrites ja voolikliini pikkust 20 m voolikute arvu kaudu võib valemi 1 esitada kujul

$$H_v = n \times s \times Q^2 \quad (3)$$

$H_v$  – voolikliini takistus (mH<sub>2</sub>O)

$n$  – voolikute arv (tk)

$s$  – konstant (tabel 2)

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

Eelnevast valemist on samuti võimalik avaldada tuletõrjevoolikute hüdrauliliste rõhukadude konstant  $s$ .

$$s = \frac{H_v}{n \times Q^2} \quad (4)$$

Viimase valemi erinevus seisneb selles, et voolikliini takistust arvutatakse meetrites veesammast ja voolikliini pikkust 20 meetriste voolikute arvuna. (Кошмаров 1985:93)

Tabel 2. Voolikliinide konstantide võrdlus

Vooliku läbimõõt (mm)	Konstant k (6:260,261)	Konstant s (1:37)
51 mm	6,3	0,15
63 mm	2,16	
66 mm	1,7*	0,035
77 mm	0,75	0,015
103 mm	0,16	0,0032
110 mm	0,108(0,110*)	0,0022
150 mm	0,018(0,02*)	0,00046

\*- vene päritoluga tuletõrjevoolikud

Eelnevatele valemitele tuginedes ja kasutades valemit (3) on võimalik välja arvutada voolikliini rõhukadu. Asetades seejärel saadud andmed valemisse (2), saame vastuseks konstandi tabelist nr (2). Andmed arvutuste tegemiseks on võetud mõõtmistulemuste tabelist (1).

$$H_v = 50 \times 0,015 \times 12^2 = 108 \text{ m H}_2\text{O}$$

Teisendades veesamba meetrid kilopaskaliteks  $p_v = 10 \times H_v = 1080 \text{ kPa}$ , saame konstandi väärtuseks

$$k = \frac{1080 \times 100}{1000 \times 12^2} = 0,75 \quad (2)$$

Antud arvutusi võib korrata kõikide mõõtmistulemustega, saadud hüdrauliliste rõhukadude konstant jääb ikka samaks. Kuna mõõtmistulemused on saadud koos kohalike kadudega, ei ole edaspidistes arvutustes neid enam vaja toiteliinide rõhukadude arvutamisel eraldi juurde liita, küll aga voolikliinides, mis koosnevad hargmikest ja joatorudest on vaja lisada kohalikeks kadudeks 10% (Тарасов-Агалаков 1959:162).

Eelneva jutu tõestuseks on pumbarõhu arvutamine ja toiteliini pikkuse arvutamine. Pumbarõhu arvutuskäik on äratoodud selles peatükis, aga toiteliini pikkuse arvutuskäigud on näitlikustatud järgnevas peatükis, kus käsitletakse voolikliinide tootlikkust.

Pumbarõhu arvutamine tabeli 1 alusel voolikliini pikkuse 800m juures

$$p_p = p_{to} + p_h + p_{su} \quad (5)$$

$p_p$  – pumba rõhk (kPa)

$p_{to}$  – toiteliini rõhukadu (kPa)

$p_{su}$  – suubuv rõhk (kPa)

$p_h$  – tõusukadu (kPa)

Arvutades toiteliini rõhukao valemi 1 järgi tabeli 1 andmetega saame

$$p_{to} = \frac{l_v \cdot k \cdot Q^2}{100} = \frac{800 \cdot 0,75 \cdot 12,5^2}{100} = 937,5 \text{ kPa} \approx 940 \text{ kPa}$$

Järgnevas arvutuskäigus kasutatakse tabelist võetud mõõtmistulemusi.

$$p_p = 940 + 0 + 210 = 1150 \text{ kPa} \quad (5)$$

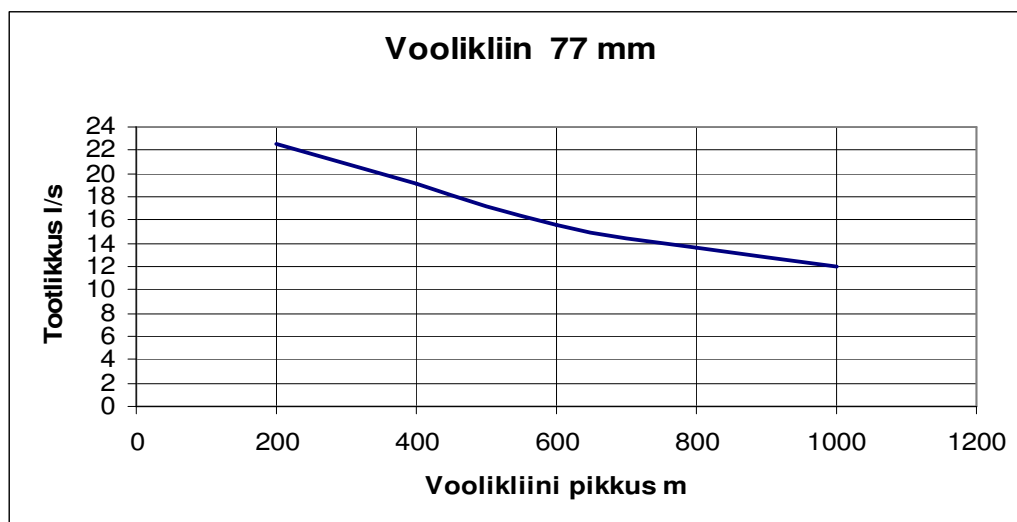
Saadud tulemus on ligilähedane praktiliste mõõtmistulemustega.

## 1.2 77 mm voolikliini ja Ruberg 30 pumba rõhukadude ja tootlikkuste katse

Katse käigus moodustati 1000m pikkune 77mm läbimõõduga voolikliin. Voolikliin moodustati tasasele pinnale kus puudusid arvestatavad tõusud ja langused. Voolikliinile paigaldati iga 200 m tagant RT 80 tüüpi hargmik, mis oli varustatud rõhumõõteriistaga. Sarnaselt esimesega oli ka teisel katsel 6 mõõtmiskohta: esimene pumbal Ruberg 30 ja seejärel igal järgmisel hargmikul. Pumba rõhu mõõtmiseks kasutati pumba oma survemanomeetrit. Kõigis mõõtmiskohtades mõõdeti ka voolikliini tootlikkust.

Tabel 3. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Mõõtmiskohtade kaugus m	200	400	600	800	1000
Rõhk hargmikel kPa	300	280	240	220	0
Voolikliini tootlikkus l/s	22,5	19,2	15,5	13,6	12,05
Voolikliini rõhukadu kPa	750	1100	1080	1100	1100
Rõhk pumbal kPa	1050	1380	1320	1320	1100



Joonis 2. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Kõik esimese katse arvutustulemused kehtivad ka teise katse puhul ja ka analüüsi tulemused olid sarnased eelneva katsega. Sellest tulenevalt ei peatu autor teise katse analüüsimisel vaid keskendub kolmandale katsele.

### 1.3 150 mm voolikliini ja PN 110 pumba rõhukadude ja tootlikkuse katse

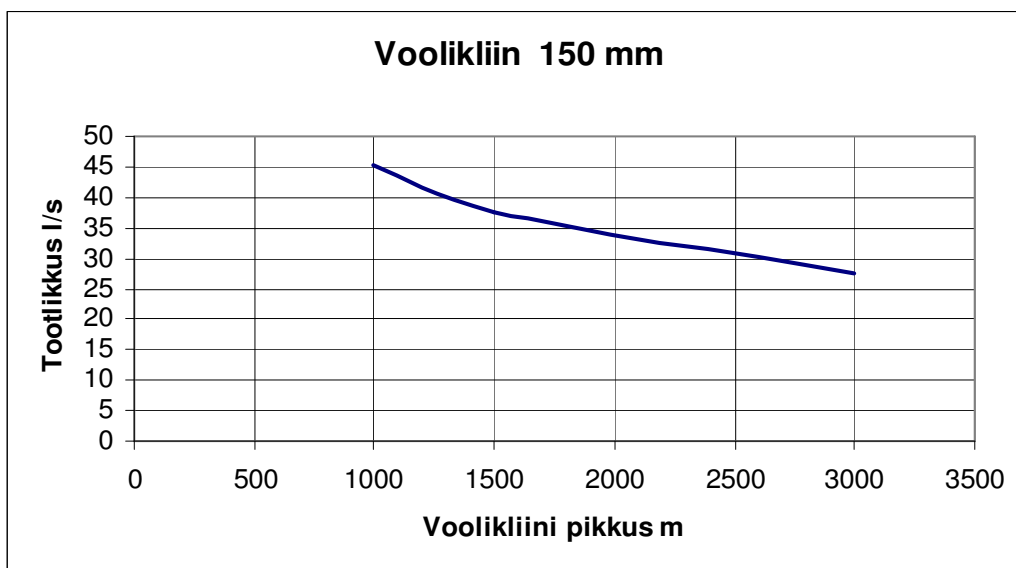
Kolmanda katse käigus moodustati 3000m pikkune voolikliin 150mm läbimõõduga voolikutest. Sarnaselt eelmistele katsetele moodustati voolikliin tasasele pinnale, kus puudusid arvestatavad tõusud ja langused. Voolikliinile oli paigaldatud kolm hargmikku, mis olid varustatud rõhumõõteriistaga. Kokku oli 4 mõõtmiskohta: esimene pumbal PN 100 ja järgnevad 1000m, 1500m ja 3000m peal. Pumba rõhu mõõtmiseks kasutati pumba oma survemanomeetrit. Voolikliinil olnud mõõtmiskohtades mõõdeti ka voolikliini tootlikkust, mida käsitletakse eraldi järgmistes peatükkides.

