

INDREK SAAR

TULETÕRJE SPRINKLERSÜSTEEMID MITTEELUHOONETES: SOTSIAALNE TULU-KULU ANALÜÜS

Uuringuraport

INDREK SAAR

TULETÕRJE SPRINKLERSÜSTEEMID MITTEELUHOONETES: SOTSIAALNE TULU-KULU ANALÜÜS

Uuringuraport

Tallinn 2019



SISEKAITSEAKADEEMIA
ESTONIAN ACADEMY OF SECURITY SCIENCES

Autor tänab kasulike soovitude, nõuannete ja märkuste eest uuringu planeerimisel ja läbiviimisel **Rait Pukki**. Samuti tänab autor **Toomas Kääparini** uuringuraporti käsikirjale tehtud kommentaaride ja tähelepanekute eest.

Autor on tänulik kõikidele uuringu küsitluses osalenud **ehitusettevõtetele** oma aja panustamise eest.

Uuring on valminud Päästeameti ettepanekul Sisekaitseakadeemias 2019. aastal.

Uuringule viitamine: Saar, I 2019, Tuletõrje sprinklersüsteemid mitteeluhoonetes: tulu-kulu analüüs, Sisekaitseakadeemia, Tallinn.

Autoriõigus: Sisekaitseakadeemia 2019

Keeletoimetaja: Siiri Soidro

Küljendaja: OÜ Flagella

ISBN 978-9985-67-302-7 (pdf)

www.sisekaitse.ee/kirjastus

SISUKORD

Sissejuhatus.....	7
1. Uuringu metoodika.....	9
1.1. Üldine lähenemine ja analüüsietapid	9
1.2. Andmete kogumine.....	10
1.3. Kulude ja tulude hindamine, kategoriseerimine ja agregeerimine	13
1.4. Stsenaariumite kirjeldus.....	14
2. Sprinklersüsteemide mõjud	17
2.1. Tulu- ja kulukategooriate määratlemine	17
2.2. Mõjude kvantifitseerimine.....	19
2.2.1. Sprinklerite kulud Eestis ja mujal.....	19
2.2.2. Empiirilised kvantitatiivsed tõendid sprinklerite tulude kohta.....	21
2.2.3. Sprinklersüsteemide rakendamise kogemus Eesti mitteeluhoonetes	23
2.2.4. Uuringus kasutatavad mõjuhinnangud ja kontrafaktuaalne kahju	27
3. Sprinklersüsteemide tulude ja kulude monetariseerimine ja agregeerimine	30
3.1. Sprinklerite nüüdispuhasväärtus.....	30
3.2. Tundlikkuse analüüs.....	31
4. Järeldused	36
Viidatud allikad.....	38
Lisa. Ehitusettevõtete hulgas läbiviidud küsitluse ankeet	41

SISSEJUHATUS

Suur osa tulekahjusid ning nendega seotud inim- ja varakahju tekib hoonetes. Seetõttu on ehitistele kehtestatud tulekahju kiiremat avastamist, tule levikut piiravad ja hoonest kiiremat evakueerimist tagavad nõuded, nagu näiteks erinevate paigaldiste, tuletõkkeseptsioonide või evakueerimisvalgustite olemasolu. Üks selline nõue on paigaldada hoonesse automaatne tuletõrje sprinklersüsteem (edaspidi *sprinkler* või *sprinklersüsteem*), mis käivitub teatud kuumusele reageerides automaatselt ning kustutab tule või lokaliseerib selle kuni päästekomando saabumiseni. Ka Eestis on teatud hoonetes automaatse tulekustutus- ehk sprinklersüsteemi paigaldamine nõutud siseministri määrusega „Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele” (Siseministeerium 2017). Peamiselt on need mitteeluhooned, mistõttu on need hooned ka selle uuringu fookuses.

Kuigi sprinkler on tõhus vahend tulekahju negatiivse mõju vähendamisel ja kontrollimisel, on selle maksumus suhteliselt suur. See on üks põhjus, miks on nende paigaldamise otstarbekus paljude hoonete puhul küsitav – kulud võivad ületada saadavat kasu. Kuigi sprinklerite paigaldamise nõue kehtib peamiselt mitteeluhoonetel, siis tegelikult hukkub seal toimuvates tulekahjudes inimesi väga harva ja inimkahju vähendamine ei ole tingimata piisav argument sprinklerite paigaldamiseks. Lisaks on tuleohutuse tase viimasel aastakümnel Eestis oluliselt paranenud. Tulekahjus hukkunute arv on langenud üle kolme korra, 2017. aastal hukkus tulekahjudes 32 inimest (Statistikaamet 2019a). Ka tulekahjude koguarv on viimasel kümnendil ligikaudu 50% alanenud (Statistikaamet 2019a), seega on tulekahju tekkimise tõenäosus hoonetes samuti kahanenud.

Sellised trendid muudavad sprinklerite paigaldamise vajaduse kaheldavaks. Sprinklerid vähendavad küll teatud kahju tekkimise riski, kuid kui teised ja säästlikumad lahendused viivad kahju tekkimise tõenäosuse ja ulatuse piisavalt väikeseks, ei ole sprinklerite paigaldamine enam kõrge maksumuse tõttu otstarbekas ei hoone omaniku ega ühiskonna vaates. Sama ajal, nagu eespool viidatud, on nende paigaldamine õigusaktidega teatud juhtudel nõutud ja sellega asetatakse ehitussektorile arvestatav majanduslik koormus. Näiteks võivad sprinklersüsteemid mõne hinnangu kohaselt moodustada kuni 2% ehitise kogumaksumusest (Cheaf Fire Officers Association [CFOA] 2013, 12; IFSEC Global 2019).

