

Sisekaitseakadeemia
Päästekolledž

Georg Kalde

VEEUDU KUSTUTUSSÜSTEEMI EFEKTIIVSUS

Lõputöö

Juhendaja:
Feliks Angelstok, professor

Kaasjuhendaja:
Urmas Palta

Tallinn 2011

ANNOTATSIOON

| | |
|--|---|
| Kolledž: Päästekolledž | Kuu ja aasta: Mai 2011 |
| Töö pealkiri: Veeudu kustutussüsteemi efektiivsus | |
| Töö autor: Georg Kalde | Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas. Allkiri: |
| <p>Lühikokkuvõte: Käesolev lõputöö on kirjutatud teemal „Veeudu kustutussüsteemi efektiivsus“. Veeudu kustutussüsteemina on eelkõige kirjeldatud kõrgsurve süsteemi, kuid töös esineb ka veeudu kustutussüsteemi teisi alaliigitusi. Töö põhiosa pikkuseks on 38 lehekülge, lisasid on kolm lehekülge. Töös on kuus joonist ja neli tabelit. Kasutatud on 28 allikat, millele on töös ka viidatud.</p> <p>Lõputöö üldeesmärgiks on paikse veeudu kustutussüsteemi efektiivsuse välja selgitamine. Eesmärgi saavutamiseks on autor esitanud kaks uurimisküsimust:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kas ja millised eelised on veeudu kustutussüsteemil sprinklersüsteemi ees? • millisel määral on Eesti tuleohutusvaldkonna töötajad teadlikud veeudu kustutussüsteemist? <p>Uurimismeetoditena on töös kasutusel dokumendianalüüs ja intervjuu. Intervjuu valimiks on tuleohutusvaldkonna päästametnikud ja ettevõtete töötajad. Valimi valiku põhjuseks on nende inimeste laialdased teadmised kustutussüsteemide valdkonnas. Lõputöö eesmärk sai täidetud. Töö käigus selgus, et veeudu kustutussüsteem on efektiivne ja omab mitmeid eeliseid sprinklersüsteemi ees. Peamisteks eelisteks on väiksem veekulu ja –kahjustused. Tuleohutusvaldkonna töötajate teadlikkus kirjeldatud süsteemi kohta on arvestataval tasemel.</p> <p>Antud lõputööd võiks kasutada standardi ja juhendmaterjali koostamisel tuleohutusvaldkonna töötajatele ja veeudu kustutussüsteemi tutvustamiseks Päästekolledži üliõpilastele.</p> | |
| Võtmesõnad: veeudu kustutussüsteem, sprinklersüsteem, efektiivsus, eelised, puudused | |
| Võõrkeelsed võtmesõnad: water mist fire suppressing system, sprinkler system, effectiveness, advantages, disadvantages | |
| Säilitamise koht: SKA raamatukogu | |
| Kaitsmisele lubatud | |
| Kolledži direktor: Margus Möldri | Allkiri: |
| Vastab lõputöö nõuetele | |
| Juhendaja: Feliks Angelstok | Allkiri: |

SISUKORD

| | |
|---|----|
| ANNOTATSIOON | 2 |
| SISUKORD | 3 |
| MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU | 4 |
| SISSEJUHATUS | 5 |
| 1. ÜLEVAADE VEEUDU KUSTUTUSSÜSTEEMIST | 7 |
| 1.1. Automaatse tulekustutussüsteemi kohustuslikkus | 7 |
| 1.2. Veeudu mõiste ja moodustamine | 8 |
| 1.3. Veeudu toime | 9 |
| 1.4. Veelisandid ja elektrijuhtivus | 11 |
| 1.5. Veeudu kustutussüsteemi mõiste ja jaotus | 12 |
| 1.6. Komponendid ja töö põhimõte | 13 |
| 1.7. Kasutuse algus ja levik maailmas | 16 |
| 1.8. Levik Eestis | 18 |
| 2. VEEUDU JA SPRINKLERSÜSTEEMI VÕRDLUS | 19 |
| 2.1. Tulekahju kustutamise efektiivsus | 19 |
| 2.2. Paigaldamine | 21 |
| 2.3. Süsteemide hinnad | 22 |
| 2.4. Järeldused | 23 |
| 3. EMPIIRILINE UURING | 25 |
| 3.1. Uuringu eesmärk, valim ja protsess | 25 |
| 3.2. Uuringu tulemused | 25 |
| 3.3. Uuringu järeldused | 28 |
| 4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD | 30 |
| 4.1. Järeldused | 30 |
| 4.2. Ettepanekud | 31 |
| KOKKUVÕTE | 33 |
| SUMMARY | 34 |
| VIIDATUD ALLIKATE LOETELU | 35 |
| TABELITE JA JOONISTE LOETELU | 38 |
| LISA 1. VI JA VII KASUTUSVIISIGA EHTISTE LOETELU | 39 |
| LISA 2. VEEUDU KUSTUTUSSÜSTEEMI SKEEM | 40 |
| LISA 3. INTERVJUU PLAAN | 41 |

MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

µm – mikromeeter (1000 µm = üks mm)

AFFF – kilevahuaine

CEN/TS - Euroopa Standardimiskomitee tehniline spetsifikatsioon

D- s2,d2 – tuletundlikkuse klass, mis iseloomustab ehitise osa, mis on tuletundlik ja eraldab vähesel määral suitsu ning suuremal määral põlevaid tilku või tükke

EVS – Eesti Vabariigi Standard

IWMA – Rahvusvaheline Veeudu Ühendus

NFPA – USA Riiklik Tuletõrjeühing

TP2 – tuldtakistav ehitise, mille kandekonstruktsioon ei tohi ettenähtud aja jooksul tulekahjus variseda, kusjuures ettenähtud aeg on lühem tulekindla (TP1) ehitise suhtes ettenähtud ajast

SISSEJUHATUS

Tuleohutus on järjest enam arenev ja uudseid lahendusi pakkuv valdkond Eestis. Lisaks automaatsetele tulekahjusignalisatsioonidele on üha rohkem kasutusel kustutussüsteemid, mis pakuvad suurt turvatunnet ruumis asuvatele inimestele. Esimene veeudu kustutussüsteem paigaldati Eestis 2007. aastal, kuid siiani on selle kohta väga vähe teadmisi ja eestikeelset materjali.

Antud töö on aktuaalne, sest päästeteenistujad peavad tehnoloogia arenguga kaasas käima ja uute süsteemidega kursis olema selleks, et püsida oma töös kõrgel tasemel. Teema mitte uurimisel on oht selliste ekslike arusaamade süvenemisele nagu tulekahju kustutamine on efektiivne ainult rohke vee kasutamisega ja seetõttu on veeudu ebaefektiivne. Traditsiooniline sprinklersüsteem on aastate jooksul olnud enimlevinud kustutussüsteem maailmas. Selle tõttu on keeruline ümber lükata arusaama, et mõni teine kustutussüsteem on võimeline veelgi paremini vett tulekahju kustutamisel ära kasutama.

Töö üldeesmärk on paikse veeudu kustutussüsteemi efektiivsuse välja selgitamine. Üldeesmärgile lisaks on autor püstitanud järgnevad alaeesmärgid:

- tutvustada veeudu kustutussüsteemi;
- analüüsida ja võrrelda teoreetiliste materjalide põhjal veeudu kustutussüsteemi ja sprinklersüsteemi efektiivsust;
- välja selgitada tuleohutusvaldkonna töötajate teadlikkus veeudu kustutussüsteemi kohta;
- luua alussuunised eestikeelse juhendmaterjali loomiseks.

Selleks, et saavutada püstitatud eesmärgid, on autor esitanud järgmised uurimisküsimused:

- kas ja millised eelised on veeudu kustutussüsteemil sprinklersüsteemi ees?
- millisel määral on Eesti tuleohutusvaldkonna töötajad teadlikud veeudu kustutussüsteemist?

Uurimismeetoditest kasutatakse töös dokumendianalüüsi ja intervjuud. Dokumendianalüüsiga tuuakse välja veeudu kustutussüsteemi eelised ja puudused võrreldes sprinklersüsteemiga.

Intervjuude eesmärk on välja selgitada Eesti tuleohutusvaldkonna töötajate teadlikkus veeudu kustutussüsteemist ja teada saada, kas nende arvates on nimetatud süsteem efektiivsem kui sprinklersüsteem. Intervjuude valimi moodustavad Eesti järelevalveteenistuse juhtivatel ametikohtadel töötavad ametnikud ja tuleohusettevõtete töötajad.

Käesolev lõputöö koosneb neljast peatükist, need omakorda alapeatükkidest. Esimeses peatükis antakse ülevaade veeudu kustutussüsteemist. Selgitatakse kustutussüsteemi vajalikkust, veeudu moodustamist ja toimet, samuti kustutussüsteemi levikut ja komponente. Teises peatükis võrreldakse dokumendianalüüsi abil veeudu kustutussüsteemi sprinklersüsteemiga. Võrdlus tehakse tulekahju kustutamise, süsteemide paigaldamise ja hinna seisukohast. Kolmandas peatükis annab autor ülevaate intervjuu metodoloogiast, tulemustest ja analüüsist. Neljandas peatükis esitab autor omapoolsed järeldused ja ettepanekud.

Töö kirjutamisel kasutas autor erinevaid Eestis kehtivaid õigusakte ja standardeid, eesti- ja võõrkeelset erialast kirjandust ning läbiviidud uuringu tulemusi. Lõputöö käigus on autor konsulteerinud mitmete tuleohutusvaldkonna töötajatega ja saanud neilt mitmekülgset abi.

Autor tänab lõputöö juhendajat professor Feliks Angelstoki, kaasjuhendajat Urmas Paltat, kõiki intervjuus osalejaid ja lõputöö valmimisele kaasa aidanud inimesi.

1. ÜLEVAADE VEEUDU KUSTUTUSSÜSTEEMIST

1.1. Automaatse tulekustutussüsteemi kohustuslikkus

Automaatne tulekustutussüsteem on parim lahendus kaitsmaks ruumi tulekahju olukorras. Õigesti projekteeritud, paigaldatud ja hooldatud kustutussüsteem suudab edukalt tulekahjust teavitada, seda kontrolli all hoida ja tihti ka kustutada. Automaatne süsteem rakendub üldjuhul tööle tulekahju varases staadiumis ning töötab aastaringselt 24 tundi ööpäevas. (Schroll 2006)

Vabariigi Valitsuse määruse nr 315 „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded“ § 35 lõike 1 kohaselt peab automaatne tulekustutussüsteem olema kohustuslikus korras järgmistel ehitistel:

- ehitised, kus tuletõkkeseksioonid asuvad läbi kolme või enama korruse, välja arvatud tuletõkkeseksioonina rajatud tule- ja suitsukindel trepikoda;
- mitme korrusega keldrid;
- VI ja VII kasutusviisiga ehitised, kus sõltuvalt ehitises toimuva tegevuse iseloomust, ehitise korruse pindalast, korruselisusest või muudest põhjustest on kasutajate turvalisus vähene ja päästetööde läbiviimine on ohtlik. Loetletud kasutusviisidega ehitiste loetelu on tabelis 4, mis asub käesoleva töö lõpus (LISA 1);
- hooned, milles kasutamise otstarbest, kõrgusest või muudest põhjustest tingituna on kasutajate turvalisus vähene ja päästetööd on ohtlikud ning hooned ületavad sama määruse lisades 2 ja 5 toodud piirväärtusi;
- pindalalt suured või suure põlemiskoormusega, kuid seejuures vähevalvatavad ruumid, milles tekkiv tuli võib ohustada ümbrust või põhjustada märgatavat ainelist kahju või asendamatu kultuuriväärtuste hävimist;
- TP2- klassi kolme- ja neljakorruseliste hoonete trepikojad, mille materjalid vastavad tuletundlikkuse klassile D- s2,d2 ning ehitise korruse pindala, korruselisuse või muude põhjuste tõttu on kasutajate turvalisus vähene ja päästetööde läbiviimine ohtlik.