Selleks, et arvutada katsetuse rõhukadusid on mõlema valemi nii valem (1) kui ka valem (2)) puhul vaja teada voolikliini tootlikust, liini pikkust ning hüdrauliliste rõhukadude konstanti.

Tabel 4. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Mõõtmiskohtade kaugus m	1000	1500	3000
Rõhk hargmikel kPa	170	130	100*
Voolikliini tootlikkus l/s	45,2	37,7	27,5
Voolikliini rõhukadu kPa	470	490	522
Rõhk pumbal kPa	650	650	650

\* arvutatud teoreetiliselt, kuna rõhumõõtevahend ei näidanud alla 100 kPa rõhku



Joonis 3. Rõhukadude ja voolikliinide tootlikkuse mõõtmistulemused

Eelnevatele valemitele tuginedes arvutan välja voolikliini rõhukao valemi (3) abil ja seejärel asetan saadud andmed valemisse (2). Andmed võtan mõõtmistulemuste tabelist nr (4) ja voolikliinide konstantide võrdluse tabelist 2.

$$H_v = 150 \times 0,00046 \times 27,5^2 = 52,2 \text{ m H}_2\text{O}.$$

Teisendades ühikud saame rõhukaoks 522 kPa

$$k = \frac{522 \times 100}{3000 \times 27,5^2} = 0,023$$

Eelpool tehtud arvutusi korrati kõikide mõõtmistulemustega, kuid saadud hüdrauliliste rõhukadude konstant oli alati sama. Kuna mõõtmistulemused on saadud koos kohalike kadudega, ei ole edaspidistes arvutustes neid enam vaja eraldi juurde liita. Tõestuseks sellele on ka pumbarõhu ja toiteliini pikkuse arvutamine. Pumbarõhu arvutuskäik on toodud ära selles peatükis, kuid toiteliini pikkuse arvutuskäik leiab käsitlemist järgnevas peatükis, kus käsitletakse voolikliinide tootlikkust.



Pumbarõhu arvutamine tabel 4 alusel voolikliini pikkuse 3000m juures

$$p_p = p_{to} + p_h + p_{su} \quad (5)$$

$p_p$  – pumba rõhk (kPa)

$p_{to}$  – toiteliini rõhukadu (kPa)

$p_{su}$  – suubuv rõhk (kPa)

$p_h$  – tõusukadu (kPa)

Järgnevas arvutuskäigus kasutan mõõtmistulemusi tabelist 1.

$$p_p = 522 + 0 + 100 = 622 \text{ kPa} \quad (5)$$

Saadud tulemus on ligilähedane praktiliste mõõtmistulemustega

Järeldused

1. Esimese ja teise katse mõõtmistulemuste analüüsimise tulemusena võib väita, et 77mm voolikliini hüdrauliliste rõhukadude konstant 0,75 on õige, kuna praktilised mõõtmistulemused ühtivad teoreetiliste arvutustega.

2. Kolmanda katse mõõtmistulemuste analüüsimise tulemusena võib väita, et 150mm voolikliini hüdrauliliste rõhukadude konstant 0,02 ei ole väga täpne. Konstandi täpne väärtus on 0,023, kuna sel juhul ühtivad praktilised mõõtmistulemused ja teoreetilised arvutused.

3. Katsete käigus teostatud praktilised mõõtmistulemused on juba koos kohalike kadudega. Ilma kohalike kadudeta praktilisi mõõtmisi teostada võimalik ei ole. Hüdrauliliste rõhukadude konstantide õigsus on oluline just toiteliinide pikkuse arvutamisel ja ülepumpamisel pumpade õigete asukohtade määramiseks.

Ettepanek

Edaspidistes arvutuskäikudes võtta kasutusele 150mm voolikliini hüdrauliliste rõhukadude konstant 0,023, kuna sel juhul ühtivad praktilised mõõtmistulemused ja teoreetilised arvutused.

## 2. VOOLIKLIINIDE TOOTLIKKUSE ARVUTAMINE

### 2.1 Toiteliinide pikkused

Voolikliine, mis moodustatakse tulekustutusvee transportimiseks ühest või enamast pumbast või hüdrandist teise survet andvasse või teenindavasse süsteemi, nimetatakse toiteliinideks (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:51). Üldjuhul kasutatakse selleks 77mm ja 150mm läbimõõduga tuletõrjevoolikuid. Samas tuleb arvestada ka seda, et voolikuid ei ole võimalik loodusesse ilma käänakuteta maha panna. Sellises olukorras lisatakse voolikliini pikkusele 20%, st vahemaa, kuhu voolikliin on vaja moodustada, korrutatakse teguriga 1,2. Näiteks kui voolikliin on vaja moodustada maastikule punktide vahele, mille vahemaa on 2500m, siis selleks kulub 3000m voolikuid ehk 150 20 meetri pikkust voolikut (Иванников, Ключ 1987:136 ja Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:51).

Selles peatükis tuleb autor jälle tagasi punktis 1.3 esitatud praktiliste mõõtmistulemuste juurde. Nimelt on päästetöödel veevarustuse korraldamise juures väga oluline teada, kui pikka toiteliini on võimalik moodustada, teades sündmuskohal vajaminevat vee hulka, pumbarõhku, tõusutakistust ja suubuvat rõhku (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:57 ja Тарасов-Агалаков 1959:191).

Järgnevalt arvutatakse toiteliini pikkus kolmanda katse algandmete alusel ja võrreldakse praktiliste mõõtmistulemustega. Rõhukadusid käsitleva peatüki lõpus tegi autor ettepaneku mitte arvestada toiteliinide rõhukadude arvutamisel kohalike kadudega.

Toiteliini pikkuse arvutamise valem

$$l_{to} = \frac{P_p - (P_h + P_{su})}{k \times Q^2} \times 100 \quad (6)$$

$P_p$  – pumba rõhk (kPa)

$l_{to}$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant (tabel 2)

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

$p_{su}$ – suubuv rõhk (kPa)

$p_h$ – tõusukadu (kPa)

$$l_{to} = \frac{622 - (0 + 100)}{0,023 \times 27,5^2} \times 100 = 3001\text{m} \quad (6)$$

$$l_{to} = \frac{650 - (0 + 130)}{0,023 \times 37,7^2} \times 100 = 1515\text{m} \quad (6)$$

Järeldus:

Võrreldes mõõtmistulemusi teoreetiliste arvutustega, näeme tulemuste kokkulangemist. Seega võib järeldada, et autori poolt väljapakutud arvutuskäik on õige.

## 2.2 Toiteliinide tootlikkus

Eelmise teema juures leiti lahendus, kuidas leida arvutuslikult toiteliinide pikkusi, juhul kui oli teada sündmuskohal vajamineva kustutusvee kogus. Antud teema juures, toiteliinide tootlikkus, püüab autor leida piisavat pumbarõhku, mille juures oleks tagatud vajaminev veekogus sündmuskohal.

Eelnevaid katsetulemusi analüüsid, nentis autor tõsiasi, et vee voolamisel pikkades voolikliinides väheneb olulisel määral pumpade võime voolikliini vett pumbata. Antud teksti ilmestamiseks tuuakse ära mõned arvutuskäigud, mille vältel saadakse ettekujutus erinevate voolikliinide tootlikkusest.

Voolikliinide tootlikkus on voolikliini vee läbilaskevõime teatud rõhul ja tootlikkuse leidmise arvutuskäik tuleb raamatust (Комаров 1985:93).

$$H_v = n \times s \times Q^2$$

$H_v$  – voolikliini takistus (m  $H_2O$ )

$n$  – voolikute arv (tk)

$s$  – konstant tabelist 2

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

Eelnevat valemit aluseks võttes leiame voolikliini tootlikkuse  $Q$

$$Q_v = \sqrt{\frac{H-h}{s \times n}} \quad (7)$$

$H$  – pumbarõhk (m  $H_2O$ )

$h$  – suubuv rõhk

$n$  – voolikute arv (tk)

$s$  – konstant tabelist 2

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

(Кошмаров 1985:93)

Kuna valemities (3) ja (7) kasutatud mõõtühikud ei ole sobilikud kasutamiseks antud töös on autor edasises töös teisendanud mõõtühikuid.

$$P_{to} = \frac{l_v \times k \times Q^2}{100} \quad (1)$$

$$P_p = P_{to} + P_h + P_{su} \quad (5)$$

$$Q_v = \sqrt{\frac{P_p - (P_{su} + P_h) \times 100}{k \times l_v}} \quad (8)$$

$P_p$  – pumba rõhk (kPa)