Sprinklerite majandusliku otstarbekuse ehk tasuvuse küsimust on nii Eestis kui ka mujal uuritud, kuid seda eelkõige eluhoonete kontekstis (vt Kääparin 2013; Fraser-Mitchell & Williams 2012; Butry *et al.* 2007). Sprinklersüsteemide tasuvust mitteeluhoonetes on uuritud vähe. Ühes põhjalikus analüüsis Inglismaal leiti, et sprinkleriga laohoonetes üldpinnaga üle 2000 m² on hoone kulud sprinklersüsteemi elutsükli jooksul 2–5 korda madalamad kui ilma sprinklerita laohoonetes (Fraser-Mitchell *et al.* 2013, 22). Seega viitavad selle uuringu tulemused, et sprinklerite paigaldamine võib tuleohutusega seotud kulusid oluliselt vähendada. Kuid peamiselt on võimalik mitteeluhoonete kohta leida statistikat tulekahju tagajärgede kohta, seda nii sprinklerdamata kui ka sprinklerdatud hoonetes. Sedalaadi kirjeldaval statistikal põhinevad analüüsid kalduvad tuginema suhteliselt vähestele juhtumitele (Hall 2010; Thomas 2002), mistõttu ei ole see kuigi usaldusväärne materjal laiemaks üldistuseks sprinklerite efektiivsuse ja tasuvuse kohta. Eelnevast inspireerituna on selle

uuringu uurimisprobleem järgmine küsimus: kas sprinklerite paigaldamine mitteeluhoonesse on Eestis majanduslikult efektiivne?

Üks metoodiline probleem sellele küsimusele vastuse leidmisel on see, et hooned on väga erinevad nii suuruse, materjali, sisustuse kui ka kasutusviisi poolest. Võib osutada, et ühes hoones on sprinkleri paigaldamine tasuv, teises üsna sarnases hoones mitte. Seega on vaja uurimisprobleemile vastuse saamiseks leida sobiv viis hoonete kategoriseerimiseks ja piiritlemiseks, et määrata hooned, mida analüüsida. Selles uuringus käsitletakse sprinklerite paigaldamise otstarbekust teatud tüüpi mitteeluhoonetes tervikuna, samas arvestuslikult teatud fikseeritud üldpinna kohta. Täpsemalt hinnatakse uuringus sprinklerite sotsiaalset tasuvust kõikides mitteeluhoonetes keskmiselt, v.a majutushoonetes, haiglates ja ravihoonetes ning majapidamisabihoonetes. Need hooned on uuringust välja jäetud, sest need on teatud oluliste tunnuste poolest oluliselt erinevad ja vajavad eraldi käsitlust (kommenteeritakse pikemalt alaosas 1.4).

Kesksed uurimisülesanded valitud hoonetesse sprinklersüsteemi paigaldamise tasuvuse hindamisel on järgmised:

- 1)** analüüsida varasemat kirjandust sprinklerite kulude, efektiivsuse ja tasuvuse kohta;
- 2)** analüüsida Päästeameti statistikat mitteeluhoonetes toimunud tulekahjude, nende tagajärgede ja sprinklersüsteemide rakendumise kohta;
- 3)** analüüsida Eesti ehitusettevõtjate hinnanguid sprinklersüsteemide maksumuse kohta;
- 4)** varasemate uuringute, Päästeameti tulekahjude statistika ja ehitusettevõtjate hinnangute põhjal identifitseerida, kvantifitseerida ja agregeerida sprinklersüsteemi tulud ja kulud valitud mitteeluhoonetes.

Metoodiliselt rakendatakse traditsioonilist kulu-tulu analüüsi, suur hulk sisendandmeid saadakse kirjandusest ja analüüsiraportitest. Kuluandmete kogumiseks viiakse läbi ka küsitlus ning seoste hindamisel rakendatakse Päästeameti tulekahjude andmestiku põhjal lineaarset regressioonianalüüsi.

Analüüsiraport koosneb neljast osas. Esimeses osas antakse ülevaade kasutatud metoodikast, analüüsi eeldustest ja kirjeldatakse hinnatavaid stsenaariume. Teises osas esitatakse mõjude hindamise loogika ja hindamise tulemused. Kolmandas osas toimub mõjude monetariseerimine ja agregeerimine ehk põhitulemuste esitlemine koos tundlikkuse analüüsiga. Viimases osas esitatakse uuringu üldistatud järeldused.

1. UURINGU METOODIKA

1.1. Üldine lähenemine ja analüüsietapid

Uuringus on rakendatud traditsioonilist kulu-tulu analüüsi, mille kirjelduse ja suunised võib leida näiteks Euroopa Komisjoni juhendist „Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects” (European Commission 2015). Analüüsi tasandiks on ühiskond tervikuna, seega võetakse tulude ja kulude hindamisel arvesse üksnes ühiskondlikke alternatiivkulusid ja tulusid. Kasutatakse inkrementaalset lähenemist ehk kõik tulud ja kulud hinnatakse kontrafaktuaalse stsenaariumiga võrreldes, seega arvestatakse üksnes sprinklersüsteemide paigaldamisega täiendavalt (võrreldes kontrafaktuaalse stsenaariumiga) kaasnevaid tulusid ja kulusid. Tulude ja kulude diskonteerimisel rakendatakse diskontomäära 4%. Andmete statistilisel analüüsimisel kasutatakse nii tabelarvutustarkvara Microsoft Excel 2016 kui ka statistikataarkvara Gretl versiooni 1.9.92.