Gaas, veeudu ja tradiotsiooniline sprinkler on enamlevinud automaatsed tulekustutussüsteemid. Sobiva süsteemi valimine oleneb antud töö autori hinnangul kaitstava

ruumi ja vara iseloomust. Esmalt tuleb kindlaks teha, kas vesi on sobiv kustutusaine erinevate seadmete ja muu vara seisukohast, või tuleb valida mõni teine kustutuseks sobiv aine. Tähtis on silmas pidada inimeste olemasolu ruumis, et vältida kustutussüsteemi häirivat mõju evakuatsioonile või tervisele, mida tuleb eelkõige ette gaasi kasutamisel. Lisaks tuleb arvestada ka süsteemide erinevate projekteerimis-, paigaldus- ja hoolduskuludega. Selliste kulude pealt ei tohiks aga raha kokku hoida, sest need aspektid on oluliseimad saavutamaks süsteemi efektiivset ja rikkevaba tööd.

1.2. Veeudu mõiste ja moodustamine

Veeuduks nimetatakse veepiiskasid, millest 90% on väiksemad kui 1000 μm (s.o üks mm) (Shalaby 2010:3). Veeudu moodustatakse põhiliselt kolmel viisil, kasutades selleks erinevaid pihustusotsikuid. Ühe avaga pihustusotsikut kasutades moodustub veeudu sarnaselt nagu töötab sprinklersüsteem. Klaasampulli purunedes liigub veejuga suurel kiirusel vastu deflektorit ja laguneb väikesteks veepiiskadeks. Sellisel viisil saab moodustada madal- ja kesksurve veeudu veejoo koonusega 60 kuni 120 kraadi. Veepiiskade suurus, nende levik ja veejoo koonus sõltuvad vee kiirusest ja deflektori kujust. Seda laadi otsikuid kasutatakse näiteks laevakabiinides, elumajades ja masinaruumides. (Liu, Kim 2000)

Mitme avaga pihustusotsiku puhul moodustub veeudu veejoo väljudes avadest suurel kiirusel, mille tagajärjel veejuga laguneb väikesteks piiskadeks. Avade diameeter võib varieeruda 0,2 mm ja kolme mm vahel. Veevoolu kiirus võib olla alates ühest liitrist minutis kuni 45 liitrit minutis ning töösurve võib olla nii madal (5,1 bar) kui ka kõrge (272 bar). Veejoo koonus võib olla alates 20 kraadist kuni 150 kraadini. Veepiiskade omadused olenevad veesurvest. Mida suurem on surve, seda väiksemad on veepiisad ja seda suurem on nende hulk. Samas on olemas surve ülemine piir, pärast mille tõstmist need omadused enam ei parane. Kasutades kõrgsurvet, väheneb ka ventilatsiooni negatiivne mõju veeudupilvele. Antud tüüpi otsikuid kasutatakse samuti laevakabiinides ja masinaruumides ning ka elektrooniliste seadmete kaitseks. Mitme avaga pihustusotsiku illustratiivne näide on toodud joonisel 1. (Liu, Kim 2000)



Joonis 1. Mitme avaga pihustusotsik (Water...28.03.2011)

Kahe vedelikuga pihustusotsikutes moodustub veeudu vee ja suruõhu koosmõjul. Otsikus on olemas eraldi sisend vee ja suruõhu jaoks ning kamber, kus toimub segunemine. Segunemise käigus moodustuvad peened veepiisad, mis otsikust suurel kiirusel väljudes lagunevad veelgi. Vesi ja õhk on erineva surve all, kuid mõlemad surved jäävad kolme kuni 12 bar vahele. Veejoa koonus sellise otsiku puhul on 20 kuni 120 kraadi. Neid otsikuid kasutatakse näiteks tööstushoonete ruumide kaitseks. (Liu, Kim 2000)

Veeudu saamiseks on olemas ka teised võimalused nagu kuuma vee kasutamine, ühe ja mitme avaga pihustusotsiku kombineeritud variant, mitme avaga otsik, milles vesi on segatud lämmastikuga jne. (Liu, Kim 2000)

1.3. Veeudu toime

Vesi on enim levinud ja kasutatav kütusaine maailmas. Kindlaks on tehtud, et mida väiksemad on veepiisad, seda suuremat pinda saab nendega katta ja seda kiiremini veepiisad ka aurustuvad, absorbeerides endasse soojust (Clark 1991:32-33). Sellega kasvab kontaktpindala tule ja vee vahel ning suureneb vee kasutamise efektiivsus, mis omakorda vähendab veekulu. Näiteks kui valada vett tulekoldesse ämbrist, siis kasutatakse ära ainult 5% vee kasutamise efektiivsusest, ülejäänud vesi ei osale kütusprotsessis ja võib hoopis tekitada lisakahjustusi varale. Veepiisa kiirus veejoas, mis väljub pihustusotsikust, võib ulatuda sadade meetriteni sekundis, mis omakorda suurendab õhutakistust. Õhutakistustuse tõttu lõhutakse veepiisad veelgi väiksemateks piiskadeks. Kasutades tule kütutamiseks veeudu väikeste veepiiskade näol saab ära kasutada peaaegu 100% vee kütusomadustest. Lisaks muutub minimaalseks varakahju, mis tekib üleliigsest veest. Kuna peaaegu kogu vesi osaleb

tulekahju kustutamisel, siis saab tulekahju piirkonnast eemal asuv vara minimaalselt kahjustada. (Suslavičius, Bogdevičius 2008)

Veeudu toime tulekahjule põhineb järgneval (Staikouras 2010:14; Душкин, Карпышев, Сегаль 2010):

- soojuse neelamine;
- põlevmaterjali ja kuumade pindade/gaaside jahutamine;
- hapniku tõrjumine;
- veeaurust barjääri moodustamine.

Vesi, sattudes põlemistsooni, aurustub ja neelab endasse soojust. See soojushulk on kuus korda suurem kui soojus, mis on vajalik temperatuuri tõstmiseks 10 - 100 °C. Aurustumisel 100 °C juures paisub vesi umbes 1700 korda. (Shalaby 2010:4)

Lisaks soojuse neelamisele jahutab veeudu ka põlevmaterjali ja teisi kuumasid pindu. Kui põlevmaterjali temperatuur viia alla selle leekpunkti, siis tulekahju kustub. Samuti väheneb põlevmaterjali niisutamisega uuestisüttimise oht. Selline mõju toimib ainult siis, kui vesi jõuab piisavalt sügavale materjali sisse kuna näiteks söestumine võib toimuda ka allpool välispinda. (Liu, Kim 2000)

Üks liiter vett 1000 µm veepiiskade kujul võib jahutada kuus ruutmeetrit pinda, samas kui üks liiter vett ühe µm piiskade kujul suudab jahutada 5813 m² pinda (Staikouras 2010:13). Üldjuhul kasutatakse veeudu kustutussüsteemides 70 - 100 µm suuruseid veepiisku, kuid täpsed mõõtmised olenevad siiski konkreetsest tootjast ja süsteemist.

Veepiiskade aurustumisel toimuv vee paisumine põhjustab ka hapniku tõrjumist. Arvutuste tulemused näitavad, et 5,5 liitri vee täielikult aurustumisel 100 m³ ruumis väheneb hapniku osakaal 10%. Lisaks hapniku tõrjumisele moodustub veeaurust barjäär, mis soojust neelates ei lase põlevmaterjalil uuesti süttida ning kaitseb ka pindasid, mis pole veel tulekahjus kahjustada saanud. (Liu, Kim 2000)

Tüüpiline veeudu kustutussüsteem suudab 150 m³ ruumi täita veeuduga kümneks minutiks kasutades selleks 15 liitrit vett (Yao, Chow 2001). Mõningatel andmetel suudavad väikesed veepiisad tungida esemete ümber, ka nende alla ja põlevatesse kohtadesse, kuhu suured piisad ei pääse (Nmira, Kaiss, Consalvi, Porterie 2008). Sel juhul suudaks veeudu kustutussüsteem

kustutada tulekahjud, mis on mööbliesemete, seadmete all ja muul viisil kaetud aladel. Paraku tekitavad ühel katsetusel saadud tulemused kahtlusi selles vallas. Katse, mille käigus pidi madalsurve süsteem kustutama puitkonstruktsiooni näitas, et sellel veeudu kustutussüsteemil on raskusi tulekahju kustutamisega, mis asub mingi katva eseme või konstruktsiooni all (Jackman, Annable). Põhjus on selles, et kaetud tuleallika korral on veeudul raske pääseda kolde ligi ja viia kuumasid põlemisgaase madalamale, kus need jahtuks. Kui veeudu pääsebki kaetud tuleallika juurde, siis on selle kustutuse toime väiksem kuna veepiiskade liikumise kiirus on jäänud väiksemaks. Samas ei saa ainuüksi selle katsetuse baasil, mis viidi läbi madalsurve süsteemiga, teha üldistavaid järeldusi kõikide veeudu kustutussüsteemi tüüpide kohta.

1.4. Veelisandid ja elektrijuhtivus

Vee kustutusomaduste parendamiseks ja veekulu vähendamiseks võib kasutada erinevaid lisandeid. Põlevvedelike tulekahjude kustutamiseks võib veele lisada AFFF vahuainet, mille toimel moodustub põlevvedeliku pinnale peenike veekiht, mis takistab põlevvedeliku aurustumist ja piirab hapniku ligipääsu ning tulekahju kustub. (Душкин ид 2010)

Tahkete põlevmaterjalide tulekahjude kustutamiseks võib lisaks kasutada soolalahuseid, mille toimel moodustub põlevmaterjali pinnale klaasi sarnane kiht, mis sarnaselt vahuainele takistab põlemisgaaside väljumist põlevmaterjalist. Soolalisandid laiendavad kustutussüsteemi kasutamise valdkonda, sest soolalahuse jäätmispiir võib olla -40 kuni -50 °C. (Душкин ид 2010)

Tõestust on saanud asjaolu, et vee kasutamine veeuduna vähendab elektrijuhtivust, seda just soolalisanditega vee puhul, mille intensiivsus on alla seitsme l/m^2*s ja puhta vee puhul intensiivsusega alla kümne l/m^2*s . Näitena võib tuua katse, kus kasutades vahelduvvoolu pingega 36 kV voolutugevuse mõõtepunktis ühe meetri kaugusel veekoonusest, ei ületa mõõdetud voolutugevus 0,3 - 0,4 mA, mis ei ole Euroopas, USAs ega Venemaal kehtivate normide järgi inimesele ohtlik. (Душкин ид 2010)

Eelnevast on näha, et veeudu toimet saab veelgi parendada kasutades lisandeid. Veelisandid annavad võimaluse kustutada tulekahjusid, kus puhas vesi ei anna soovitud efekti. Samuti on oluline veeudu omadus vähem elektrit juhtida. See laiendab veelgi veeudu kustutussüsteemi kasutamise valdkonda. Tänu väiksemale elektrijuhtivusele ja veehulgale saab veeudu

kustutussüsteemi paigaldada masina- ja generaatoriruumidesse, kus on oluline, et vesi ei jahutaks liiga järsult masinate kuumasid metallosasid.