$l_v$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant tabelist 2

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

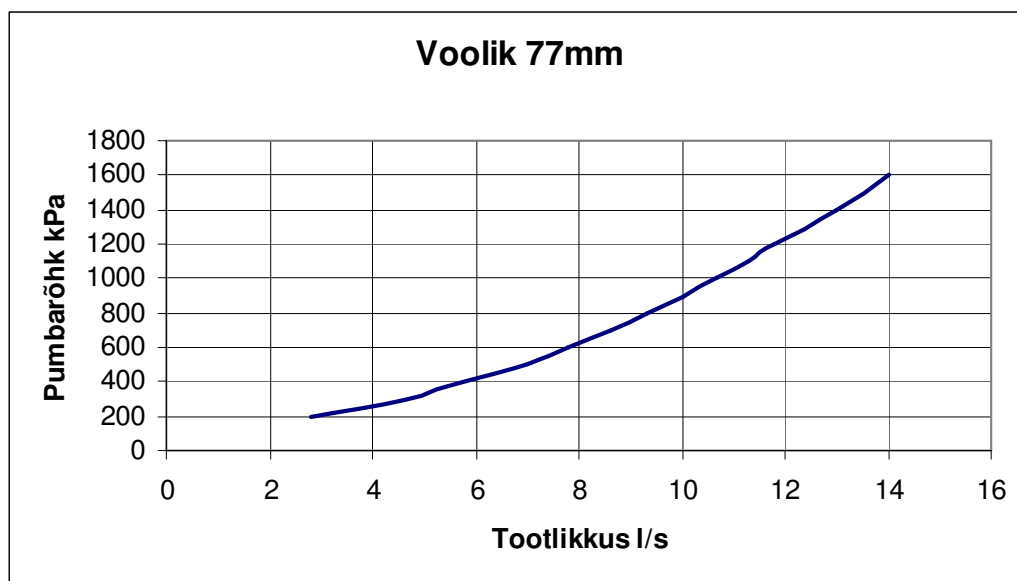
$P_{su}$  – suubuv rõhk (kPa)

$P_h$  – tõusukadu (kPa)

Kasutades valemit (8) koostas autor kolm alljärgnevat tabelit ja joonist, mis annavad ülevaate voolikliini tootlikkuse kohta, kindlate pumbasurve juures ja kindlate voolikliinide pikkuste korral.

Tabel 5. 77mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel

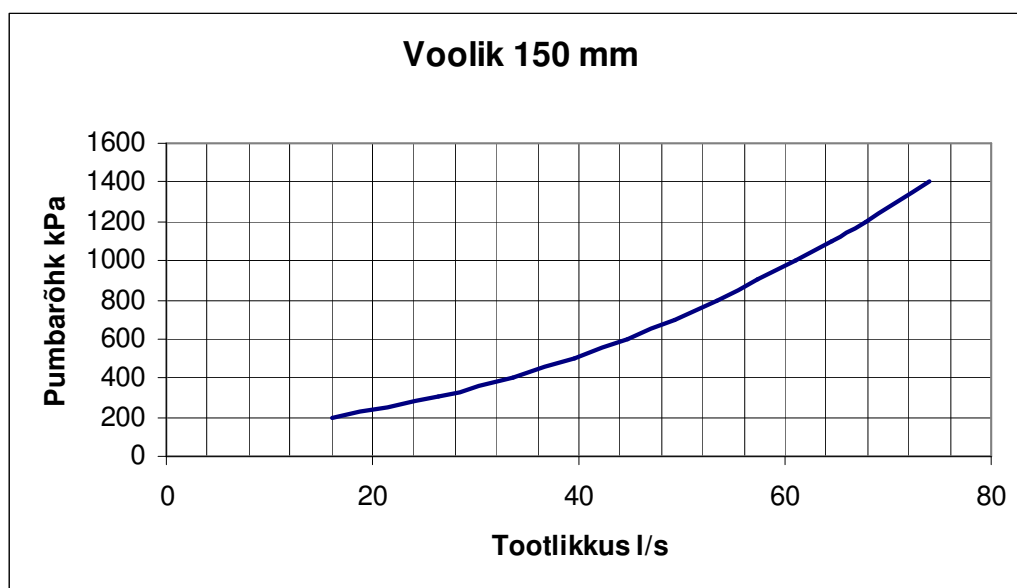
Q	Pp	Psu	Ph	k	l
7	500	100	40	0,75	1000
8,5	700	100	40	0,75	1000
10,5	1000	100	40	0,75	1000
12	1200	100	40	0,75	1000
13	1400	100	40	0,75	1000
14	1600	100	40	0,75	1000



Joonis 4. 77mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel

Tabel 6. 150 mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel

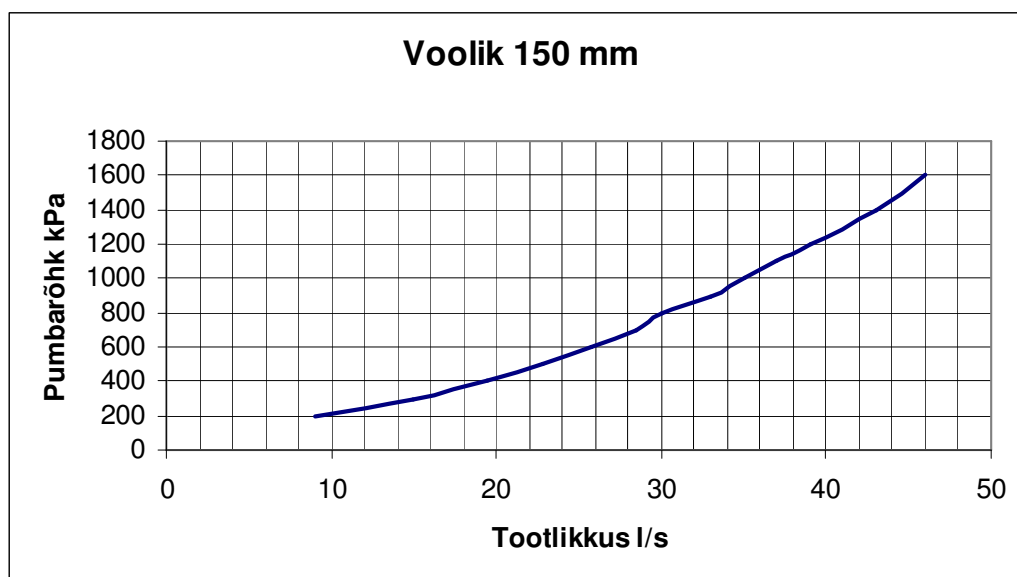
Q	Pp	Psu	Ph	k	l
26,4	300	100	40	0,023	1000
40	500	100	40	0,023	1000
53	800	100	40	0,023	1000
61	1000	100	40	0,023	1000
68	1200	100	40	0,023	1000
74	1400	100	40	0,023	1000



Joonis 5. 150 mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 1000m järel

Tabel 7. 150mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 3000m järel

Q	Pp	Psu	Ph	k	l
15	300	100	40	0,023	3000
23	500	100	40	0,023	3000
30	800	100	40	0,023	3000
35	1000	100	40	0,023	3000
43	1200	100	40	0,023	3000
46	1400	100	40	0,023	3000



Joonis 6. 150mm läbimõõduga voolikliini tootlikkus 3000m järel

Järeldus

Selle teema kokkuvõtteks võib julgelt öelda, et tuletõrjevoolikute tootlikkus ei taga alati piisaval hulgal kustutusvett, mida on vaja sündmuskohal päästetööde efektiivseks läbiviimiseks. Vaadates 77 mm voolikliini tootlikkuse tabelit (5) ja joonist (4) ilmneb tõsiasi, et tõstes või langetades pumbarõhkusid, muutub tootlikkus 5 l/s. Antud katse tulemustele tuginedes, võib julgelt öelda, et 77mm voolikliini ei ole otstarbekas moodustada üle 1000m pikkuste vahemaade taha.

Pöörates nüüd tähelepanu 150mm voolikliini tootlikkuse tabelile (7) ning joonisele (5) näeme, et vee transportimisel ilma ülepumpamiseta suudame ära kasutada ainult 50% voolikliini tegelikust tootlikkusest (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:36).

Ettepanek.

Tuletõrjevoolikute tootlikkuse tõstmiseks tuleb voolikliinile paigutada ülepumpamise pumbad, millega tõstetakse vee rõhku ja parandatakse voolikliini tootlikkust.

### 2.3 Pumbad ja karakteristikad

Pumpade karakteristika on pumba tööd iseloomustav kõverjoon, mis näitab ära antud pumba võimekuse teatud rõhul pumbata vett kindla tootlikkuse juures. Pumpade karakteristikad saadakse üldjuhul käsiraamatutest või valmistaja tehase poolt esitatud andmetest. (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007:41)

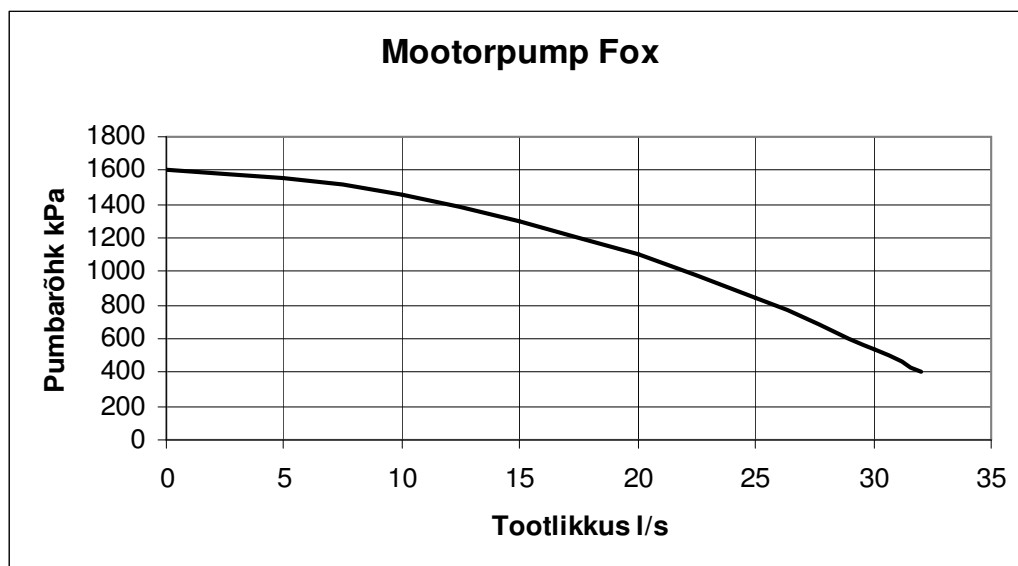
Käesolevas lõputöös välja toodud kahe mootorpumba ja kahe autopumba karakteristikad on saadud valmistaja tehaste poolt esitatud andmetest. Mootorpumpadeks valis autor Eestis enamlevinud Rosenbaueri tehases valmistatud mootorpumbad Otter ja Fox ning