Sprinklersüsteemide tasuvuse hindamisel on otsustuskriteeriumiks diskonteeritud tulude ja kulude vahe. Selle kriteeriumi rakendamiseks on vaja analüüsi käigus tuvastada sprinkleri hoonesse paigaldamise sotsiaalsed tulud, millest tuleb lahutada sotsiaalsed alternatiivkulud. Kui tulud väljendavad rahalist väärtust, mille võrra inimeste heaolu sprinklerite paigaldamise tulemusel suureneb, siis kulud väljendavad väärtust, millest tuleb süsteemide paigaldamise tõttu loobuda. Tulenevalt sprinklersüsteemide pikast elueast leitakse tasuvus ehk tulude ja kulude vahe standardse nüüdispuhasväärtuse (NPV) valemi põhjal:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(H_t - K_t)}{(1 + d)^t}, \quad (1)$$

kus T tähistab sprinklersüsteemi eluiga aastates, t perioodi, H_t tulusid perioodil t , K_t kulusid perioodil t ja d diskontomäära. Summa märk viitab sellele, et iga perioodi diskonteeritud puhastulud summeeritakse üle kõigi perioodide. Arvutused tehakse reaalkväärtustes ehk algperioodi hindades, seega ei arvestata inflatsiooni mõju. Tulude ja kulude võrdlemine valemi (1) põhjal võimaldab tuvastada analüüsitava valiku majanduslikku efektiivsust ehk seda, kas kõikide mõjutatud isikute tulud (nii rahalised kui ka mitterahalised) kokku ületavad nende kulusid. Distributiivsete efektide hindamist see analüüs ei sisalda.

Sisulisel tasandil tehakse analüüs järgmiste üldiste osadena:

1) Hinnatavate stsenaariumite kirjeldamine.

Stsenaariumite kirjeldamine kujutab endast põhistsenaariumi ja kontrafaktuaalse stsenaariumi määratlemist. Põhistsenaariumi all on mõeldud kõiki muutuseid, mille kutsub esile sprinklersüsteemi paigaldamine hoonesse võrreldes kontrafaktuaalse stsenaariumiga, mille korral sprinklereid ei paigaldata. Stsenaariumite määratlemine hõlmab ka konkreetsete hoonetüüpide valikut, millesse

paigaldatava sprinkleri tulusid ja kulusid hinnatakse. See on vajalik, kuna hoone liikide kaupa võivad tulud ja kulud oluliselt varieeruda, sõltuvalt seal asuva vara väärtusest, inimestega hõivatusest ja hoone üldpinnast. Stsenaariumi kirjeldamisel tuleb määrata ka sprinklersüsteemi tüüp, kuna sellest võib sõltuda nende maksumus. Stsenaariumeid kirjeldatakse ja hinnatakse raporti eri osades: selle peatüki viimases alapeatükis avatakse sprinklerite ja hoonetega seotud aspektid, mõjude hindamise peatükis kvantifitseeritakse tulekahjude ja nende tagajärgedega seotud asjaolud.

2) Inkrementaalsete mõjude hindamine.

Teises etapis kaardistatakse ja kvantifitseeritakse kõik olulisemad muutused, mida sprinkleri paigaldamine hoonesse kogu ühiskonnale tervikuna kaasa toob. Inkrementaalse mõju all mõeldakse muutuseid, mis on tingitud sprinklersüsteemide paigaldamisest, võrreldes stsenaariumiga, kui neid ei paigaldataks. Eeldatavalt on siin tüüpilised mõjud ärahoitud surmad, vigastused, varaline kahju, aga ka sprinklersüsteemide paigaldamise ja hooldamise kulud.

3) Hinnatud mõjude monetariseerimine ja agregeerimine.

Kolmandas etapis hinnatakse teises etapis hinnatud mõjud ümber rahalisse väärtusesse ehk need monetariseeritakse. Selleks tuleb mitmele mitterahalisele mõjule (näiteks ärahoitud vigastused) leida varihind ehk sotsiaalne rahaline väärtus. Seejärel leitakse kõikide mõjude rahalise väärtuse nüüdisväärtus, mis summeeritakse, et saada sprinkleri diskonteeritud nüüdispuhasväärtus.

4) Tundlikkuse analüüs.

Analüüsi viimases etapis hinnatakse esiteks kõige ebakindlamate, kuid tulemuste osas oluliste parameetrite väärtuste muutuse mõju sprinklerite tasuvusele. Selleks kasutatakse osalist lähenemist, mille korral uuritakse üksikute muutujate (kas ühe- või kahekaupa) eri väärtuste mõju nüüdispuhasväärtusele. Siin vaadeldakse tulemusi ka tasuvuspunkti loogikast lähtuvalt, millega saab esile tuua neid parameetrite väärtuseid, mille juures muutuvad sprinklerid näiteks mittetasuvast tasuvaks investeringuks või vastupidi. Lisaks sisaldab analüüs Monte Carlo simulatsiooni, mille korral hinnatakse rohkem kui ühe muutuja samaaegse ja juhuslikul teel genereeritud muutuse mõju tulemustele. See võimaldab tulemusi esitada tõenäosuslikult ehk näidata, millisesse vahemikku sprinklerite nüüdispuhasväärtus teatud tõenäosusega jääb. Tegemist on tavapärase ja levinud protseduuriga tulu-kulu analüüsi käigus.