1.5. Veeudu kustutussüsteemi mõiste ja jaotus

Eestil puudub oma standard veeudu kustutussüsteemi kohta ja seetõttu tuleb definitsiooni vastet otsida võõrkeelsetest allikatest. Mõiste seletuse saab NFPA 750 veeudu kustutussüsteemi standardist (edaspidi: NFPA 750).

Veeudu kustutussüsteem – veevarustuse või vee ja survet tekitavate ainetega ühendatud jaotussüsteem, mis on varustatud ühe või mitme pihustusotsikuga, mis on suutelised väljastama veeudu tule piiramiseks, summutamiseks või kustutamiseks ja mis on näidanud, et vastab oma spetsifikatsiooni ja käesoleva standardi nõuetele. (NFPA 750:8)

Veeudu kustutussüsteemi eesmärk on vett kasutades piirata, summutada või kustutada tulekahju. Süsteemi tööle rakendumisel väljub pihustusotsikutest väikestest veepiiskadest koosnev peen juga, mis täidab kaitse all oleva ala veeuduga. Saavutamaks vajalikku kaitsetaset, peab efektiivne veeudu kustutussüsteem moodustama, laiiali paiskama ja säilitama veepiiskade hulga, mis on piisavalt tõhus kaitsmaks tuleohu eest ettenähtud (tootja poolt määratud) aja jooksul. Selle jaoks on oluline:

- säilitada õige rõhk pihustusotsikutes piisava aja jooksul;
- valida õiged pihustusotsikute asukohad, et kindlustada kogu ruumi katmine veeuduga ja vähendada veekadu (Williams, Jackman 2006).

Veeudu kustutussüsteemide põhiline liigitus on järgmine (Yao, Chow 2001):

1. töösurve

- madalsurve (kuni 12,1 bar);
- kesksurve (12,1 kuni 34,5 bar);
- kõrgsurve (üle 34,5 bar).

2. süsteemi talitusmeetod

- eeltuvastamisega süsteem;
- üleujutamissüsteem;
- märg kustutussüsteem;
- kuiv kustutussüsteem.

3. süsteemi kaitseala
 - kogu ruumi kustutussüsteem;
 - tsoonidesse jaotatud ala kustutussüsteem;
 - kohaliku ohu kustutussüsteem.
4. vedelikusüsteemi tüüp
 - ühe vedelikuga süsteem;
 - kahe vedelikuga süsteem.

Lisaks eelnevale jaotusele võib liigitada veeudu kustutussüsteemi järgnevate punktide järgi: pihustusotsiku tööle rakendumine (automaatne, mitteautomaatne, kombineeritud), pihustusotsiku ava (ühe, mitme avaga), talitluseesmärk (tule kustutamine, summutamine, ohjamine), veepiisa väljumiskiirus (väike, keskmine, suur), veevoolu kiirus (väike, keskmine, suur), veelehviku kuju (seest tühi, seest täis koonus, lame lehvik), teisaldatavus (paikne, kaasaskantav, teisaldatav süsteem). (Yao, Chow 2001)

1.6. Komponendid ja töö põhimõte

Veeudu kustutussüsteemi põhikomponendid on kirjas NFPA 750 standardis. Süsteemi komponendid peavad vastama mainitud standardile või selles viidatud standarditele, lisaks ka tootjapoolsetele juhistele. Lõplik komponentide loetelu sõltub tootjast. Järgnevalt on välja toodud mainitud standardis kirjas olevad komponendid (NFPA 750: 9-14):

- gaasi- ja veemahuti;
- torustik;
- liitmikud;
- rippkronsteinid/toestused;
- pihustusotsikud;
- klapid;
- filtrid;
- pumbasüsteemid;
- aktiveerimis-, häire-, tuvastamis- ja kontrollsüsteemid.

Pump ja veemahutid

Veeudu kustutussüsteemis võivad olla kasutusel erinevad pumbad. Olemas on nii elektritoitega, diiselpumbad kui lämmastiku jõul töötavad pumbad. Viimase pumba korral on

kasutusel silindrites 200 bar rõhu all olev lämmastik, mis lükkab käima kolvi, tekitades vajalikku rõhku. Süsteem võib olla ka ilma pumbata. Sel juhul on koos veemahutiga ühendatud lämmastikusilinder rõhu tekitamiseks. Juhul kui lämmastiku kasutamine võib tekitada inimestele ohtu, saab kasutada suruõhusilindreid. Elektripumbasüsteemi korral on kasutusel elektrimootorid, mis käitavad rõhupumpasid. Eraldi veemahutid on kasutusel elektri- ja diiselpumpade korral, kasutades gaasil põhinevat pumpa, on veesilinder juba pumbasüsteemis sees. (Palta 2011)

Antud töö lõpus on joonisel 6 (LISA 2) toodud veeudu kustutussüsteemi skeem. Tegemist on lihtsa madalsurve süsteemiga, kus puudub vajadus pumba järgi, sest vesi on juba silindrites surve all. Joonisel 2 on näha autori poolt tehtud foto kõrgsurve veeudu kustutussüsteemi pumbasüsteemist. Fotol on näha peapump, suruõhukompressor, vee- ja lämmastikusilindrid.



Joonis 2. Veeudu kustutussüsteemi pumbasüsteem

Torustik ja pihustusotsikud

Kõrgsurve süsteemi torustik liidetakse ja jaotatakse pihustusotsikuteni kasutades otseliitmikke, T- tüüpi liitmikke ja jaotusblokke. Keevitusvajadus paigaldamisel puudub. Pumba ja torustike vahel asuvad üldjuhul seksiooniklapid, mis märgtorustiku puhul on avatud asendis ja kuivtorustiku korral suletud asendis. Pihustusotsikud võivad olla nii klaasampulliga kui ka ilma. Ampulli ei kasutata näiteks kuivtorustikus, kus vee avab häireolukorras seksiooniklapp. Ripplagede korral võib pihustusotsik olla paigaldatud ripplae külge, samas kui klaasampull asub kõrgemal, vahelae juures. Sel juhul saab vältida olukorda,

kus soojus läheb pihustist mööda ja koguneb vahelae alla ilma ampulli lõhkemiseta. (Palta 2011)

Joonisel 3 on autori poolt tehtud foto, millel on näha veeudu kustutussüsteemi pihustusotsikut. Tegemist on mitme avaga ja suletud otsikuga.



Joonis 3. Veeudu kustutussüsteemi pihustusotsik

Tabelis 1 on kirjas soojustundlike pihustusotsikute temperatuurid, klassifikatsioonid ja värvid. Tabelist selgub, et erinevad pihustusotsikud rakenduvad tööle alates temperatuurist 57 kuni 343 °C, mis võimaldab veeudu süsteemi kasutada erineva kasutusviisiga ruumides, kus õhutemperatuur võib tõusta väga kõrgele.

Tabel 1. Soojustundlike pihustusotsikute parameetrid (NFPA 750:12)

| Ümbritseva keskkonna maksimum temperatuur (°C) | Pihustusotsiku nimitemperatuur (°C) | Temperatuuri klassifikatsioon | Värvikood | Klaaskolvi värv |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|
| 38 | 57 kuni 77 | Tavaline | Puudub või must | Oranž või punane |
| 66 | 79 kuni 107 | Keskmine | Valge | Kollane või roheline |
| 107 | 121 kuni 149 | Kõrge | Sinine | Sinine |
| 149 | 163 kuni 191 | Eriti kõrge | Punane | Lilla |
| 191 | 204 kuni 246 | Väga kõrge | Roheline | Must |
| 246 | 260 kuni 302 | Ülikõrge | Oranž | Must |
| 329 | 343 | Ülikõrge | Oranž | Must |

Veeudu kustutussüsteemide töö põhimõte on konkreetsest tootjast ja süsteemist. Ühe näitena võib tuua Marioffi HI-FOG kõrgsurve süsteemi GPU. Tegemist on märja veeudu kustutussüsteemiga, kus pump kasutab oma tööks lämmastiku toidet. Pihustusotsikus oleva

klaasampulli lõhkemine põhjustab rõhulanguse torustikus, mille tulemusel avab lämmastikusilindrite juures asuv käivitusklapp rõhu all olevale lämmastikule vaba tee peapumba kolvini. Pumbakolb tekitab veesurve, mille abil saavutatakse vajalik surve torustikus ja pihustiotsikute mikrodüüse läbivast veest moodustatakse veeudu. (Palta 2011)

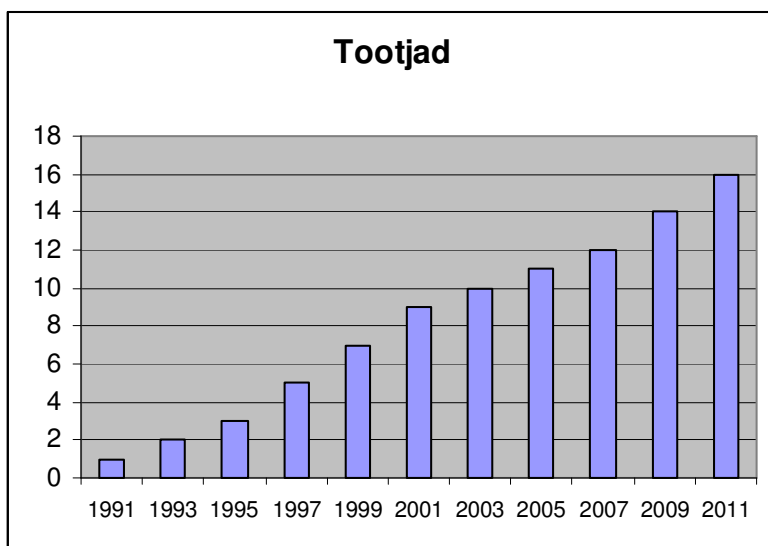
1.7. Kasutuse algus ja levik maailmas

Kui Eestis on veeudu kustutussüsteem alles võrdlemisi uudne tehnoloogia, siis maailmas on väikeste veepiiskade kasutamist tule kustutamisel uuritud juba 19. sajandist. Nimelt kasutati 1880. aastal USAs metsatulekahjudel seljas kantavaid käsipritse, millest tuli välja veeudu. 1930. aastatel arendas Lechler Saksamaal välja mitme avaga pihustusotsiku. 1940. aastatel hakati süsteeme paigaldama reisilaevadele (NFPA 750:1). 1970. ja 1980. aastatel loodi Saksamaal madalsurve veeudu kustutussüsteem. Rootsis hakati veeuduga tegelema samuti 1980. aastatel, kui Giselsson ja Rosander koostöös Electroluxiga alustasid paikse veeudu kustutussüsteemi ning kõrgsurve toimel töötava süsteemi arendamist. Giselssoni ja Rosanderi tööd on kõige enam mõjutanud tänapäeva veeudu tehnoloogia arengut. 1990. aastatel alustasid Soomes Marioff ja Rootsis Ultrafog, mis on tänaseni tuntud oma veeudu süsteemide poolest, veeudu kustutussüsteemide arendamist. (Fire... 2010)

1993. aastal loodi NFPA tehniline komitee, mis hakkas välja töötama veeudu kustutussüsteemi standardit. Esimene NFPA veeudu standard ilmus 1996. aastal. (NFPA 750:1; Mawhinney 2010)

Eestis ja ka Euroopas puudub veeudu kustutussüsteemi standard. Euroopas on IWMast saadud andmetel olemas vastav tehniline spetsifikatsioon CEN/TS 14972, mille baasil võib tekkida ühtne standard. (Standardization...04.02.2011)

Joonisel 4 on näha veeudu kustutussüsteemide tootjate arv läbi aastate 1991 - 2011. Kui aastal 1991 alustas üks ettevõtte nende süsteemide turustamist, siis on see arv iga aasta kasvanud, küündides 2009. aastal 14 ettevõteteni. Aquamist, Chemetron, Fogtec ja Minimax on vaid mõned näited ettevõtetest, mis toodavad veeudu kustutussüsteeme (Mawhinney 2009). Joonise andmed on toodud 2010. aasta seisuga ja 2011. aasta tootjate arv (16) on esitatud prognoosina. Joonisel on selgelt näha tõusev trend, mis näitab nii tootjate kui ka kasutajate huvi ja usku veeudu kustutussüsteemi. See annab alust pidada süsteemi usaldusväärseks ja efektiivseks.