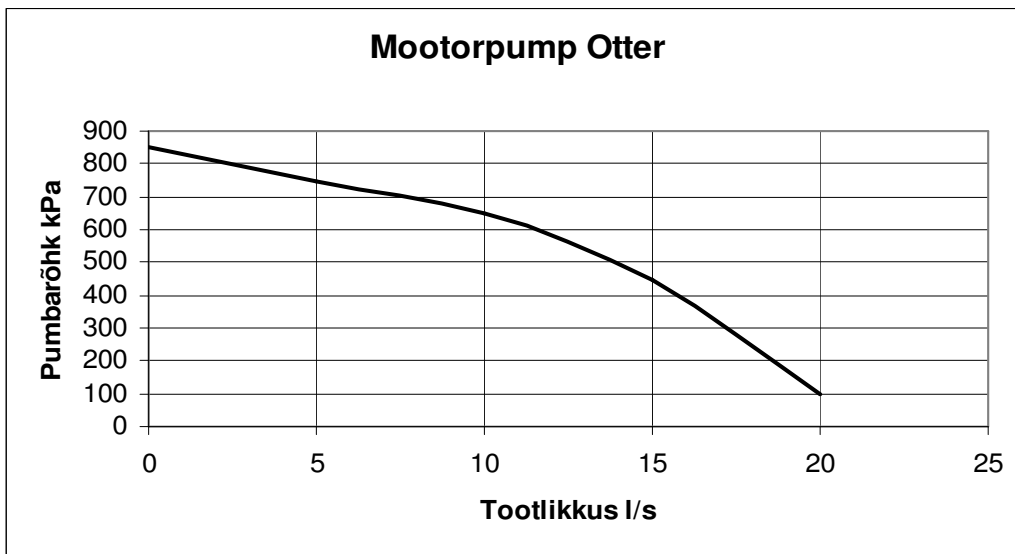
autopumpadeks Man FPN15-2000 ja Ruberg R30. Autopumpade valiku tingis asjaolu, et need pumbad on paigaldatud põhiautodele, mis on päästesüsteemi soetatud alates 2007.aastast.

Pumpade karakteristikate lugemisel tuleb lähtuda vooluhulgast. Vajamineva vooluhulga ja pumbarõhu saame toiteliinide tootlikkuse arvutusvalemist. Saadud tulemustest lähtudes tuleb otsida sobiv pump, pumbakarakteristikele tuginedes. (Otsla, Suurkivi, Marvet 2007: 43-44)

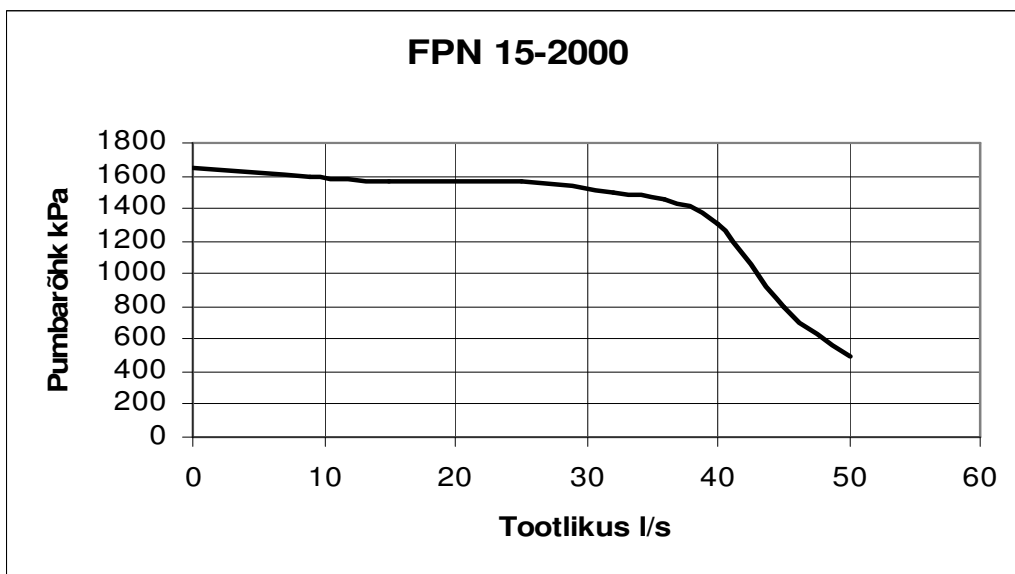
Alljärgnevalt välja toodud pumpade karakteristikad on aluseks järgmisele peatükile, kus käsitletakse toiteliinide vee tootlikkuse leidmist koos pumpade karakteristikatega.



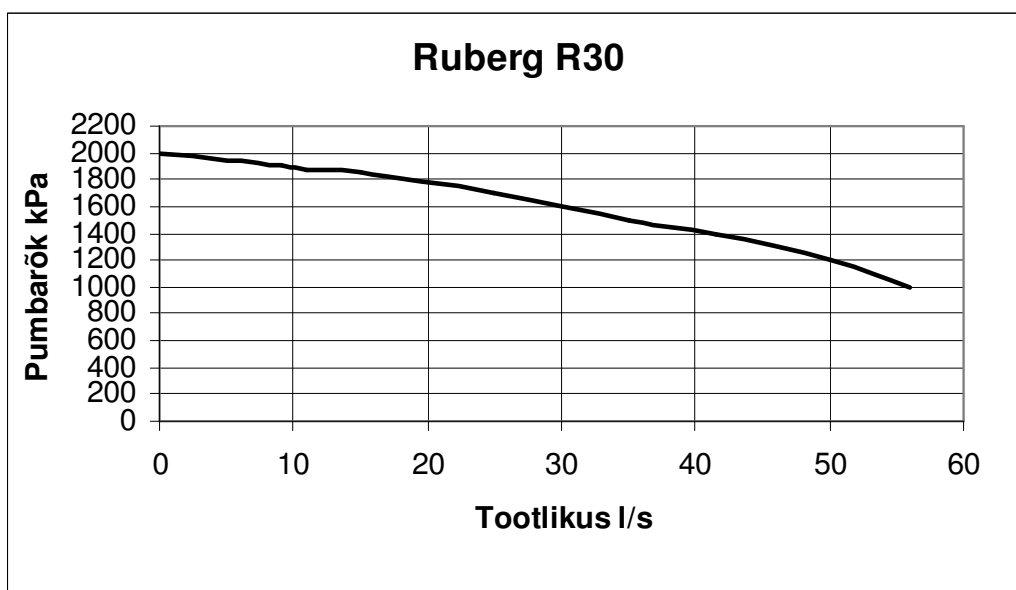
Joonis 7. Mootorpump Fox pumbakarakteristika



Joonis 8. Mootorpump Otter pumbakarakteristika



Joonis 9. Autopump Man FPN15-2000 pumbakarakteristika



Joonis 10. Autopump Ruberg R30 pumbakarakteristika

### 3. VOOLIKLIINIDE TOOTLIKKUS KOOS PUMPADEGA

Pumpade töö analüüsimise levinuim meetod on graafiline pumpade ja voolikliinide koostöö analüüs. Pumpade ja voolikliinide koostöös tekib olukord, mille juures pumba antav veehulk ja rõhk on võrdsed voolikliini samade näitajatega. See on pumba tööpunkt. See tähendab, et rõhk, mida on vaja vee andmiseks mööda voolikliini, on võrdne pumbarõhuga.

Pumba tööpunkti saab kindlaks määrata kandes pumba karakteristika ja voolikliinide tootlikkus ühele joonisele (Качалов, Воротынцев, А.В.Власов 1985:89-91).

#### 3.1 Ühe pumbaga vee pumpamine voolikliini

Selleks peab kasutama võrrandit mis iseloomustab pumba töökarakteristikat:

$$p = a - b \times Q^2 \quad (9)$$

$p$  - pumbarõhk

$a$  - pumbarõhk nullilähedasel vooluhulgal, võttes aluseks pumba karakteristika;

$b$  – suurus, mis iseloomustab pumba töövõimet (pumbarõhk võimalikult maksimaalsel tootlikkusel, pumba karakteristika alusel) (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:90).

Võttes aluses parameetrid  $a$  ja  $b$  saab koostada alljärgneva süsteemi. Pumba karakteristikaks kasutab autor mootorpumba Fox karakteristikat

$$1550 = a - b \times 5^2, \quad 1550 = a - 25b, \quad a = 1550 + 25b$$

$$400 = a - b \times 32^2, \quad 400 = a - 1024b$$

$$400 = 1550 + 25b - 1024b$$

$$1024b - 25b = 1550 - 400$$

$$999b = 1150, \quad b = 1,151$$

$$a = 400 + (1024 \times 1,151) = 1577, \quad a = 1577$$

Asetades saadud pumba tööd iseloomustavad suurused a ja b järgnevasse valemisse, saadakse maksimaalse vooluhulk, mida antud pump ja voolikliini tootlikkus võimaldavad. (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:96)

$$Q_v = \sqrt{\frac{a - (p_{su} + p_h) \times 100}{(l_v \times k/100) + b}} \quad (10)$$

$l_v$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant tabelist 2

$Q_p$  – vooliku tootlikus (l/s)

$p_{su}$  – soovitatav rõhk sündmuskohal (kPa) (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:96).