5) Järelduste tegemine.

Lähtudes sprinklerite nüüdispuhasväärtustest ja tundlikkuse analüüsi tulemustest, tehakse üldistavad järeldused sprinklerite tasuvuse kohta mitteeluhoonetes.

1.2. Andmete kogumine

Uuringus kasutatakse andmete kogumiseks peamiselt nelja allika tüüpi:

- 1)** varasemad uuringud ja teadusartiklid, mis puudutavad sprinklersüsteemide mõju ning installaermise ja hooldamise kulu (vt tabel 1);
- 2)** Eestis kehtivad sprinklersüsteemide paigaldamist reguleerivad õigusaktid ja dokumendid;
- 3)** Eesti ehitusettevõtjate seas tehtud küsitluse tulemused sprinklersüsteemide kulude kohta;
- 4)** Päästeameti andmestik perioodil 2008–2017 toimunud tulekahjude kohta.

Nagu tabelist 1 nähtub, siis kasutati varasemaid uuringuid sprinklerite paigaldamise maksumuse, efektiivsuse ja mõju tuvastamiseks, sh kvantifitseeritud kujul. Kuigi mõjusid hinnatakse ka Päästetameti andmestiku põhjal, siis annavad kirjandusest leitavad analüüsid võimaluse hinnata Eesti andmete põhjal modelleeritud hinnangute relevantsust ja realistlikkust.

Tabel 1. Andmete kogumisel kasutatud varasemad uuringud ja teadustööd

Autor ja aasta	Allika tüüp	Meetod	Uuringust saadud info
Yamamoto <i>et al.</i> 2015	Teadusartikkel	Numbriline simulatsioon	Sprinkleri mõju evakueerimise kiirusele ruumist
Wieczorek <i>et al.</i> 2011	Teadusartikkel	Eksperimentaal-uuring	Sprinklerite mõju keskkonnale
CFOA 2013	Raport	Kirjeldav ülevaade	Sprinklerite maksumus
IFSEC Global 2019	Organisatsiooni kodulehekülg	Eksperdi hinnang	Sprinklerite kulud
Business Sprinkler Alliance [BSA] 2019	Organisatsiooni kodulehekülg	Eksperdi hinnang	Sprinklerite kulud
British Automatic Sprinkler Association [BASA] 2006	Uuringuraport	Kirjeldav analüüs	Sprinklerite kulud
Guardian Fire Protection [GFP] 2019	Organisatsiooni kodulehekülg	Eksperdi hinnang	Sprinklerite kulud
Moinuddin <i>et al.</i> 2008	Sümposiooni artikkel	Veapuu meetod	Sprinklersüsteemide reliaablus kõrghoonetes (Austraalias)
Ye <i>et al.</i> 2016	Teadusartikkel	Numbriline simulatsioon	Sprinkleri mõju tulekahju arengule kaubandushoones
Frank <i>et al.</i> 2013	Teadusartikkel	Ülevaateartikkel	Sprinklerite reliaablus ja mõju tulesurmadele ja varakahjule
Ruegg & Fuller 1984	Uuringuraport	Kulu-tulu analüüs	Sprinklerite tulud ja kulud
Brown 2005	Uuringuraport	Kulude analüüs	Sprinklerite kulud
Butry <i>et al.</i> 2007	Uuringuraport	Kulude analüüs	Sprinklerite kulud
Hall Jr 2010	Uuringuraport	Kirjeldav statistika	Sprinklerite efektiivsus ja ebaefektiivsuse põhjused
Thomas 2002	Teadusartikkel	Kirjeldav statistika, regressioonanalüüs	Sprinklerite efektiivsus
Fraser-Mitchell & Williams 2012	Uuringuraport	Kulu-tulu analüüs	Sprinklerite tulud ja kulud eluhoonetes
Fraser-Mitchell <i>et al.</i> 2013	Uuringuraport	Kulu-tulu analüüs	Sprinklerite tulud ja kulud laohoonetes
Center for Economics and Business Research [CEBR] 2014	Uuringuraport	Kulude analüüs	Laohoonetes toimuvate tulekahjude kulud ilma sprinklerita
Bukowski 2002	Veebimaterjal	Ülevaateuurimus	Sprinklerite efektiivsus
Optimal Economics 2017	Uuringuraport	Kirjeldav statistika	Sprinklerite efektiivsus

Õigusaktidest ja dokumentidest kasutatakse siseministri määrust „Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele” (Siseministeerium 2017), majandus- ja taristuministri määrust „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu” (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium 2015) ning standardit „Paiksed tulekustutussüsteemid” (Eesti Standardikeskus 2016). Eelkõige kasutati siseministri määrust selleks, et tuvastada hooned, kuhu on sprinkleri paigaldamine Eestis nõutav. Majandus- ja taristuministri määruse alusel toimus hoonete kategoriseerimine, kuna samast ehitiste liigitusest on lähtunud ka Päästeameti statistika andmebaasis hoonetüüpide struktureerimisel. Tulekustutussüsteemide standard võeti aluseks sprinklersüsteemide defineerimisel ja kirjeldamisel.