Joonis 4. Veeudu kustutussüsteemide tootjad (Nigro 2010:3)

Veeudu süsteemide areng hakkas kiirenema selle tõttu, et oli vajalik leida alternatiiv haloone kustutusainetena kasutatavatele kustutussüsteemidele. Vastavalt Montreali 1987. aasta protokollile peavad riigid vähendama haloonide kasutamist selle kahjustava toime tõttu osoonile. Protokoll oli 11.11.2010 seisuga ratifitseerinud 196 riiki, nende hulgas ka Eesti 1996. aastal. (Evolution...19.01.2011)

Veeudu kustutussüsteeme kasutatakse laialdaselt laevade peal, aga samuti ka meredes ja ookeanides asuvatel kütuseplatvormidel, muuseumides, ajaloolise väärtusega ehitistes, kaablišahtides, lennukiangaarides, aga ka igalpool mujal (Shalaby 2010:6). Tõestust on saanud, et veeudu kustutussüsteem kustutab tõhusalt A klassi (tahked kütused) ja B klassi (vedelkütused) tulekahjusid. B klassi tulekahjudel on tõhus kasutada eelkõige kuni 200 µm suuruseid veepiiskasid, sest suuremad veepiisad võivad tekitada põlevvedeliku pritsmeid ja sellega suurendada põlemispinda. A klassi tulekahjudel tuleks kasutada suuremaid veepiiskasid, sest need teevad põlevmaterjali märjaks ja tungivad paremini materjali sisse kui väiksed piisad. (Душкин ид 2010; NFPA 750:40)

Veeudu kustutussüsteemi ei tohiks kasutada ruumides, kus vesi võib reageerida selliste ühenditega, millest võib tekkida ohtlik keemiline reaktsioon. Nendeks ühenditeks võivad näiteks olla leelismetallid, metallioksiidid, karbiidid, sulfiidid ja tsüaniidid. (Staikouras 2010:15; NFPA 750:8)

1.8. Levik Eestis

Eestis on veeudu kustutussüsteem veel vähe levinud. Kohalikud tootjad puuduvad ning maale toob neid süsteeme viis ettevõtet: Tondi Tulekaitse OÜ, HF Tulekaitse AS, Kidde Eesti AS, Pristis AS ja Firetek OÜ.

Antud töö autorile kättesaadava informatsiooni järgi paigaldati esimene süsteem Eestis 2007. aastal pakendeid tootva ettevõtte ruumidesse. 2009. aastal valmis tööstusettevõtte, kuhu samuti see süsteem oli paigaldatud. 2010. aastal paigaldati veeudu kustutussüsteem ühe kortermaja trepikotta. Selles kortermajas õnnestus autoril lõputöö raames käia süsteemiga tutvumas ja fotosid tegemas. 2011. aastal on kavas paigaldada veeudu kustutussüsteem Tallinna Teletorni, samuti on sellest süsteemist huvi tundnud mitmed muuseumid ja raamatukogud. (Palta 2011)

Käesoleva töö autor arvab, et vaatamata süsteemi uudsusele ning senisele vähesele levikule, on veeudu kustutussüsteemil potentsiaali Eestis laiemalt levida ning leida oma koht tulekustutussüsteemide turul. Võib arvata, et seda süsteemi soovitakse paigaldada eelkõige ruumidesse, kus liigne veehulk võib tekitada suurt kahju. Näitena võiks tuua muuseumid, arhiivid, raamatukogu ruumid aga ka energeetika sektor (generaatori- ja masinaruumide kaitse) ja elektroonikatööstus. Samuti on veeudu õigustatud objektidel, kus gaaskustutuse jaoks ei ole ruumid piisavalt hermeetilised, kus on vaja suuri pindalasiid kaitsta või süsteemi rakendumise risk on suur. Veeudu puhul on alati eeliseks odava kustutusaine (vee) ressurss. Sellegi poolest on alust arvata, et veeudu kustutussüsteem ei saa lähiaastatel nii laialt levinuks kui sprinklersüsteem ja jääb eelkõige teadliku kliendi valikuks. Ei saa ka kindlalt väita, et veeudu kustutussüsteem sobib vaid teatud kasutusviisiga ehitistesse, vaid iga ehitise puhul tuleb eraldi välja selgitada kas veeudu kustutussüsteem sobib sinna või mitte. Selle otsuse aluseks peab olema süsteemide vastavus standardile ning süsteemide tuletestide tulemused sarnastes keskkondades.

2. VEEUDU JA SPRINKLERSÜSTEEMI VÕRDLUS

2.1. Tulekahju kustutamise efektiivsus

Tabelis 2 on välja toodud erinevate kustutussüsteemide tulekaitse võimete võrdlus. Käesoleva töö eesmärkidest lähtuvalt keskendub autor ainult veeudu ja sprinklersüsteemi omavahelisele võrdlusele. Tabelist selgub, et veeudu kustutussüsteem on välja toodud punktides sama efektiivne või efektiivsem, kui sprinklersüsteem. Veeudu kustutussüsteem takistab ka põlemise ahelreaktsiooni vähemalt väiksel, sprinklersüsteemiga sarnasel tasemel. Täpne tase sõltub süsteemist, konkreetsemalt näiteks veepiiskade suurusest ja veelisandite olemasolust.

Tabel 2. Kustutussüsteemide toime võrdlus (Yao, Chow 2001)

| Tulekaitse võime | Inertgaas | Haloonsüsinik | CO₂ | Sprinkler | Veeudu |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| Põlevmaterjali pinna jahutamine | Ei | Ei | Ei | Jah | Jah |
| Põlemisgaaside jahutamine | Ei | Ei | Ei | Väike | Jah |
| Hapniku tõrjumine | Jah | Ei | Jah | Väike | Jah |
| Soojuskiirguse leviku takistamine | Ei | Ei | Ei | Väike | Jah |
| Ahelreaktsiooni takistamine | Ei | Jah | Ei | Väike | Sõltub süsteemist |
| Suitsu sidumine | Ei | Ei | Ei | Ei | Jah |
| Ohutu inimestele | Jah | Ei | Ei | Jah | Jah |
| Ohutu seadmetele | Jah | Ei | Jah | Ei | Jah |
| Keskkonناسäästlik | Jah | Ei | Ei | Jah | Jah |

Sprinklersüsteemil on ka eeliseid veeudu süsteemi ees. Tabeli 2 põhjal on selge, et mõlemas süsteemis kustutusainena kasutatav vesi on inimesele ohutu, küll aga tekitab probleemi veeudu omadus siduda suitsuosakesi, mis sprinklersüsteemi juures sel määral puudub. Pariisi Politsei Kesklabori poolt läbi viidud katsetustes üheksakorruselises korterelamus selgus, et suitsu sidumine veeudu poolt põhjustab suitsu pikemat püsimist ruumis (Thiry, Mimouni 2010:18-19). Antud asjaolu võib olla kasulik, kui soovitakse piirata suitsu levikut ruumist välja, kuid on probleemne evakuatsioonialas. Veepiiskadega seotud suits vähendab nähtavust ja seega raskendab inimeste evakuatsiooni ja päästjate tööd. Suits on veega seotuna raskem, seetõttu on ka suitsuärastussüsteemi töö vähem tõhus.

Veepiisa suurus

Veepiisa suurus on oluliseim näitaja veeudu kustutussüsteemi juures ja määrab selle süsteemi efektiivsuse. Veeudu alla 1000 µm suurused veepiisad paisuvad veeauruna umbkaudu 1700 korda, tõrjudes sellega ruumist välja hapniku ja summutades tulekahju. Tänu väikestele piiskadele suudab veeudu absorbeerida tulest tulenevat soojust ning takistada levikut selle allikast edasi. Sprinklersüsteemis kasutatavad veepiisad on suurusega 2000 µm ja suuremad (Mawhinney 2009). Suuremate veepiiskade efektiivsus seisneb selles, et võrreldes väikeste piiskadega, suudavad suured piisad paremini tungida tahke põlevmaterjali sisse ja lisaks pinna jahutamisele vähendada uuestisüttimise ohtu. Samas on suurte veepiiskade soojust neelamise, leviku takistamise ja hapniku tõrjumise võime palju väiksem. Veeudu kustutussüsteemil on eelis ka vedelkütuste ja rasvade tulekahjude kustutamisel. Näiteks bensiini puhul võivad suured veepiisad langedes bensiini pinnale tekitada pritsmeid ja suure veehulga tõttu võib kütus ja ka tuli koos sellega edasi levida (bensiin püsib veepinnal). (System...2009)

Katsed toiduõlidega on näidanud, et veeudu süsteemi saab ka edukalt kasutada köökide tuleohutuse tagamiseks. Katsetuste käigus kustutas veeudu kustutussüsteem toiduõli põlengu ja vältis uuestisüttimist tänu soojust neelamisele ning toiduõli märgamisele/jahutamisele alla isesüttimistemperatuuri. Lisaks ei tekita väikesed veepiisad rasvapritsmeid võrreldes sprinklersüsteemi suurte piiskadega. (Liu, Kim, Carpenter, Kanabus-Kaminska, Yen 2004)

Veeudu puhul on oluliseks eeliseks ka see, et väikesed veepiisad juhivad märksa vähem elektrit (Душкин ид 2010). See annab võimaluse kasutada veeudu süsteemi ka elektriliste seadmete kaitseks, sest kahju seadmetele ja inimeste elektrilöögi oht on minimaalne. Samas ei saa seda ohtu välistada, sest süsteemi pikema rakendumise ajal võivad veepiisad koguneda näiteks põrandale piisavas koguses, et juhtida elektrit inimesele ohtlikul moel.

Veekogus

Lisaks veeudu kustutussüsteemi efektiivsusele tulekahju kontrollimise ja kustutamise aspektides on see süsteem ka tõhusam, kui sprinklersüsteem selle tõttu, et kulub vähem kustutusvett ja selle vee poolt tekitatud kahju varale on minimaalne. Väike veevajadus ja -kulu on kindlasti üks oluliseimaid argumente veeudu kustutussüsteemi kasuks. Vee poolt tekitatud kahju ruumile ja varale on tihti märksa suurem, kui tule poolne kahju, seega on väiksema veekoguse kasutamine suur eelis sprinklersüsteemi ees. Veeudu kustutussüsteemi veekulu võib olla alla 10% kogusest, mida kasutab sprinklersüsteem (Fire... 2010). Veekahju võib kaasneda lisaks tulekahjudele ka süsteemi valehäireteke korral, kus süsteemi rikke,

personali oskamatu tegutsemise ning aeglase reageerimise tõttu volehäirele, võib vesi süsteemist välja voolata ruumi mitukümmend minutit.