$p_h$  – tõusukadu (kPa)

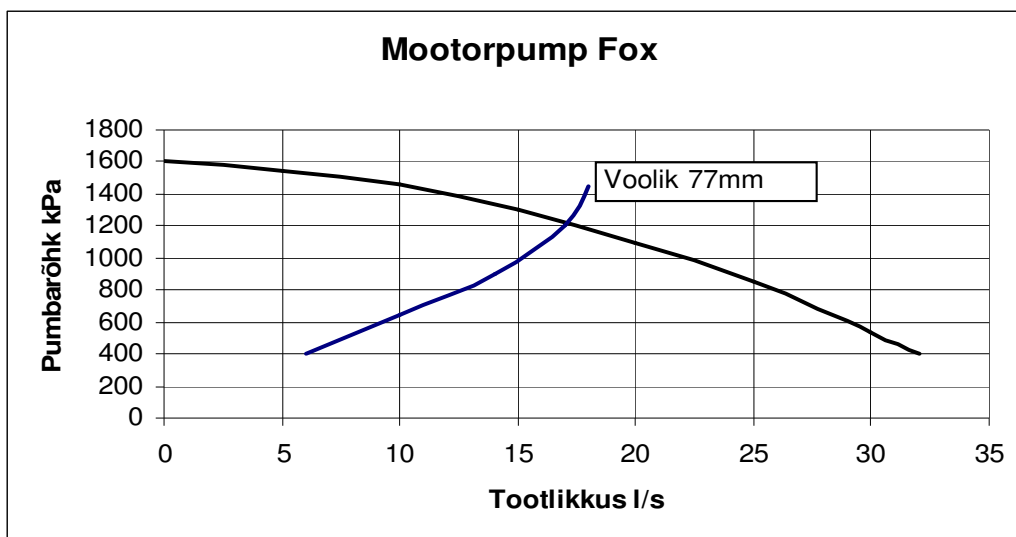
Näide:

Päästemeeskonnal on vaja moodustada lahtisest veevõtukohast kinnine toiteliin sündmuskohani. Veevõtukoha kaugus sündmuskohast on 420 meetrit. Toiteliiniks on 77mm läbimõõduga voolikliin, tõus veevõtukohast sündmuskohani on 5 meetrit. Lisavee pumpamiseks on kasutada mootorpump Fox.

Lahenduse leidmiseks tuleb kasutada alljärgnevat valemit

$$Q_p = \sqrt{\frac{1577 - (100 + 50)}{(0,75 \times 500/100) + 1,151}} = 17 \text{ l/s} \quad (10)$$

Vastus: Päästemeeskond saab sündmuskohal kustutustöödeks kasutada 17 l/s kustutusvett, mis võimaldab kasutada 3 käsijoatoru, mille tootlikkus on 5 l/s.



Joonis 11. Mootorpumba Fox pumbakarakteristika ja voolikliini tootlikkus

Peale mõlema karakteristika kandmist ühele joonisele, tekkib kõverate ristumiskoht, mida nimetatakse pumba tööpunktiks. Vastavalt sellele tööpunktile tehakse kindlaks, kas antud pump on sobilik pumpama vajamineval vooluhulgal. Kui tööpunkt vastab pumba optimaalsele töörežiimile, on valitud õige pump. (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:91)

Võrdluseks koostab autor samadel algandmetel uue joonise. Pumbaks kasutame nüüd aga mootorpumpa Otter.

Mootorpumba Otter pumbakarakteristikat iseloomustavad suurused:

$$750 = a - b \times 5^2, \quad 750 = a - 25b, \quad a = 750 + 25b$$

$$200 = a - b \times 18^2, \quad 200 = a - 324b$$

$$200 = 750 + 25b - 324b$$

$$324b - 25b = 750 - 200$$

$$299b = 550, \quad b = 1,8$$

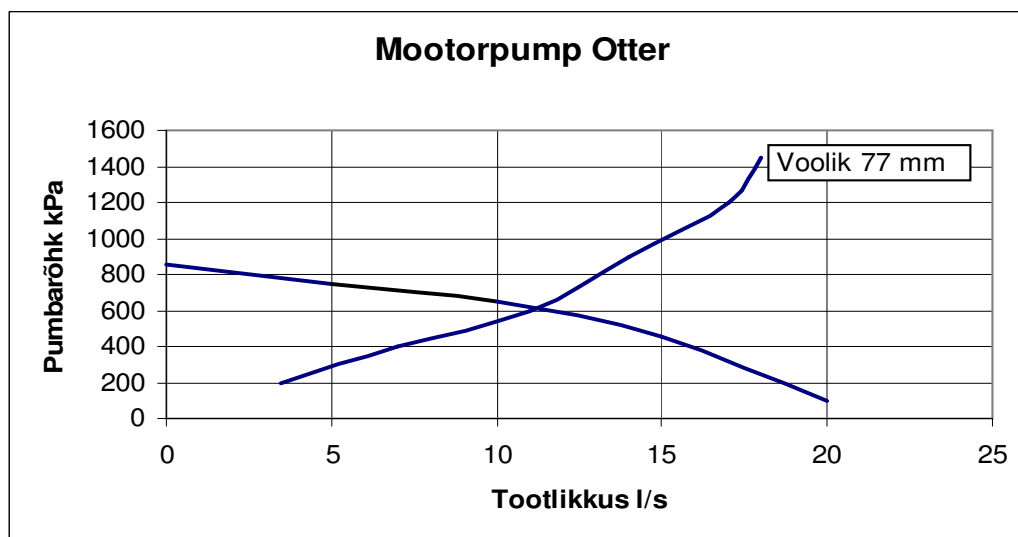
$$a = 200 + (324 \times 1,8) = 783, \quad a = 783$$

$$a = 783$$

$$b = 1,8$$

Lahenduse leidmiseks tuleb kasutada alljärgnevat valemit

$$Q_p = \sqrt{\frac{783 - (100 + 50)}{(0,75 \times 500/100) + 1,8}} = 11 \text{ l/s} \quad (10)$$



Joonis 12. Mootorpumba Otter pumbakarakteristika ja voolikliini tootlikkus

Võrreldes kahe mootorpumba karakteristikaid koos tootlikkustega on näha, et mootorpump Fox on võimeline vett pumpama 400 kPa suurusel rõhul, 14 l/s rohkem kui mootorpump Otter. See väide kehtib ainult pumbakarakteristikaid võrreldes. Kui lisada sinna veel 77 mm voolikliini tootlikkus, saame tulemuse, mis erineb ainult 6 l/s võrra.

Mootorpump Fox suutis koos 77 mm voolikliiniga vett edasi pumbata 17 l/s, mootorpump Otter seevastu ainult 11 l/s.

Järeldus

Võrdlustulemustest võib järeldada, et voolikliini vett pumpava pumba maksimaalse töövõime ära kasutamiseks, tuleb alati eelnevalt selgeks teha selleks vajalik voolikliini tootlikkus. Arvutustest on näha, et Fox pumba puhul suudetakse ära kasutada ainult 2/3 selle pumba võimsusest, kuna voolikliin tootlikkus lihtsalt ei võimalda enam.

## Ettepanekud

Selle teema lõpetuseks teeb autor kaks ettepanekut:

Esimene ettepanek puudutab päästevarustuse soetajaid. Nimelt tuleb alati enne uue päästevarustuse soetamist läbi arutada eesmärgid ja põhimõtted, seejärel teha teoreetilised arvutused ja nendele tuginedes soetada vajaminevad vahendid.

Teine ettepanek on suunatud veevarustust korraldavatele päästeteenistujatele. Võimaluse korral kasutada toiteliinideks suurema läbimõõduga voolikliine.

### 3.2 Võrdsete pumpadega vee pumpamine ühte voolikliini

Selle alateema juures soovib autor leida lahenduse olukorrale, kus päästemeeskondadel on vaja piisava kustutusvee hankimiseks kasutada mitut mootorpumpa. Esimese näite toob autor sellise, kus on kasutada kaks mootorpumpa Fox. Olukorra ilmestamiseks lahendab autor ühe ülesande ja selle käigus näitab ära ka arvutuskäigu.

Näide: Päästemeeskonnal on vaja moodustada lahtisest veevõtukohast lahtine toiteliin sündmuskohani. Voolikliini pikkus on 1000 meetrit. Toiteliiniks on 150mm läbimõõduga voolikliin, tõus veevõtukohast sündmuskohani on 5 meetrit. Lisavee pumpamiseks on kasutada kaks mootorpumpa Fox. Lahtine toiteliin lõppeb veebasseiniga. Mõlemast mootorpumbast kuni 150mm voolikliinini on vaja moodustada ühe vooliku pikkune 77mm läbimõõduga paralleellin.

Arvutuskäik algab jälle võrrandiga, mis iseloomustab pumba töökarakteristikat:

$$p = a - b \times Q^2 \quad (9)$$

p - pumbarõhk

a - pumbarõhk nullilähedasel vooluhulgal;

b – suurus, mis iseloomustab pumba töövõimet (pumbarõhk võimalikult maksimaalsel tootlikkusel) (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:90). Pumba tööd iseloomustavad suurused



on juba autori poolt eelnevas alalõigus välja arvatud ning seega nende arvutamist siin ei käsitle.