Ehitusettevõtjate küsitlusega hinnati sprinklersüsteemide kulusid. Andmeid koguti 2019. aasta märtsist maini. Ehitusettevõtjad valiti sprinklerite kulude hindamiseks seetõttu, et nemad on peatöövõtjatena lähedalt seotud sprinklerite soetamisega, mille hinna nad kannavad eeldatavalt edasi ehitise müügihinda. Seega saavad ehitusettevõtjad indikeerida turul tegelikult ostetavate ja müüdavate sprinklersüsteemide maksumust. Keskse küsimusena uuriti respondentidelt avatud küsimusena perioodil 2012–2019 ehitatud või veel pooleliolevasse hoonesse paigaldatud sprinkleri maksumust, seda nii sprinklerdatud ala ruutmeetri kohta kui ka kogumaksumust.

On teada, et tüüpilised maksumust mõjutavad tegurid on sprinklersüsteemi suurus, sprinklersüsteemi torude materjal ja veevarustuse seisund (GFP 2019; Newport Partners 2013; Fraser-Mitchell & Williams 2012). Näiteks kui veevarustuse tase on piirkonnas nõrk, võib tekkida vajadus lisamahutite järele, mis suurendavad süsteemi maksumust (Fraser-Mitchell & Williams 2012, 28). Samas võib sprinkleri hind sõltuda laohoonetes ladustamise kõrgusest, mis võib nõuda süsteemi ehitamisel erilahendusi (Eesti Standardikeskus 2016, 31–33). Sellest tulenevalt uuriti ehitajatelt ka hoone ja sprinkleri muid asjaolusid, mis aitaksid hinnata, kas ettevõtjate edastatud maksumust võib pidada tüüpiliseks või leidis seal maksumust erakorraliselt suurendavaid või vähendavaid asjaolusid (vt küsimusi raporti lisast).

Küsimustik edastati ettevõtjatele Google'i veebivormil. Valim koostati Eesti Ehitusettevõtjate Liidu (s.a.) liikmete põhjal, mida täiendati avalikkusele enim tuntud suuremate ehitusettevõtetega ning lisaks Google'i otsingumootoriga leitud Eesti ehitusettevõtetega. Valimisse lisati ehituse peatöövõtuga tegelevad ettevõtted. Kokku moodustus valim 49 ehitusettevõttest, kellele saadeti koos kaaskirjaga veebilink küsimustele vastamiseks. Hiljem saadeti valimisse kuulunud ja küsimustikule mittevastanud ettevõtjatele meeldetuletuskiri ning võeti ühendust ka telefoni teel. Lõppkokkuvõttes vastas 20 valimisse kuulunud ettevõtet, et neil ei ole ehitiste sprinklerdamisega kokkupuudet olnud või on olnud üksnes üksikud sellised hooned aastaid tagasi, mille kohta pole võimalik enam andmeid edastada. Mõned ettevõtted keeldusid küsitluses osalemast ja osaga ei olnud võimalik saada kontakti ei e-kirja ega telefoni teel. Lõppkokkuvõttes saadi korrektselt täidetud küsimustikud kaheksalt ehitusettevõtelt.

Päästeameti andmebaasist saadi järgmised andmed tulekahjude kaupa perioodi 2008–2017 kohta: (i) hoone tüüp, (ii) hoone üldpind, (iii) hoone materjal, (iv) rahaline kahju hoonele, (v) rahaline sisustuskahju hoone omaniku hinnangul, (vi) hukkunute arv, (vii) vigastatute arv ning (viii) automaatse tulekustutussüsteemi olemasolu ja rakendumine (Päästeamet 2017, 2018). Andmete põhjal saab ülevaate tulekahjudest ja nende tagajärgedest mitmeluhoonetes hoone tüüpide kaupa ning sprinklersüsteemide olemasolust ja rakendamisest, mis annab esialgse sissevaate sprinklerite senisest rollist ja kasutamisest tulekahjude tagajärgede leevendamisel.

Peamine ülesanne on nende andmete põhjal hinnata esiteks tulekahjude põhjustatud kahju ulatust, seda nii hukkunute, vigastuste kui ka varakahju osas. Teiseks hinnatakse sprinklerite panust varakahju ärahoidmisel.

Selleks analüüsitakse, kas sprinkleri olemasolu saab tulekahju korral seostada väiksema varakahjuga, ja kui saab, siis kui tugev see seos on kvantitatiivselt. Lisaks võetakse arvesse hoone materjali, mis avaldab eeldatavalt samuti tulekahjude tagajärgedele olulist mõju, kuna puithoonetes põleb tulekahju korral üldjuhul suurem pind kui kivi- või metallhoonetes (Jalas *s.a.*).

1.3. Kulude ja tulude hindamine, kategoriseerimine ja agregeerimine

Nagu eespool märgitud, hinnatakse sprinklersüsteemide tulusid ja kulusid selles uuringus ühiskonna vaatenurgast ehk hinnatakse sotsiaalseid tulusid ja kulusid. See tähendab, et arvesse võetakse nii need tulud ja kulud, mida sprinkleri paigaldamise üle otsustajad (lõpptarbijatena hoone omanikud või kasutajad) ise saavad teha ja kannavad, kuid ka need, mis mõjutavad teisi osapooli, näiteks hoonet külastavaid isikuid, kes ei pruugi sprinklersüsteemide olemasolust või puudumisest teadlikudki olla. Majandusteoorias nimetatakse neid tulusid ja kulusid vastavalt eratuludeks ja erakuludeks ning välisteks tuludeks ja välisteks kuludeks. Teisisõnu, sotsiaalsed tulud, mida selles uuringus hinnatakse, on eratulude ja väliste tulude summa, analoogselt mõeldakse sotsiaalsete kulude all erakulude ja väliste kulude summat.