2003. aasta maist saab tuua näite, kus Mustamäe Magistrali kaubanduskeskuses oli tulekahju. Tegemist oli kingaparanduse töökoja pingi kärssamisega ja kuna õnnetus juhtus öösel, siis töötas rakendunud sprinklersüsteem umbes tund aega. Tulemuseks oli üleujutatud töökoda, kõrval ja keldrikorrusel asuvad äripinnad. Töökoda avati täielikult alles kahe päeva pärast. Veeudu kustutussüsteemiga oleks veekahjustused olnud kindlasti väiksemad. (Aume 2011)

Õhuringluse mõju

Veeudu kustutussüsteemi korral on oluline ruumi õhuringlus ja suletus. Väiksed veepiisad on kerged ja seetõttu ventilatsiooni poolt rohkem mõjutatavad, kui suured veepiisad. Sundventilatsiooni poolt tekitatud tuul 2 - 3 m/s mõjutab pihustusotsikust väljuvat veejuga märkimisväärselt, vähendades veeudu kustutusomadusi. Ka väiksem õhu liikumine vähendab veeudu toimet, eriti avatud ruumides, kus ventilatsiooni tõttu võivad tulekahjust tekkinud kuumad gaasid veeudu ruumist välja suunata. (Jackman, Annable)

Seega on veeudu kasutamine kõige efektiivsem suletud ruumides, kus puudub ventilatsioon või on see tulekahju olukorras välja lülitatud (NFPA 750:48). Sprinklersüsteemi kustutamise efektiivsust ventilatsioon sel määral ei mõjuta kuna veepiisad on suuremad ja ei satu nii kergelt õhuringlusesse. Avatud ruum määratleb sprinklersüsteemi efektiivsuse sel määral, et ruumi vabalt pääsev hapnik soodustab põlemist ja raskendab sprinkleri tööd.

2.2. Paigaldamine

Pihustusotsikute paigalduskõrgused

Paigaldamise seisukohast erinevad pihustusotsikute maksimaalsed paigaldamise kõrgused. Need kõrgused mängivad olulist rolli näiteks suurtes laoruumides, kus ladustatakse kaupaid riulites, mis võivad ulatuda kõrgete lagede alla.

Sprinklersüsteemi pihustusotsikute paigalduskõrguste kohta toob autor näited ettevõtte TYCO mudelite ESFR, ELO ja ULTRA K17 kohta. Nende mudelite näitel võib riulitel oleva kauba ladustamiskõrgus olla 6,1 kuni 12,2 m, samas kui sprinklerpea võib asuda olenevalt mudelist 8,2 kuni 13,7 m kõrgusel. Sõltuvalt sprinklerpea paigaldamise kõrgusest ja mudelist, katab üks sprinklerpea 5,8 kuni 9,3 m² ala. (Поляков, Еремин 2008)

Veeudu kustutussüsteemi pihustusotsikute kohta on toodud näited Venemaa tootjate mudelite Aqua Effect ja Maxstop kohta. Võrreldes sprinklersüsteemi pihustusotsikutega on nende mudelite ühe otsiku katmisala konkreetsem, kattes 6,25 m². Kauba ladustamiskõrgus ja pihustusotsiku paigaldamise kõrgus on võrreldes sprinklersüsteemiga suuremad, olles vastavalt 10 - 12,76 m ja 12 - 14 m. (Поляков, Еремин 2008)

Veeudu kustutussüsteemi edukat kustutusvõimet sellistes kõrgustes tõestavad katsed. 12 meetri kõrguse laega 30x20 m ruumis viidi läbi katse, kus laes asuvad kõrgsurve pihustusotsikud suutsid edukalt kustutada põrandal põleva diivani. Katse eesmärk oli testida veeudu kustutussüsteemi sobivust kellatorni, mis planeeritakse ehitada Saudi Araabiasse. (Kopp 2010:1-22)

Eelnevast selgub, et veeudu kustutussüsteemi võib edukalt paigaldada ka kõrgetesse ja suure kubatuuriga ruumidesse. See annab võimaluse süsteemi kasutada nii lao- kui teistes tööstusruumides ja näitab veelkord süsteemi laia kasutusvaldkonda.

Torustik ja veemahutid

Asjaolu, et veeudu kustutussüsteem tarbib vähem vett, võimaldab paigaldada väiksema läbimõõduga torustikku. Sprinklersüsteemi korral on väikseimaks lubatud toru läbimõõduks 20 mm, mis kehtib harutoru kohta (EVS-EN 12845:2005:94). Veeudu süsteemil on väikseimaks harutoru läbimõõduks 12 mm, mis võimaldab torusid vastava aparaadiga objektile kohapeal painutada (Palta 2011). Torude väiksem läbimõõt ja vähene veehulk selle sees vähendavad kogu torustiku kaalu ja koormust kinnituskohtadele, mis omakorda vähendavad materjali kulumist ning hoolduskulusid. Väiksem veehulga vajadus annab võimaluse kasutada väiksemaid veemahuteid, tänu millele saab neid paigaldada ruumidesse nagu väikesed keldrid, kuhu sprinklersüsteemi veemahutid oma mõõtmetelt ei sobiks.

2.3. Süsteemide hinnad

Konkreetseteid summasid on veeudu kustutus- ja sprinklersüsteemi hindade võrdluses keeruline tuua. Selleks peaksid olema andmed mõlema süsteemi maksumuse kohta ühes ehitises või ruumis, need andmed aga antud töö autoril puuduvad. Üldjuhul võib öelda, et veeudu kustutussüsteem maksab 20 - 30% rohkem, kui sprinklersüsteem, kuid olenevalt projektist, võib see vahe olla veel suurem või ka väiksem (Palta 2011). Kõrge hind on üks

peamisi, kui mitte kõige suurem puudus veeudu kustutussüsteemi juures, mis pärssib selle süsteemi levikut eriti just Eestis. Kõrgema hinna tingivad kõrgsurve pumpade, roostevaba terase, eriotstarbeliste pihustusotsikute ja muude komponentide kasutamine. Olulist rolli mängib ka see, et süsteem on Eestis alles uudne ja maaletoojaid on vähe ning sellest tingitult on ka konkurents väike. Maksumuse vahe võib väheneda veeudu kustutussüsteemi kasuks juhul, kui sprinklersüsteemi jaoks on vajalik soetada suuri veemahuteid või pumbasid ja teha nende paigaldamiseks täiendavaid ehitustöid.

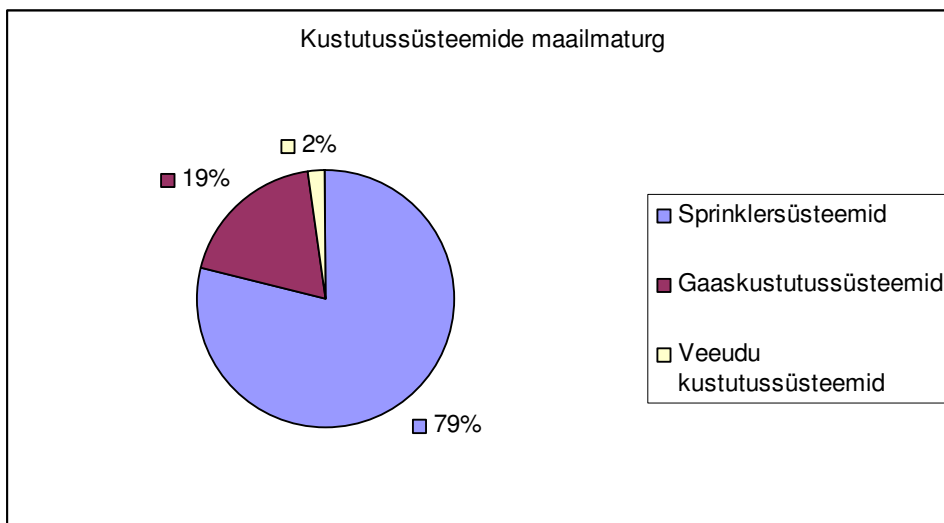
2.4. Järeldused

Järelduste tegemiseks ja veeudu kustutus- ning sprinklersüsteemi võrdluse kokkuvõtteks on käesoleva töö autor lisaks tabelile 2 koostanud ülevaatliku tabeli 3. Veeudu kustutussüsteemi oluliseimaks erinevuseks võrreldes sprinklersüsteemiga on veepiisa suurus, mis määrab ära üldiselt selle süsteemi eelised ja puudused. Tänu enam kui kahekordsele veepiisa suuruse erinevusele, suudab veeudu kustutussüsteem (ilma lisanditeta) paremini kustutada vedelkütuste ja rasvade põlenguid, kui sprinklersüsteem, sest väiksemad piisad tekitavad vähem pritsmeid ja suurem kogus vett osaleb kustutusprotsessis, mitte ei voola koos vedelkütusega laiali. Lisaks mainitule, juhivad väiksed veepiisad vähem elektrit kui suured piisad seega on veeudu kasutamine vähemalt kustutamise algfaasis, kus veekogused on alles väiksed, ohutum nii seadmetele kui inimestele. Üks suurimaid veeudu kustutussüsteemi eeliseid sprinklersüsteemi ees lisaks vee omaduste paremale ära kasutamisele on veekogus. Oluliselt väiksem veekulu tulekahjul, mis vähendab veest tekitatud kahjustusi, lubab paigaldada ka väiksemaid veemahuteid ja pumbasüsteeme, mis on tihti määravaks teguriks kustutussüsteemi valikul kitsastes tingimustes.

Tabel 3. Veeudu ja sprinklersüsteemi võrdlus

| | Sprinkler | Veeudu |
|---------------------------------|-----------|----------|
| Veepiisa suurus | >2000 µm | <1000 µm |
| Vedelkütuse põlengu kustutamine | Ei | Väike |
| Rasva põlengu kustutamine | Ei | Väike |
| Elektrijuhtivus | Suur | Väike |
| Õhuringluse mõju | Väike | Suur |
| Veekogus | Suur | Väike |
| Paigaldamise eelised | Ei | Jah |
| Süsteemi hind | Madal | Kõrge |

Veeudu kustutussüsteemi puuduseks lisaks suitsu sidumisele on mõjutatavus õhuringluse poolt. Veepiiskade väike kaal muudab veeudu sõltuvaks ruumi suletusest ja ventilatsiooni olemasolust. Avatud ruumide korral võib ventilatsioon osa veeudust ruumist välja puhuda ja sellega märkimisväärselt vähendada süsteemi kustutusvõimet. Tänu suurtele veepiiskadele on sprinklersüsteem vähem mõjutatav ventilatsiooni poolt. Kuigi tulekahju kustutamise efektiivsuse seisukohast ei tohiks veeudu kustutussüsteemil lubamatuid puudusi olla, on kõige suuremateks miinusteks kirjeldatud süsteemi juures selle hind ning standardite vähesus. Just nimetatud tegurite tõttu võib joonise 5 baasil öelda, et veeudu kustutussüsteemi positsioon kustutussüsteemide maailmaturul ei parane enne, kui süsteemi hind muutub sarnaseks sprinklersüsteemi omaga ja lisaks USAle tuleb ka Euroopas välja vastav ühtne standard.