Lahenduse leidmiseks tuleb kasutada alljärgnevat valemit

$$Q_v = K \sqrt{\frac{a - (p_{su} + p_h)}{(k \times l_{v1}/100) + (K^2 \times k \times l_{v2}/100) + b}} \quad (11)$$

$l_{v1}$  – voolikliini pikkus (m)

$l_{v2}$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant tabelist 2

$Q_v$  – vooliku tootlikus (l/s)

$p_{su}$  – soovitatav rõhk sündmuskohal kPa (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:96).

$p_h$  – tõusukadu (kPa)

$K$  – vett pumpavate pumpade arv

Kuna toiteliini moodustamise juures kasutatakse erinevaid voolikliine, tuleb ka rõhukaod nendes voolikliinides eraldi välja arvutada (Ходаков 1965:195).

$$Q_p = 2 \times \sqrt{\frac{1577 - (0 + 50)}{(0,75 \times 20/400) + (4 \times 0,023 \times 1000/100) + 1,15}} = 54 \text{ l/s} \quad (11)$$

Vastus: Päästemeeskond saab sündmuskohal kustutustöödeks kasutada 54 l/s kustutusvett, mis võimaldab kasutada 11 käsijoatoru, mille tootlikkus on 5 l/s

Joonise koostamiseks, mille peale on kantud mõlema pumba pumbakarakteristika ja voolikliini tootlikkus on natuke raskem kui ühe pumba puhul. Kuna pumba tööd iseloomustavad suurused  $a$  ja  $b$  on teada, saame välja arvutada pumpade rõhud erinevatel tootlikkustel. Saadavad tulemused on samad, mis antud pumba pumbakarakteristikal.

$$p = a - b \times Q^2 \quad (9)$$

$$p_1 = 1577 - 1,15 \times 5^2 = 1548 \text{ kPa}$$

$$p_2 = 1577 - 1,15 \times 10^2 = 1462 \text{ kPa}$$

$$p_3 = 1577 - 1,15 \times 15^2 = 1319 \text{ kPa}$$

$$p_4 = 1577 - 1,15 \times 25^2 = 840 \text{ kPa}$$

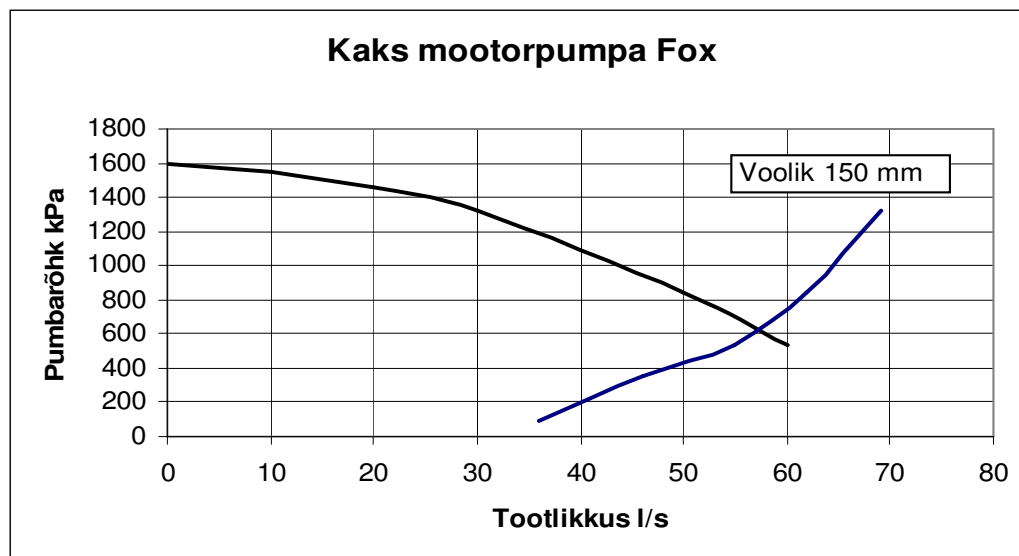
$$p_5 = 1577 - 1,15 \times 30^2 = 540 \text{ kPa}$$

Kui üks pump pumpab 5l/s, siis teoreetiliselt ju kaks pumpa pumpavad 2x5 l/s, kokku 10l/s

Tabel 8. Pumpade tootlikkused erinevatel rõhkudel

Pumbarõhk kPa	Ühe pumba tootlikkus l/s	Kahe pumba tootlikkus l/s
1550	5	10
1460	10	20
1320	15	30
840	25	50
540	30	60

Eelneva tabeli põhjal koostab autor kahe Fox pumba liidetud karakteristika joonise



Joonis 13. Kahe Fox pumba liidetud pumbakarakteristika

Pärast mõlema pumba karakteristikate ja voolikliini tootlikkuse karakteristikate kandmist ühele joonisele, tekkib kõverate ristimiskoht, mida nimetatakse pumpade tööpunktiks. Antud hetkel näitab see ära kui suur on kahe pumba tootlikkus 150mm voolikliiniga. (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:91)

Järeldus

Kahe või enama samaväärse pumbaga vee pumpamisel ühisesse voolikliini saame tulemuse, mis on alati väiksem kui teoreetiliselt erinevate pumpade tootlikkusi liites.

### 3.3 Erinevate pumpadega vee pumpamine ühte voolikliini

Eelnevalt käsitles autor vee pumpamist ühte voolikliini ühe pumbaga, siis kahe või enama võrdse pumbaga ja lõpetuseks kahe või enama erineva pumbaga. Teema ilmestamiseks kasutab autor mootorpumpasid Otter ja Fox. Kuna pumpade tootlikkused on erinevad, tuleb olukorra lahendamiseks kasutada ühte omapärast võtet. Selleks võtteks on see, et mõlema pumba surveväljundiks ei loeta mitte pumpadel asuvaid surveväljundeid vaid ühisele voolikliinile ülemineku kohta. Seda kohta nimetatakse ka „Uueks pumbaks“. (Ходаков 1965:198)

Näide: Päästemeeskonnal on vaja moodustada lahtisest veevõtukohast lahtine toiteliin sündmuskohani. Voolikliini pikkus on 1000 meetrit. Toiteliiniks on 150mm läbimõõduga voolikliin, tõus veevõtukohast sündmuskohani on 0 meetrit. Lisavee pumpamiseks on kasutada üks mootorpump Otter ja üks mootorpump Fox. Lahtine toiteliin lõppeb veebasseiniga. Mõlemast mootorpumbast kuni 150mm voolikliinini on vaja moodustada ühe vooliku pikkune 77mm läbimõõduga voolikliin.

Selleks peab kasutama võrrandit, mis iseloomustab pumba töökarakteristikat:

$$p = a - b \times Q^2 \quad (9)$$

p - pumbarõhk

a - pumbarõhk nullilähedasel vooluhulgal;

b - suurus mis iseloomustab pumba töövõimet (pumbarõhk võimalikult maksimaalsel tootlikkusel). (Качалов, Воротынцев, Власов 1985:90)

Alljärgnevas tabelis arvutab autor välja pumbarõhud kasutades valemit (9), voolikliini rõhukao vastavatel tootlikkustel ja leiab „Uue pumba“ rõhu (Ходаков 1965:198).

Mootorpumba Otter pumbakararakteristikat iseloomustavad suurused:

$$a = 783$$

$$b = 1,8$$

Tabel 9. Pumbarõhud koos voolikliini rõhukadudega

Pumba tootlikkus l/s	0	5	10	15	20	25
Pumba rõhk kPa	783	765	677	530	323	58
Vooliku rõhukadu koos tõusukaoga kPa	0	3,75	15	33,7	60	93,7
„Uue pumba“ rõhk kPa	783	762	662	496	263	-

Mootorpumba Fox pumbakararakteristikat iseloomustavad suurused:

$$a = 1577$$

$$b = 1,115$$

Tabel 10. Pumbarõhud koos voolikliini rõhukadudega

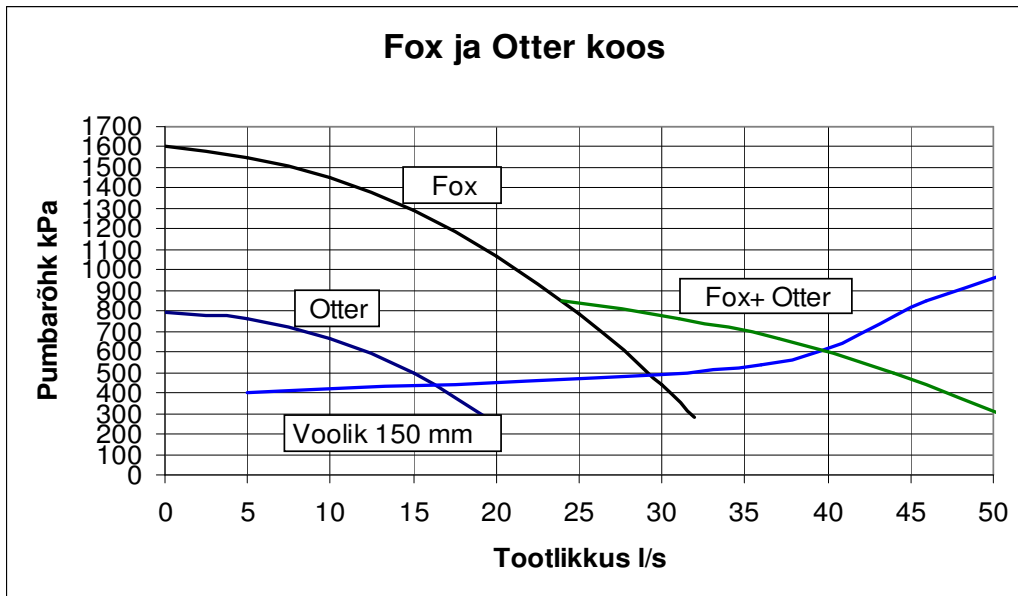
Pumba tootlikkus l/s	0	5	10	15	20	25	30	35
Pumba rõhk kPa	1577	1549	1465	1326	1131	880	573	210
Vooliku rõhukadu koos tõusukaoga kPa	0	3,75	15	33,7	60	93,7	135	183
„Uue pumba“ rõhk kPa	1577	1545	1450	1290	1070	786	438	27