Selles analüüsis sprinklerite eratulusid ja väliseid tulusid eraldi kvantitatiivselt ega rahaliselt ei eristata, sama kehtib kulude kohta. Kuid nende eristamine teoreetilisel tasandil on oluline selleks, et mõista, millist majanduslikku probleemi teatud hoonetes kohustuslike sprinkleritega lahendatakse. See seisneb selles, et sprinklersüsteemi paigaldamise otsust kaldutakse eeldatavalt tegema üksnes eratulude ja erakulude põhjal. Kui erakulud ületavad eratulusid, mis sprinklerite suhteliselt suure maksumuse tõttu võib vabalt juhtuda, siis ei ole era- või juriidilise isiku vaates tasuv sprinklerit hoonesse paigaldada. Kuid kui vaadelda seda olukorda ühiskonna vaates, siis võivad sotsiaalsed tulud sotsiaalseid kulusid ületada ehk väline tulu, mida sprinkleri paigaldamisega saavad kõik ühiskonna liikmed kokku, on piisavalt suur, mistõttu ühiskonna vaatenurgast oleks süsteemi paigaldamine tasuv. Selle uuringu eesmärk ongi välja selgitada, kas mitteiluhoonetes on sotsiaalsed tulud suuremad kui sotsiaalsed kulud ehk kas kehtivad tuleohutusnõuded on majanduslikult õigustatud.

Minnes nüüd konkreetselt tulude arvutamise algoritmi juurde, tuleb arvestada, et sprinkleri tulud tekivad üldjuhul üksnes siis, kui tekib tulekahju, sest tulekahju mittetekkimisel ei ole tuletõrje sprinkleriga võimalik ühtegi inimelu ega ka ühegi euro väärtuses vara säästa. Lisaks sõltub tulude suurus teisest tõenäosuslikust sündmusest ehk sellest, kas sprinklersüsteem rakendub tööle. Seega on oluline tulude kvantifitseerimisel ka need parameetrid arvutustesse kaasata ja neile sobiv väärtus leida.

Selles uuringus arvutatakse sprinklerite tulud perioodil t järgmise valemiga:

$$H_t = \sum_{i=1}^k p \cdot r \cdot H_i^{KF} \cdot E_i^S, \quad (2)$$

kus p on tulekahju tekkimise tõenäosus, r tähistab sprinklersüsteemi tööle rakendumise tõenäosust, H_i^{KF} näitab tulekahju tekkimise korral selle i -nda kulukomponendi väärtust ühiskonnale ilma sprinklersüsteemita (ehk kontrafaktuaalses) hoones, E_i^S väljendab sprinkleri efekti (näiteks hukkunute arvu vähenemist protsentides) i -nda kulukomponendi väärtusele. Summa märk viitab sellele, et kogutulu saamiseks

tuleb sprinkleri tulud (ehk ärahoitud kulud) üle kõigi k kulukomponendi agregeerida. Kulukomponentide all mõeldakse siin kulude eri liike, nagu ärahoitud surmad, vigastused ja varakahju.

Valdav osa sprinklersüsteemide kuludest on sellised, mis tuleb sprinklerite paigaldamisel igal juhul kanda, sõltumata sellest, kas hoones tekib tulekahju või mitte. Seega, peamiseks sprinklerite kuluks on nende soetamise ja paigaldamise maksumus. Samas tuleb arvestada ka seda, et eeldatavalt võimaldab sprinklerite paigaldamine hoonesse teatud kulusid vähendada, näiteks võib sel juhul teha suuremaid tuletõkkeseksioone ja see võib kaasa tuua teatud kulusäästu võrreldes kontrafaktuaalse stsenaariumiga (näiteks saab mingitest vaheseintest loobuda vms). Seega tuleb inkrementaalsete kulude leidmiseks sprinklerite maksumusest lahutada need kulud, mida tuleks teha sprinklerite puudumisel. Kirjeldatud loogika põhjal saab sprinkleri paigaldamise kulud perioodil arvutada järgmise valemiga:

$$K_t = \sum_{u=1}^n K_u^S - \sum_{v=1}^m K_v^{KF}, \quad (3)$$

kus K_u^S on u -nda kulukomponendi väärtus, mis summeeritakse üle n kulukomponendi, K_v^{KF} on sprinklerite puudumisel tehtavate kulude v -nda kulukomponendi väärtus, mis summeeritakse üle m kulukomponendi. Kokkuvõttes leitakse H_t ja K_t kõigi 30 aasta kohta ja need summeeritakse valemi (1) põhjal. Nagu eespool analüüsi etappide kirjeldamisel mainitud, siis uuritakse tulemuse stabiilsust ja kindlust ka tundlikkuse analüüsiga.