Joonis 5. Kustutussüsteemide maailmaturg (Nigro 2010:4)

Sprinklersüsteemide domineerimine on kindlasti tingitud ka sellest, et inimesed on sellest kõige enam teadlikud ja usaldavad pigem traditsioonilist süsteemi uudse veeudu kustutussüsteemi asemel. Veeudu kustutussüsteemi marginaalse turupositsiooni põhjuseks on lisaks hinnale ka eelpool mainitud standardite puudumine või vähesus, mille tõttu inimesed ei pruugi tahta keerulist tõestamisprotsessi läbida ja valivad sprinklersüsteemi, sest selle puhul on lihtsam tõestada, mis hoonetesse süsteem sobib.

3. EMPIIRILINE UURING

3.1. Uuringu eesmärk, valim ja protsess

Käesoleva lõputöö empiirilise osa raames viis autor läbi intervjuud, mille eesmärgiks oli teada saada Eesti päästeametnike ja tuleohutusega tegelevate firmade esindajate teadlikkust veeudu kustutussüsteemi vallas ja nende arvamust selle süsteemi kohta. Uuringu käigus intervjueriti kokku 11 inimest, kellest seitse olid juhtivatel ametikohtadel töötavad päästeametnikud ja neli olid tuleohutusfirmade, mis toovad veeudu kustutussüsteeme Eestisse, töötajad. Valimi valiku otsustavaks faktoriks oli töötajate laialdased teadmised kustutussüsteemide valdkonnas.

Intervjuud viidi läbi 2011. aasta märtsikuus ja koosnesid kaheksast autori poolt koostatud küsimusest. Esimesed kaks küsimust olid vajalikud saamaks teada, millisel määral on intervjueritavad kokku puutunud veeudu kustutussüsteemiga. Järgnevad kuus küsimust töid välja intervjueritavate arvamuse selle süsteemi kohta. Kõik intervjuud viidi läbi eraldi iga inimesega suuliselt või kirjalikus vormis. Suuliselt viidi läbi kuus ja elektronposti teel viis intervjuud. Intervjuu plaan on lisatud käesoleva töö lõppu (LISA 3).

3.2. Uuringu tulemused

Uuringu tulemuste kokkuvõtteks esitab käesoleva töö autor kaheksa intervjuu küsimust ja toob üldistatult välja neile antud vastused.

1. Kuidas Te olete kokku puutunud paikse veeudu kustutussüsteemiga ja saanud selle kohta infot?

Kuus ametnikku seitsmest olid käinud Soomes koolitusel ja saanud selle kaudu infot veeudu kustutussüsteemi kohta. Neli ametnikku olid saanud infot projekteerijate ja edasimüüjate käest, kes on soovinud süsteemi paigaldada Eestisse. Päästeameti siseselt oli veeudu kustutussüsteemi kohta infot liikunud minimaalselt.

Firmade esindajad olid saanud infot projekteerimise käigus, tootja poolt korraldatud koolitustelt ja erinevatelt messidelt.

2. Kas teate objekte Eestis, kus see süsteem on paigaldatud? Kui jah, siis mis objektid need on?

Kolm ametnikku seitsmest olid teadlikud objektidest, kuhu veeudu kustutussüsteem on paigaldatud ja mis objektidega on tegemist. Intervjuude käigus selgus, et kolm ametnikku teadsid süsteemi planeeritavast paigaldamisest Tallinna Teletorni.

Nelja firma esindajast üks teadis objekte, kuhu see süsteem on paigaldatud.

3. Kas Te peate veeudu kustutussüsteemi efektiivseks ja miks?

Kõik ametnikud nõustusid sellega, et veeudu kustutussüsteem on üldjuhul efektiivne, kuid mitte kõikides hoonetes ja olukordades. Kahtlust tekitas süsteemi kustutusvõime kõrgetes laohoonetes ja suure põlemiskoormusega ruumides. Nii ametnikud kui firmade esindajad pidasid süsteemi efektiivseks tänu paremale vee kustutusomaduste ära kasutamisele ja ruumi täitmisele veeuduga.

4. Mis on Teie arvates veeudu kustutussüsteemi eelised ja puudused võrreldes sprinklersüsteemiga ja kumba süsteemi peate tulekahju kustutamise seisukohast efektiivsemaks?

Eelised:

- väike veekulu;
- väiksed veekahjustused;
- ruumi täitmine veeuduga;
- paremad jahutusomadused.

Lisaks mainitud põhilistele eelistele, pakkusid ametnikud eelistena välja ka suitsu leviku takistamist ja mõõtnetelt väiksemaid süsteemikomponente.

Puudused:

- kõrge hind;
- normide puudumine;
- ebaefektiivsus suurte põlemiskoormustega tulekahjudel;
- puudub pikaajaline kogemus süsteemide töövõime ja vastupidavuse suhtes.

Eelnevate peamiste puuduste kõrval toodi välja ka pihustusotsiku düüside ummistumist, halba nähtavust süsteemi rakendumise ajal ja vastavate spetsialistide vähesust Eestis.

Firmade esindajad tõid lisaks ametnike pakutule välja veeudu kustutussüsteemi eelisena väiksema elektrijuhtivuse. Puuduseks arvas üks intervjueeritav, et veeudu kustutussüsteem kustutab halvemini hõõgudes põlevaid materjale.

5. Veeudu kustutussüsteem on võrreldes sprinklersüsteemiga umbes 20 - 30% kallim. Kas Teie arvates tasub vaatamata kõrgele maksumusele eelistada seda süsteemi ja miks?

Ametnikud leidsid, et tuleohutuse järelevalve seisukohast ei ole hind oluline. Süsteemi tellija peaks ise otsustama, kas kaitstav ruum ja materjal kaalub üles hinna vahe. Üks intervjueeritav pakkus välja, et peaks tehtama arvutus, kus võrreldakse kahe süsteemi projekteerimise, seadmete, paigaldamise, hoolduse ja valesüsteemide tingitud kahjustuste kulusid ning süsteemide eluiga. Sellisel juhul saaks objektiivselt hinnata kummagi süsteemi peale kuluvaid summasid.

Vaatamata kõrgemale hinnale arvasid firmade esindajad, et tuleks eelistada veeudu kustutussüsteemi väiksemate veekahjude tõttu. Arvati, et pikas perspektiivis tasub see süsteem end ära.

6. Mis tüüpi/kasutusviisiga hoonetesse või ruumidesse võiks Teie arvates paigaldada veeudu kustutussüsteemi?

Hooned, kus on suured materiaalsed väärtused nagu näiteks muuseumid, galeriid ja muinsuskaitse all olevad objektid, olid need valikud, kuhu kuus ametnikku seitsmest paigaldaks veeudu kustutussüsteemi. Samas oli üks ametnik arvamusel, et süsteemist tuleb siiski liiga palju vett, mis võib kahjustada kultuurilisi väärtusi. Pakuti välja ka süsteemi paigaldamist kõrghoonetesse ja puidust korterelamutesse.

Lisaks ametnike pakutule, leidis ühe firma esindaja, et seda süsteemi võiks paigaldada ruumidesse, kus on elektripaigaldised, mida suur veehulk sprinklersüsteemist võiks kahjustada. Erinevalt teistest, pidas ühe firma esindaja veeudu kustutussüsteemi sobivaks ka tööstushoonetesse.

7. Milliseks peate veeudu kustutussüsteemi tulevikku ja levikuvõimalusi Eestis?

Mida arvate väitest, et see süsteem asendab tulevikus sprinklersüsteemi?

Leiti, et veeudu kustutussüsteeme hakatakse Eestis enam paigaldama, kui suureneb inimeste teadlikkus. Standardi puudumine ei ole takistuseks kuna süsteemi sobivust saab tõendada ka katsete alusel. Siiski arvati, et hind mängib väga olulist rolli ja hinna või suure veevajaduse tõttu jääb sprinklersüsteem kasutusele teatud ehitistes, eriti tööstushoonetes.

Erinevalt ametnikest arvasid kaks firma esindajat kolmest, et veeudu kustutussüsteem leiab Eestis laialdast kasutust ja maksumuse langedes võib kerkida enim kasutatavaks kustutussüsteemiks. Samas oli ühe firma esindaja kindel, et see süsteem ei asenda sprinklersüsteemi ladudes ja teistes suure kubatuuriga ruumides.

8. Mis oleksid Teie ettepanekud veeudu kustutussüsteemi parendamiseks?

Süsteemi seisukohast pakuti välja, et hoone sisevesikute ja kustutussüsteemi vesi võiks olla ühtne. Lisaks võiks juurde tekkida veeudu saamise viise, näiteks kasutades keemilisi aineid. Süsteemi levikut suurendaks madalam hind, standardi olemasolu ja rohkem infot süsteemi kohta tootjafirmadelt.

Sarnaselt ametnikele arvasid firmade esindajad, et Eestis tuleks rohkem levitada informatsiooni veeudu kustutussüsteemi kohta. Süsteemi koha pealt osati välja pakkuda erinevaid parendusi: pumbakomplektide ja elektrimootorite tõhususe tõstmine, roostevaba torustikule odavama alternatiivi leidmine, töösurve vähendamine kaotamata kustutusefektiivsuses.

3.3. Uuringu järeldused

Käesoleva lõputöö empiirilise uuringu eesmärgid said täidetud. Intervjuude läbiviimisega selgitas antud töö autor välja, et päästeametnike teadlikkus veeudu kustutussüsteemide valdkonnas on arvestataval tasemel, see tähendab, et ametnikud teadsid selle süsteemi põhilisi iseärasusi ja kasutusvaldkondi. Tuleohutusfirmade esindajad teadsid süsteemi kohta märkimisväärselt rohkem, kuid see on ka iseenesestmõistetav arvestades nende töö spetsiifikat. Sellegipoolest olid nii ametnikud kui firmade esindajad ühel nõul, et Eestis liigub veeudu kustutussüsteemi kohta liialt vähe informatsiooni ja lähiaastatel võiks see olukord paraneda.

Intervjueeritavad pidasid veeudu kustutussüsteemi efektiivseks tulekahju kustutamisel tänu vee kustutusomaduste paremale ära kasutamisele ja selle eeliseks sprinklersüsteemi ees väiksemat veekulu ja -kahjustusi. Võrreldes sprinklersüsteemiga pakuti veeudu kustutussüsteemi miinusteks kõrget hinda ja normide puudumist, samas kaheldi ka süsteemi kustutusvõimes laohoonetes. Sellegipoolest nõustusid intervjueeritavad sellega, et veeudu kustutussüsteemi võib paigaldada mistahes hoonesse, kui sobivuse aluseks on vastav katsetus läbi viidud. Süsteem võib Eestis levida laialdaselt, kui väheneb selle hind, suureneb inimeste teadlikkus ja tekivad juurde vajalikud normdokumendid.

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

4.1. Järeldused

Dokumendianalüüsisist ja läbiviidud intervjuudest tuleohutuse valdkonna inimestega selgus, et veeudu kustutussüsteemi võib pidada efektiivseks vahendiks tulekahju kontrollimisel ja kustutamisel. Süsteemi efektiivsuse aluseks on väikesed veepiisad ja vesi on teadagi kõige enam levinud kustutusaine. Süsteem on efektiivne, see tähendab, et kustutab edukalt tulekahju, sest kasutatakse vett väikeste piiskade kujul, tänu millele saab paremini ära kasutada vee kustutusomadusi. Väikesed veepiisad aurustuvad soojuse toimel ja neelavad endasse suure hulga tulekahjust kiirgavast soojusest. Tänu süsteemi efektiivsusele saab tulekahju kustutatud kasutades väikseid veekoguseid ja tekitades tööle rakendumise ajal vähem kahju ruumile ja seal asuvatele väärtustele.