Tabelis 9 real „Uue pumba” rõhk on pumbarõhud koos 77mm läbimõõduga 20 m pikkuse voolikliiniga. Kandes saadud pumbakarakteristikad ja 150 mm voolikliini tootlikkus ühisele joonisele ei näita see veel pumpade liidetud karakteristikat. Selleks, et pumpade karakteristikaid omavahel liita tuleb koostada alljärgnev tabel ja selle tabeli andmed kanda lisaks joonisele (14). Joonisele tekkinud kõver näitab kahe erineva pumba tegelikku liidetud tootlikkust. (Ходаков 1965:200)

Tabel 11 Pumpade tootlikkuste liitmise tabel

Mootorpump Otter		Mootorpump Fox	
Tootlikkus l/s	Pumbarõhk kPa	Tootlikkus l/s	Pumbarõhk kPa
0	795	0+24=24	795
5	762	5+26=31	762
10	662	27+10=37	662
15	496	29+15=44	496
20	263	32+20=52	263

Tootlikkuste liitmise põhimõte on see, et väiksema pumba tootlikkusele liidetakse juurde suurema pumba tootlikkus kindla rõhu juures. Saadud tulemus ongi erinevate pumpade liidetud karakteristik ja näitab ära kui suur on nende kahe pumba koostootlikkus.



Joonis 14. Kahe erineva pumba karakteristika koos voolikliini tootlikkusega

Jooniselt 14 on võimalik välja lugeda ka vastus näiteülesandele, et pumbates kahe erineva pumbaga vett ühisesse voolikliini, on tulemus 40 l/s. Autori poolt lahendatud näidisülesanne on õigesti lahendatud, kuna kahe ühesuguse pumbaga vee pumpamisel samasse voolikliini oli tulemus 54 l/s.

#### Järeldus

Pumpade ühise karakteristika ja voolikliini tootlikkuse karakteristika ristumispunkt näitab meile tegelikke pumpade rõhkusi ja tootlikkusi. Antud arvutuses oli see 40 l/s, rõhul 600 kPa. Nüüd liikudes ristumispunktist horisontaaltelge mööda tagasi tootlikkuse vähenemise suunas, leitakse ka mõlema pumba panus sellesse veepumpamisse. Fox pump pumpab 28 l/s ja Otter 12 l/s rõhul 600 kPa. Jooniselt on näha, et pumbad pumpavad võrdsetel rõhkudel erineva hulga vett. Juhul kui veevarustust korraldab isik valib väga erineva tootlikkusega pumbad, mis pumpavad vett ühisesse voolikliini, ei pruugi nõrgem pump üldse vett edasi pumbata või pumpab seda väiksemal määral kui karakteristikalt näeme. Teine oht on see, et voolikliini takistus ületab väiksema pumba töövõime ja see lakkab töötamast.

### 3.4 Ülepumpamine

Katkematu veevarustuse tagamiseks on päästetööde juht kohustatud leidma võimalikud optimaalsed variandid lisakustutusvee hankimiseks kas veevõtukohtadest ülepumpamisega või veeveoga.

Lisakustutusvee hankimine veevõtukohtadest ülepumpamise teel loetakse ratsionaalseks voolikuauto olemasolul 2km ning voolikuauto puudumisel 1km kauguselt (Иванников, Ключ 1987:147).

Vee ülepumpamist sündmuskohale teostatakse erinevate viisidega: kinnise toiteliiniga pumbast pumpa, lahtise toiteliiniga pumbast autopaaki, pumbast vahemahutisse ja kombineeritult.

Ülepumpamisel kinnise toiteliiniga pumbast pumpa tuleb jälgida, et pumpa suubuv rõhk oleks vähemalt 100 kPa, lahtise toiteliini korral, läbi vahemahuti 35-40 kPa. (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:55,58)

Näitena võib tuua kolmanda katse, mille juures sündmuskohale, mis asus 2,5 km kaugusel pumbast, voolikliini pikkus 3000m, suudeti tagada tootlikus 27 l/s ilma ülepumpamiseta. Juhul kui sündmuskohal on vaja kustutusvett enam, mis on ka välja toodud tabelis 7, tuleb rakendada ülepumpamist, mis tähendab seda, et arvutatakse välja kohad, kuhu paigaldatakse pumbad ja tõstetakse voolikliinis rõhku.

Antud teema ilmestamiseks teeb autor ühe arvutuskäigu:

Aluseks võetakse olukord, kus sündmuskohal vajaminev veehulk ületab tabelis (7) toodud parameetrid. Näiteks, sündmuskohal, mis asub veevõtukohtast 2,5 km kaugusel, vajatakse veevooluhulka 50l/s. Suubuv rõhk ja tõusukadu võetakse tabelist. Selle tagamiseks on vaja leida nõuetele vastavad pumbad ja pumpade õiged asukohad. Selleks, et oleks tagatud ka voolikute (150 mm) mittepurunemine tuleb hoida pumbarõhk alla 1000 kPa (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:41).

Toiteliini pikkust saab arvutada valemiga

$$l_{to} = \frac{P_p - (P_h + P_{su})}{k \times Q^2} \times 100 \quad (6)$$

$P_p$  – pumba rõhk (kPa)

$l_{to}$  – voolikliini pikkus (m)

$k$  – konstant tabelist 2

$Q$  – vooliku tootlikus (l/s)

$P_{su}$  – suubuv rõhk (kPa)

$P_h$  – tõusukadu (kPa)

$$l_{to} = \frac{1000 - (20 + 100)}{0,023 \times 50^2} \times 100 = 1500m \quad (6)$$

Antud arvutustulemustest selgub, et tagamaks 2,5 km kaugusele veevooluhulka 50l/s on vaja kahte pumba PN 110 (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:42-43).

Autor püüab antud ülesande lahendada selliselt, et ülepumpamise pumpadena on kasutatud autopumpasid Man FPN15-2000. Veevõtukohal on pump PN 110 ja vajaminev veevooluhulk sündmuskohal ikka 50l/s. Teades asjaolu, et autopumba Man FPN15-2000 pumbarõhk, tootlikkusel on 50 l/s on 500kPa, tuleb antud pumpasid voolikliinile paigaldada rohkem kui eelmises ülesandes.

$$l_{to} = \frac{P_p - (P_h + P_{su})}{k \times Q^2} \times 100 \quad (6)$$

$$l_{to1} = \frac{1000 - (20 + 100)}{0,023 \times 50^2} \times 100 = 1500m \quad (6)$$

Teine pump tuleb ikka paigaldada 1500m kaugusele



Järgnevate pumpade asukohad leitakse selliselt, kui asendatakse valemis pumba andmed kasutatava Man FPN15-2000 pumbaga.

$$l_{\text{to2}} = \frac{500 - (10 + 100)}{0,023 \times 50^2} \times 100 = 670\text{m} \quad (6)$$

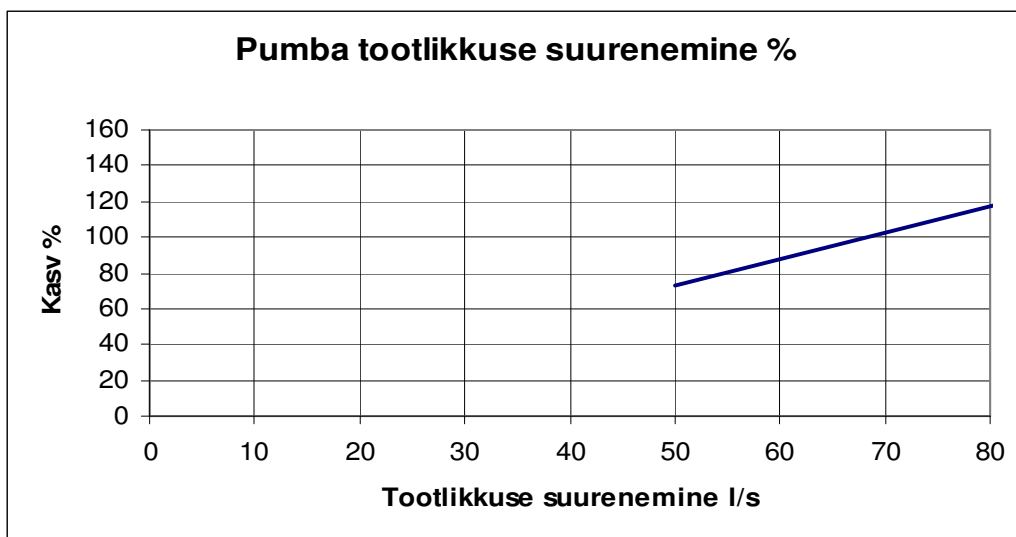
Selleks, et tagada 2,5 km kaugusele veevooluhulka 50l/s on vaja lisaks veevõtukohale paigaldatud pumbale PN 110, veel 2 pumba Man FPN15-2000.