1.4. Stsenaariumite kirjeldus

Hinnatavaks **põhiststsenaariumiks** (mille mõju võrreldes kontrafaktuaalse stsenaariumiga hinnatakse) on uuringu tegemise perioodil kehtiva tegeliku olukorra püsimine, mille peamine tunnus on sprinklersüsteemide paigaldamise nõue, mis on kehtestatud siseministri määrusega „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele” (Siseministeerium 2017). Selle määruse kohaselt on Eestis nõutud automaatsete tulekustutussüsteemide paigaldamine järgmistesse hoonetesse:

- hoonesse, kus tuletõkkeseksioon asub läbi kolme või enama korruse;
- mitme korrusega keldrisse;
- enam kui neljakorruselisse hoolekande- ja kinnipidamishoonesse või selle osasse;
- mittetulekindlatesse hoonetesse, mis ületavad teatud korruste arvu, kõrgust, suletud netopinda, kasutajate arvu piirväärtuseid ning teatud kasutusviisiga hoonete, aga ka pööningute ja keldrite tuletõkkeseksiooni piirpindalasid;
- suure pindala või suure eripõlemiskoormusega, kuid seejuures vähevalvatavasse ruumi, milles tekkinud tulekahju võib ohustada ümbrust või põhjustada suurt varalist kahju või kultuuriväärtuse hävimist;
- tuld takistava kolme- kuni neljakorruselise hoone trepikotta, mis tulega kokku puutudes süttib kergesti;
- tuld takistava viie- kuni kaheksakorruselisse hoonesse, mille kandekonstruktsioon on kergesti süttiv;

- hoonesse või selle ossa, kus hoones toimuvast tegevusest, hoone korruse pindalast, korruselisusest, kasutamise otstarbest, kõrgusest või muudest põhjustest tingituna on kasutajate turvalisus väike ja päästetöö tegemine ohtlik.

Nagu loetelust nähtub, siis on sprinklersüsteemi paigaldamise nõue kehtestatud kergesti süttivatesse ja raskesti ligipääsetavatesse hoonetesse. Seal on suur kasu sprinkleri omadusest alustada ilma inimese abita tule suhteliselt varajases faasis automaatset kustutustegevust, andes seeläbi lisaaega nii hoonest evakueerivatele isikutele kui ka vähendades varakahjusid.

Samas on sprinkleritest saadav kasu erinevates hoonetes väga erinev. On ilmne, et sprinklerite tulu on seda suurem, mida suurem on näiteks potentsiaalne põlemise pind ehk hoone suurus, selle sisustuse väärtus, aga ka inimeste arv hoones ja nende liikumisvõime. Seega on analüüs vaja piiritleda hoonetüüpidega, kuhu sprinklerid paigaldataks, et nende tulud ja kulud oleksid ligikaudselt hinnatavad. Mitteeluhooned, mis on selle analüüsi fookuses, saab majandus- ja taristuministri määruse „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu” (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium 2015) loogika põhjal kasutusviisi järgi liigitada järgmiselt:

- majutushooned,
- büroohooned,
- haridus- või teadushooned,
- hoolekande- ja kinnipidamishooned,
- kogunemishooned,
- tööstus- ja laohooned,
- transpordihooned.

Selles analüüsis on kitsendatud uuritavate hoonete valik büroo-, haridus-, teadus-, kogunemis-, tööstus-, lao- ja transpordihoonetele. Välja on jäetud majutus ning hoolekande- ja kinnipidamishooned, mis eristuvad teistest näiteks selle poolest, et need on tavapäraselt ka öösel inimestega hõivatud. Lisaks võib seal viibida piiratud liikumisvõimega isikuid. Mainitud põhjustel võivad ka sprinklerite tulud võrreldes teiste hoonetega oluliselt erineda. Näiteks on kõrghoonete kontekstis Kobes *et al.* (2008) kirjanduse ülevaate põhjal järeldanud, et eriti just majutus- ja ravihoonetes on sprinklerite paigaldamine vajalik kõrge hukkamise riski tõttu. Nende hoonete puhul tuleks sprinklerite mõju tuvastada teisiti, kui seda on tehtud selles uuringus, kuna pole piisavat statistilist põhja, et hinnata kontrafaktuaalset stsenaariumi, kus hoonetes sprinklereid ei ole.

Selles uuringus analüüsitavad hooned võivad olla väga erinevad nii eri hoonetüüpide lõikes kui ka ühe hoonetüübi siseselt. Näiteks on büroohoonete hulgas tihti kõrghooneid, paljudes kogunemishoonetes paiknevad inimesed sageli tihedalt koos, mis on raskendavad asjaolud tulekahju korral evakueerimisel (vt Proulx 2007). On ka loogiline eeldada, et näiteks lao- ja kaubandushoonetes on varakahju tulekahju korral suurem kui büroo- või haridushoones (vt Thomas 2002). Mõnes hoones, nagu näiteks kaubandushooned, on aga suured tuletõkkesektsioonid, mistõttu võib tule levik olla kiirem kui teistes hoonetes. Nendele eristustele vaatamata hinnatakse selles analüüsis valitud hoonete tulused ja kulusid piisava valimimahu tagamiseks agregeeritult, selle piiranguga tuleb tulemuste tõlgendamisel arvestada.

Põhistsenaariumi ühe tunnusena tuleb määrata sprinkleri tüüp. Paiksete tulekustutussüsteemide standardis on kirjeldatud (Eesti Standardikeskus 2016), et sprinklersüsteem koosneb veevarustusest, ühest või enamast sprinklerinstallatsioonist, kusjuures igasse installatsiooni kuuluvad selle juhtsõlm ja torurühmad

sprinklerpeadega. Samas dokumendis on viidatud, et sprinklerid paigaldatakse selleks määratud kohtadesse katuse või lae alla, vajaduse korral ka riulisõrestike vahele allapoole riuleid ning ahjude või pliitide juurde.