Eelpool mainitud positiivsed argumendid on veeudu kustutussüsteemi peamisteks eelisteks võrreldes sprinklersüsteemiga. Nii teoreetiliste materjalide analüüsisist kui intervjuudest tuli välja, et veeudu kustutussüsteem sobib tänu väiksematele veekahjudele sprinklersüsteemist märksa paremini ruumidesse, kus hoitakse kultuurilisi väärtusi või kus on töös kallid seadmed. Uuringu käigus pakkusid mitmed intervjuueeritavad veeudu kustutussüsteemi paigutamist korterelamutesse. Intervjuueeritavad kahtlesid süsteemi efektiivsuses laohoonetes, kuid dokumendianalüüsisist selgus, et laohoonetes saab veeudu edukalt kasutada. Sellegi poolest ei saa üheselt öelda, mis kasutusviisiga ruumidesse veeudu kustutussüsteem sobib ja kas on ruume, kuhu süsteemi ei tasu paigaldada. Otsus paigaldamiseks tuleb teha ikkagi arvestades ruumide eripära ja katsetusi, mis on varasemalt sarnastes tingimustes läbi viidud.

Veeudu kustutussüsteem ei ole täiuslik ja ka sellel on omad puudused. Erinevalt veeudu kustutussüsteemi eelistest selgusid dokumendianalüüsi ja intervjuude võrdluses lisaks sarnastele puudustele ka erinevad puudused. Autor järeldab läbi töötatud dokumentidest, et süsteemil on peamisteks puudusteks kõrge hind, normdokumentide vähesus ja lisaks mõjutatavus õhuringluse poolt, mis intervjuudest aga välja ei tulnud. Intervjuudest selgus, et lisaks hinna ja normide problemaatikale, peetakse veeudu kustutussüsteemi miinusteks halba nähtavust süsteemi rakendumise ajal ning väiksemat toimet hõõgudes põlevate materjalide

kustutamisel, mida tingivad just väikesed veepiisad. Autori dokumendianalüüsi tulemustele lisaks töid intervjueeritavad välja miinustena pihustusotsiku düüside ummistumist ja ebaefektiivsust suurte põlemiskoormustega tulekahjudel. Viimast põhjendati arvamusega, et näiteks puidulaos toimuva tulekahju kustutamise jaoks on vaja suurt hulka vett ja veeudu ei jõua tulekahju koldeni. Selline aramus võib tunduda loogiline, kuid autoril puuduvad dokumendid, mis seda kinnitaks. Veeudu kustutussüsteemi tulevikule mõeldes võib pidada tõenäoliseks, et süsteemi hakatakse paigaldama järjest enam. Sellegi poolest võib kahelda selle süsteemi laialdases paigaldamises tööstushoonetesse.

Käesoleva töö aktuaalsusest lähtuvalt tahab autor rõhutada, et tulekahju kustutamisel veega ei ole ainukeseks viisiks sadade või veel enam tuhandete liitrite vee paiskamine koldesse. Tulekahju saab ka edukalt kustutada kasutades kordades vähem vett ja tehes sellega vähem kahju ruumile ja selle sisule.

4.2. Ettepanekud

Antud töö autori arvates on Eestis liialt vähe materjale veeudu kustutussüsteemi kohta. Seda arvamust kinnitavad ka intervjueeritavad. Arutelus päästeametnike teadmiste üle tuleohutuspaigaldiste asjus ütles intervjueeritav 2 „*Päästeametnikud liiguvad erasektorile järgi, mitte nende ees.*“ Sellise olukorra süvenemise vältimiseks teeb autor ettepaneku Päästeametile, koos erasektoriga või ilma, koostada eestikeelne veeudu kustutussüsteemi standard. Arvestades, et süsteem levib Eestis üha enam ja päästeametnikel tuleb oma töö käigus süsteemi kohta otsuseid teha, siis oleks vastav standard neile otsustamisel suureks abiks. Sellega oleks Eesti vaatamata oma väiksusele suureks eeskujuks teistele Euroopa Liidu liikmesriikidele. Võimalik, et see kannustaks ka Euroopa Liitu kiiremini ühtset standardit koostama.

Standardi valmimine võtab omajagu aega ja seega võiks Päästeamet esmalt koostada eestikeelse tutvustava materjali, mis annaks objektiivset teavet veeudu kustutussüsteemi kohta ja erineks tüüpilistest reklaambrošüüridest. Materjal võiks sisaldada süsteemi kirjeldust, selle eeliseid ja puuduseid ning mõningate katsetuste tulemusi. Autori hinnangul võiks ka antud töö pakutud materjali koostamisel abiks olla. Selline süsteemi tutvustus annaks järelevalveametnikele võimaluse end kursi viia uudse tehnoloogiaga ja astuda samm lähemale erasektorile.

Viimaseks teeb autor ettepaneku Päästekolledžile järelevalve ainetes pikemalt peatuda tulekustutussüsteemide teema juures. Erinevat tüüpi süsteeme peaks rohkem õpetama ja eelkõige tuleb kasuks praktiliste tundide läbiviimine. Autor on teadlik, et Päästekolledž kavandab Sisekaitseakadeemia territooriumile niinimetatud demoruumi ehitamist. Seetõttu pakub autor välja lisaks muudele osadele ka veeudu kustutussüsteemi komponentide ja tutvustava materjali paigaldamist demoruumi, et üliõpilased saaksid ülevaate kõige uudsemast tehnoloogiast. Kindlasti oleks üliõpilased huvitatud osalemast kustutusssüsteemide katsetustel ja demonstratsioonidel.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö üldeesmärgiks oli paikse veeudu kustutussüsteemi efektiivsuse välja selgitamine. Lisaks püstitas autor neli alaeesmärki, milleks olid veeudu kustutussüsteemi tutvustamine, võrdlus sprinklersüsteemiga, tuleohutusvaldkonna töötajate teadlikkus antud teemal ja alussuuniste loomine juhendmaterjali jaoks. Eesmärkide saavutamiseks esitati kaks uurimisküsimust. Esiteks selgitati välja veeudu kustutussüsteemi eeliste olemasolu võrdluses sprinklersüsteemiga. Töö raames selgus, et mainitud süsteemil on mitmeid eeliseid nagu väike veekulu, –kahjustused ja vee kustutusomaduste parem ära kasutamine. Lisaks eelistele tulid välja ka puudused võrreldes sprinklersüsteemiga. Peamisteks puudusteks on mõjutatavus õhuringluse poolt ja hõõgudes põlevate materjalide väiksem kustutusefektiivsus.

Teiseks uuriti töö käigus, kas ja millisel määral on tuleohutusvaldkonna töötajad teadlikud veeudu kustutussüsteemist. Selle jaoks viis autor läbi intervjuud päästametnike ja tuleohusettevõtete töötajatega. Selgus, et intervjuueeritavad teavad veeudu kustutussüsteemi kohta üldist informatsiooni, kuid mõne küsimuse juures jäädi napisõnaliseks. Nõustuti sellega, et Eestis on veeudu kustutussüsteem alles uus ja vastava ala spetsialiste on vähe. Intervjuu tulemuste põhjal saab öelda, et vastava ala töötajad peavad veeudu kustutussüsteemi peamisteks eelisteks eelmises lõigus mainitud tegureid. Täiendavalt pakuti eelisena ka ruumi täitmist veeuduga ja suitsu leviku takistamist.

Lõputöö eesmärgid said saavutatud ja uurimisküsimustele leiti vastused. Veeudu kustutussüsteemi võib pidada efektiivseks vahendiks tulekahju kustutamisel. Intervjuude käigus selgus, et veeudu kustutussüsteemi kohta on inimesed järjest enam huvi tundnud. Töö valmimise raames tuli välja informatsioon selle süsteemi võimaliku paigaldamise kohta mitmesse avaliku kasutusega ehitisse. Sellest johtuvalt on see teema ka edaspidi aktuaalne ja vajab detailsemat käsitlemist tuleohutuse tagamisega seotud isikute poolt. Töö aktuaalsusele viidates teeb autor ettepaneku koostada lähiaastatel veeudu kustutussüsteemi kohta standard ja juhendmaterjal, mille valmimisel võiks kasutada ka antud lõputööd. Kindlasti võib käesolev töö olla edaspidi abiks kustutussüsteemide õpetamisel Sisekaitseakadeemia Päästekolledži üliõpilastele.

SUMMARY

The topic of this diploma thesis is „Effectiveness of water mist suppressing system“. Thesis is written in Estonian. Water mist system is mainly described as high pressure system, but other subcategories are used as well. The length of the main body is 38 pages. Diploma thesis consists of six figures and four tables. The author has used 28 references, which all have been cited to.

The main objective of the thesis is to find out the effectiveness of water mist suppressing system. To achieve this objective, the author has presented two questions:

- does water mist suppressing system have any advantages compared to sprinkler system? If yes, then what are the advantages?
- how much do employees, who work in Estonian fire safety sector know about water mist suppressing system?

Document analysis and interviews were used as methods of inquiry. The people who were interviewed are employees of Estonian Rescue Board and fire safety companies. The reason why the author interviewed these people, is the extensive knowledge that they have considering fire suppressing systems.

The objective of this thesis was achieved. The thesis revealed that water mist suppressing system is effective and has numerous advantages compared to sprinkler system. The main advantages are that the system uses less water and is less water damaging to the room. Fire safety employees' knowledge of this system is well enough.

This diploma thesis could be used in making a standard and a guide document for employees of fire safety sector. Also it could be used to introduce water mist suppressing system to students of Rescue College.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Aume, R. 2011. Küsimused Magistrali kaubanduskeskuse kingaparanduse omanikule. Tallinn. Autori üleskirjutis. 10.05.2011

Clark, William E. 1991. Firefighting principles & practices. USA Fire Engineering Books & Videos

Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded. Vastu võetud Vabariigi Valitsuse 27.10.2004 määrusega nr 315, jõustunud 01.01.2005 - RT I 2004, 75, 525

Evolution of the Montreal Protocol. UNEP koduleheküljelt http://ozone.unep.org/Ratification_status/ välja otsitud 19.01.2011

EVS-EN 12845:2005. Paiksed tulekustutussüsteemid. Automaatsed sprinklersüsteemid

Fire Protection with Water Mist – Advantages and Limits. 2010. 21-22, 45. IWMA koduleheküljelt <http://www.iwma.net/images/stories/pdf/PresentationsItaly2010/presentation%20ecke.pdf> välja otsitud 17.02.2011

Jackman, L., Annable, K. Mechanisms for successful water mist protection systems, 15, 25-26, 29-31. Nationwidefiresprinklers koduleheküljelt <http://www.nationwidefiresprinklers.co.uk/pdfs/water-mist-systems.pdf> välja otsitud 22.02.2011

Kopp, R. 2010. Fire Protection for Light Structure High Rise Buildings. Ettekanne rahvusvahelisel veeudu konverentsil Prahhas, Tšehhi Vabariigis

Liu, Z., Kim, A.K., Carpenter, D., Kanabus-Kaminska, J.M., Yen, P. 2004. Extinguishment of Cooking Oil Fires by Water Mist Fire Suppression Systems. Fire Technology, 40 (4), 309-333