Järgneva katse põhjal arutleb autor, kas ja kui palju on võimalik kinnise toiteliini korral ja suubuv rõhul 100-150 kPa tõsta voolikliinile paigutatud pumba tootlikkust. Juhul kui suubuv rõhk on 100 kPa, on pumba tootlikkus kinnise toiteliini korral 1,5 korda suurem, ning 200 kPa korral 2 korda suurem. (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:56)

Selleks arvutatakse teoreetiliselt välja koht, kus soovitakse voolikliinile paigaldada pump, et teostada ülepumpamist. Arvutuslik kaugus vastavalt valemitele tuli 380m. Kauguse arvutuskäik on järgmine: et saada tootlikkust 75l/s, suubuv rõhul 150 kPa, tähendab see tootlikkuse kasvu 150%.

Tabel 12. Pumba tootlikkuse tõhustamine suubuva rõhuga

	Suubuv rõhk kPa	Pumba tootlikkus	Tootlikkuse kasv %
Algandmed		50	
Arvutuslik	150	75	150
Praktiline	150	73	147



Joonis 15. Pumba tootlikkuse tõhustamine suubuva rõhuga

Katse läbiviimiseks kasutati autot Scania TLF 2700, mille pumba tootlikkus vee imemisel on 50l/s. Auto paigaldasime voolikliinile kohas, kus rõhk oli arvutuslikult 150 kPa.

Mõõtmistulemuseks saadi 73,5 l/s, suubuval rõhul 150 kPa, mis annab 147% pumba tootlikkuse kasvu (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:56).

#### Järeldus

Suubuval rõhul 150 kPa on võimalik pumbata autoga Scania TLF 2700, 73l/s vett. Katse tulemus tõestas ära selle, et kinnise toiteliini korral ja suubuval rõhul üle 100 kPa on pumpade tootlikkuse tõstmine võimalik.

## 4. HÜDRANTIDE TOOTLIKKUS

Vee katkematuks transportimiseks tarbijateni on rajatud jaotusvõrk. Jaotusvõrk jaguneb ring- ja tupiktorustikeks (Otsla Suurkivi, Marvet 2007:69).

Alljärgnev tabel näitab ära orienteeruvad jaotusvõrgu vooluhulgad hüdrantidele. See tähendab seda, et on teada, kui suured veevooluhulgad veetorustikes voolavad (Иванников, Ключ 1987:126). Oluline teave on see just päästetööde juhtidele lisakustutusvee hankimiseks. Teades veetorustiku tootlikkust teeb päästetööde juht otsuse, millistest veetorustikest kustutusvett hankida ja mitu hüdrandipüstikut veetorustikule paigaldada.

Tabel 13. Veetorustiku tootlikkus

Rõhk kPa	Võrgu ehit.	Veevõrgu tootlikus l/s, torude läbimõõdu, mm juures						
		100	125	150	200	250	300	350
100	Tupik Ring	10 / 25	20 / 40	25 / 55	30 / 65	40 / 85	55 / 115	65 / 130
200	Tupik Ring	14 / 30	25 / 60	30 / 70	45 / 90	55 / 115	80 / 170	90 / 195
300	Tupik Ring	17 / 40	35 / 70	40 / 80	55 / 110	75 / 145	95 / 205	110 / 235
400	Tupik Ring	21 / 45	40 / 85	45 / 95	60 / 130	80 / 185	110 / 235	140 / 280
500	Tupik Ring	24 / 50	45 / 90	50 / 105	70 / 145	90 / 200	120 / 265	160 / 325
600	Tupik Ring	26 / 52	47 / 95	55 / 110	80 / 163	110 / 225	140 / 290	190 / 380
700	Tupik Ring	29 / 58	50 / 105	65 / 130	90 / 182	125 / 255	160 / 330	210 / 440
800	Tupik Ring	32 / 64	55 / 115	70 / 140	100 / 205	140 / 287	180 / 370	250 / 500

Katseliselt on autor Pärnu linnas kindlaks teinud, et 100mm veetorustiku tootlikkus 300 kPa juures oli mõõtmistulemusena 32l/s. Saadud mõõtmistulemus erines teoreetilisest mõõtmistulemusest 8l/s võrra.

Selleks, et täpselt teada mitu liitrit on võimalik veetorustikust kustutusvett saada läbi tuletõrjehüdrandi, tuletõrjehüdrandi püstiku ja mõlema väljavõtte külge kinnitatud 4m pikkuse 77 mm imivooliku, tuleb kasutada alljärgnevat arvutusvalemit (Кошмаров 1985:222).

$$Q_h = \sqrt{\frac{P_{hü}}{k_h + k_i_p + k_v}} \quad (12)$$

$Q_h$  - tootlikkus läbi püstiku, l/s

$k_h$  – hüdrandi rõhukao konstant 0,016

$k_p$  – hüdrandipüstiku rõhukao konstant 0,035

$k_v$  – 77 mm imivooliku rõhukao konstant 0,033

$P_{hü}$  - püstikul oleva manomeetri näit veetarbimisel (kPa)

Antud rõhukadude konstandid on rõhukaod, mis tekkivad vee voolamisel tootlikkusel 1l/s (Иванников, Ключ 1987:260).

$$Q_h = \sqrt{\frac{150}{0,035 + 0,016 + 0,033}} = 42 \text{ l/s}$$

Antud arvutuskäigule tuginedes saame teada seda, et antud tuletõrjehüdrandist läbi hüdrandipüstiku ja kahe 4 m pikkuse 77mm läbimõõduga imivooliku on võimalik hankida kustutusvett 42 l/s.

## KOKKUVÕTE

Lõputöös on uuritud voolikliinide tootlikkusi koos pumpade tootlikkustega, võrreldud teoreetilisi arvutusi praktiliste mõõtmistulemustega.

Tuginedes praktilistele mõõtmistulemustele ja võrreldes neid allikmaterjalides käsitletud suurustega jõudis autor järeldusele, et voolikliinide rõhukadude täpsemaks leidmiseks tuleb muuta rõhukadude konstanti 150mm voolikliini kohta. Täpne konstanti väärtus on 0,023, kuna sel juhul ühtivad teoreetilised arvutused praktiliste mõõtmistulemustega.

Rõhukadude arvutamisel veendus autor, et kohalikke kadusid, rusikareeglina 10%, tuleb arvestada ainult siis, kui tegemist on voolikliinidega, mis on varustatud hargmike ja joatorudega.

Tuletõrjevoolikute tootlikkuste arvutamise tulemustele tuginedes, julgeb autor öelda, et 77mm voolikliini ei ole otstarbekas moodustada üle 1000m pikkuste vahemaade taha ning 150mm voolikliini võimalikust tootlikkusest suudame ilma ülepumpamiseta ära kasutada ainult 50%. Vee pumpamisel, kahe või enama samaväärse pumbaga, ühisesse voolikliini sai autor pumpade koostootlikkuseks väiksema tootlikkuse kui teoreetiliselt pumpade tootlikkusi kokku liites.

Vee pumpamisel, kahe või enama erineva pumbaga ühisesse voolikliini, veendus autor, et voolikliini takistus ei tohi ületada väiksema pumba poolt tekitatavat pumbarõhku või vastasel juhul lakkab nõrgem pump töötamast

Kokkuvõtteks võib autor öelda, et kasutatud õppekirjanduses esitatud arvutused ja lahenduskäigud on ligilähedased uurimistöös läbiviidud praktiliste mõõtmistulemustega. Sellele väitele tuginedes järeldab autor, et on lõputöö koostamisel järginud õigeid uurimismeetodeid.

## **SUMMARY**

This diploma thesis consists of four chapters that are divided to several subliminal units. The thesis is on 47 pages, has 13 Tables and 15 blueprints. The theoretical part of the paper is based on specialized literature and the practical part of the paper is based on actual measuring.

In the first chapter author of the paper introduces conducting a survey with theoretical calculations and actual measuring.

In the second paragraph is the detailed statement of the efficiency of different hose lines.

The third chapter is dedicated to the characteristics of different pumps and their efficiency combined with hose lines. Based on the characteristics it can be calculated the most suitable pump and hose lines that have the highest efficient.

In the fourth chapter are the efficiencies of the running water net and calculations to find the efficiency of fire hydrants.

In conclusion the theoretical calculations that are seen in literature are approximate to the findings and the measures that were made during this research paper. From that the author concludes, that he has used the right methods of research.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ходаков, В.Ф. 1965. Гидравлика в пожарном деле. Москва
2. Hyttinen, V. 2000. Palofysikka. Helsingi
3. Иванников, В.П., Ключ, П.П. 1987. Справочник руководителя тушения пожара. Москва Стройздат
4. Качалов, А.А., Воротынцев, Ю.П., Власов, А.В. 1985. Противопожарное водоснабжение. Москва Стройздат
5. Кошмаров, Ю.А. 1985. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. Москва
6. Otsla, J., Suurkivi, T., Marvet, T. 2007. Tuletõrje hüdraulika. Kentonarius Eesti OÜ
7. Šuvalov, M.G. Tuletõrje alused Tallinn Valgus 1977
8. Тарасов-Агалаков, Н.А. 1959. Практическая гидравлика в пожарном деле. Москва