Liu, Z., Kim, A. 2000. A review of water mist fire suppression system – fundamental studies. A journal of fire protection engineering, 10 (3), 34-36, 42-44. Välja otsitud SAGE andmebaasist 08.01.2011

Mawhinney, J.R. 2009. The Current and Future Applications of Water Mist Fire Suppression Systems, 4, 13. HAI fire protection koduleheküljelt <http://www.haifire.com/presentations/Mist%20Part%201%20Fundamentals.pdf> välja otsitud 03.03.2011

Mawhinney, J.R. 2010. NFPA 750 - 2000 Edition - Highlights of Significant Changes. IWMA uudiskiri, 1. Scotchmist koduleheküljelt <http://www.scotchmist.uk.com/Literature/IWMA%20Newsletter%201.pdf> välja otsitud 15.02.2011

NFPA 750. Veeudu kustutussüsteemi standard. 2006

Nigro, L. 2010. How to build an extensive water mist market. Ettekanne rahvusvahelisel veeudu konverentsil Prahast, Tšehhi Vabariigis

Nmira, F., Kaiss, A., Consalvi, J.-L., ja Porterie, B. 2008. Predicting fire suppression efficiency using polydisperse water sprays. Numerical heat transfer, 132. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 07.01.2011

Palta, U. 2011. Küsimused tuleohutusfirma esindajale. Autori üleskirjutis. Tallinn. 15.02.2011

Schroll, C. 2006. The essentials of fire safety. Professional safety, 43-44. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 07.01.2011

Shalaby, H. 2010. The Influence of Droplet Size of Water Mist on Extinguishment Fire Plume. Ettekanne rahvusvahelisel veeudu konverentsil Prahast, Tšehhi Vabariigis

Staikouras 2010. What is fire? Ettekanne rahvusvahelisel veeudu konverentsil Prahast, Tšehhi Vabariigis

Standardization Work. IWMA koduleheküljelt

http://www.iwma.net/index.php?option=com_content&view=article&id=48%3Astandards&catid=1%3Alatest-news&Itemid=1&lang=en välja otsitud 04.02.2011

Suslavičius, V., Bogdevičius, M. 2008. New automatic impulse extinguishing device. Transport, 23 (2), 124-125. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 07.01.2011

System comparison. 2009. HI-FOG vs. Traditional sprinkler & Gas systems. Marioff Corporation Oy

Thiry, A., Mimouni, L. 2010. Full scale tests in a 9 storey building using high pressure water sustems with regards to fire safety. Ettekanne rahvusvahelisel veedu konverentsil Prahast, Tšehhi Vabariigis

Water mist system. Logic Associates International Ltd koduleheküljelt http://logiceg.com/System/logic-products.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=28&category_id=6 välja otsitud 28.03.2011

Williams, C., Jackman, L. 2006. An independent guide on water mist systems for residential buildings, 9, 13. Building research establishment koduleheküljelt http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/partb/Water_Mist_Guide_v2.pdf välja otsitud 22.02.2011

Yao, B., Chow, W.K. 2001. Overview on water-mist fire suppression system. Journal of architectural engineering, 59-60. Välja otsitud EBSCOhost andmebaasist 07.01.2011

Душкин, А.Л., Карпышев, А.В., Сегаль, М.Д. 2010. Оптимизация параметров потоков тонкораспеленных огнетушащих веществ. Пожаровзрыво безопасность, 1, 39-40

Поляков, Д.В., Еремин, С.Ю. 2008. Типы современных установок пожаротушения для сащиты складов с высотным стеллажным хранением. Пожаровзрыво безопасность, 5, 75-76

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Soojustundlike pihustusotsikute parameetrid | 15 |
| Tabel 2. Kustutussüsteemide toime võrdlus..... | 19 |
| Tabel 3. Veeudu ja sprinklersüsteemi võrdlus | 23 |
| Tabel 4. VI ja VII kasutusviisiga ehitiste loetelu | 39 |

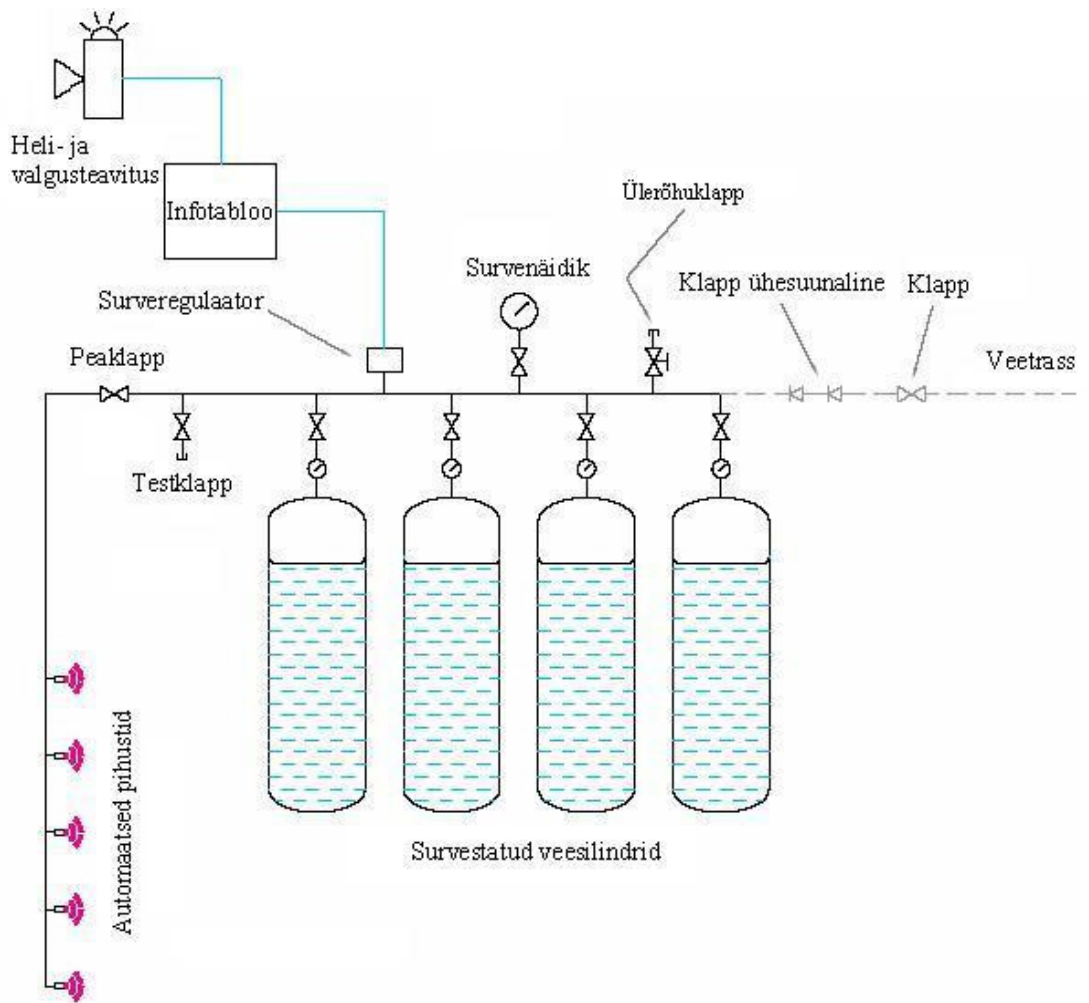
| | |
|---|----|
| Joonis 1. Mitme avaga pihustusotsik | 9 |
| Joonis 2. Veeudu kustutussüsteemi pumbasüsteem..... | 14 |
| Joonis 3. Veeudu kustutussüsteemi pihustusotsik | 15 |
| Joonis 4. Veeudu kustutussüsteemide tootjad | 17 |
| Joonis 5. Kustutussüsteemide maailmaturg | 24 |
| Joonis 6. Veeudu kustutussüsteemi skeem..... | 40 |

LISA 1. VI JA VII KASUTUSVIISIGA EHITISTE LOETELU

Tabel 4. VI ja VII kasutusviisiga ehitiste loetelu (Vabariigi Valitsuse 27.10.2004 määrus nr 315 lisa 1)

| VI kasutusviis | VII kasutusviis |
|--|---|
| Tööstus- ja tootmishitised, milles reeglina viibivad ruume tundvad isikud | Garaažid |
| Bensiinjaam Raudtee infrastruktuuri hoone Telekommunikatsioonivõrgu hoone Maavarade kaevandamise ja töötlemise hoone Energeetikaettevõtte hoone Keemiatööstuse hoone Toiduainetööstuse hoone Ehitusmaterjalide ja -toodete tööstuse hoone Kergetööstuse hoone Puidutööstuse hoone Masina- ja seadmetööstuse hoone Muu tööstusharu tootmishoone Hoidlad ja laohooned Toiduainetööstuse laohoone Sõidukite teeninduse hoone Konteinerite terminali hoone Vedelkütuse-, gaasi- jm terminali hoidlahoone Elevaator või puisteaine hoidla hoone Külmhoone või eriladu Muu tööstuse laohoone Loomakasvatushoone, sealhulgas karuslooma- või linnukasvatus Teraviljakuivati Heinaküün Põllumajandusmasinate remonditöökoda või hoiukuur Metsa-, jahi- või kalamajandushoone Mineraalväetiste või taimekaitsevahendite hoidla Katlamaja, boilerjaam Pumbamaja, kaevumaja Hoone loodushoiu- või puhastusseadmetele Jäätmehoidla hoone Lennukiangaar | Garaažid, välja arvatud teistes hoonetes paiknevad garaažid Allmaa- või pealmaagaraaž Parkimishoone |

LISA 2. VEEUDU KUSTUTUSSÜSTEEMI SKEEM



Joonis 6. Veeudu kustutussüsteemi skeem (Williams, Jackman 2006)

LISA 3. INTERVJUU PLAAN

Tere! Mina olen Georg Kalde, Sisekaitseakadeemia Päästekolledži lõpukursuse tudeng. Kirjutan lõputööd teemal „Veeudu kustutussüsteemi efektiivsus“ ja soovin teada saada Teie arvamust antud teemal.

Minul on Teile järgnevad küsimused:

I Veeudu kustutussüsteem

1. Kuidas Te olete kokku puutunud paikse veeudu kustutussüsteemiga ja saanud selle kohta infot?
2. Kas teate objekte Eestis, kus see süsteem on paigaldatud? Kui jah, siis mis objektid need on?

II Arvamus

3. Kas Te peate veeudu kustutussüsteemi efektiivseks ja miks?
4. Mis on Teie arvates veeudu kustutussüsteemi eelised ja puudused võrreldes sprinklersüsteemiga ja kumba süsteemi peate tulekahju kustutamise seisukohast efektiivsemaks?
5. Veeudu kustutussüsteem on võrreldes sprinklersüsteemiga umbes 20 - 30% kallim. Kas Teie arvates tasub vaatamata kõrgele maksumusele eelistada seda süsteemi ja miks?
6. Mis tüüpi/kasutusviisiga hoonetesse või ruumidesse võiks Teie arvates paigaldada veeudu kustutussüsteemi?
7. Milliseks peate veeudu kustutussüsteemi tulevikku ja levikuvõimalusi Eestis? Mida arvate väitest, et see süsteem asendab tulevikus sprinklersüsteemi?
8. Mis oleksid Teie ettepanekud veeudu kustutussüsteemi parendamiseks?

Tänan vastamast!