Praktikas on kasutusel mitu sprinklersüsteemi tüüpi. Levinud alternatiividest on võimalik valida märgtoru-sprinklereid või kuivtorusprinklereid (Eesti Standardikeskus 2016). Märgtorusprinkleri eelis on see, et vesi on torudes sees ja seetõttu reageerib sprinkler kiiremini kui kuivtorusprinkler, kuhu vee torust läbijooksmine võtab veidi aega ja seega võivad tulud sprinklerist olla madalamad (Cintas 2019; IFSEC Global 2019). Kuivtorusprinklerid on hädavajalikud ruumides, kus vesi võib jääda (Eesti Standardikeskus 2016). Eksisteerib ka teisi sprinklerite tüüpe, levinumad on eelrakendussüsteemid ja *deluge*-süsteemid (Cintas 2019; IFSEC Global 2019; Eesti Standardikeskus 2016).

Selles analüüsis ei täpsustata üht konkreetset sprinklersüsteemi tüüpi, mille tulusid ja kulusid analüüsitakse. Selle asemel on lähtutud praktikast paigaldatavate sprinklersüsteemide tegelikust keskmisest hinnast ja selle vahemikust. Seega eraldi sprinkleri tüüpi ja selle tehnilisi näitajaid ei spetsifitseerita. Sellist lähene-mist toetab uuringu tegemise ajal kehtiv õiguslik keskkond, mille kohaselt on teatud hoonetesse kohustus paigaldada sprinklersüsteem. Seega on eelduseks, et ehitistesse paigaldataksegi praktikas kõige sobilikumad süsteemid, mis ühelt poolt vastavad kehtestatud nõuetele, kuid teiselt poolt ei ole neile kulutatud ebamõist-likul määral ressursse.

Põhistsenaariumi mõjude hindamisel on võrdlusaluseks ehk **kontrafaktuaalseks stsenaariumiks** sprinklersüsteemi mittepaigaldamine analüüsitavatesse hoonetesse. Teisisõnu, kõik tulud ja kulud, mida uuringus hinnatakse, väljendavad sprinkleri paigaldamisega kaasnevaid lisamõjusid võrreldes olukorraga, kui sprinklerit ei ole hoonesse paigaldatud. Nagu eespool valem (3) väljendab, võib see tähendada ka teatud kulude tegemist (valemis (3) K_v^{KF}), kuna sprinklerite mittepaigaldamise korral tuleb piisav tuleohutuse tase saavutada teiste meetmetega. Seega võib kontrafaktuaalse stsenaariumi all mõelda minimaalse tegevusega stsenaariumi (seda tüüpi stsenaariumit nimetatakse ka *do-minimum*-stsenaariumiks, vt European Commission 2015, 26), kus sprinklerite mittepaigaldamise korral tuleb teha teatud lisakulutusi.

Lisaaspektina tuleb arvesse võtta ka tuleohutuse taseme üldist trendi kontrafaktuaalse stsenaariumi korral. Kui see trend on kasvav ehk tuleohutuse tase aja jooksul paraneb, siis väheneb tulekahjudest tingitud nega-tiivne mõju aja jooksul ka ilma sprinklerite paigaldamiseta. Valemis (2) tähendab see muutuja H_i^{KF} väiksemat väärtust hilisematel perioodidel ehk siis, kui $t > 0$. Selle tulemusel kahanevad muude tingimuste samaks jäämisel sprinklerite tulud ning seetõttu ka tasuvust väljendavad puhastulud. Kvantitatiivselt analüüsitakse tulekahjude ja nende tagajärgede tasemeid ja nende muutust ajas nii põhi- kui ka kontrafaktuaalsete stse-naariumite korral järgnevas peatükis.

2. SPRINKLERSÜSTEEMIDE MÕJUD

2.1. Tulu- ja kulukategooriate määratlemine

Tulu- ja kulukategooriad kaardistati selle uuringu jaoks varasemate analüüside põhjal. Kvantitatiivselt hinnatavad tulu ja kulu komponendid on esitatud tabelis 2, mis on ka varasemates sprinklersüsteemide kulude ja tasuvuse uuringutes (Butry *et al.* 2007; Fraser-Mitchell *et al.* 2013; Newport Partners 2013) olnud tüüpiliselt esindatud. Järgnevalt on ülevaاتlikult avatud nende sisu koos allikaviidetega.

Sprinklersüsteemi tulud on sisuliselt säästetud kahju, mis sprinklerita hoones tulekahju korral tekiks. Nendeks on ärahoitud enneaegsed surmad, vigastused ja varakahju nii hoonele kui ka selle sisustusele. Sisult võivad olla need nii era- kui ka välised tulud. Näiteks võivad sprinklersüsteemid säästa nii ehitise omaniku (eratulu) kui ka seal töötava isiku (väline tulu) elu ja vara.

Mitteeluhoonetes on sprinklerite peamine funktsioon ära hoida ja vähendada varakahju, mitte niivõrd inimkahju, kuna üldjuhul on nendes hoonetes muude meetmetega (evakuatsiooniteed ja -valgustid, tuletõkkesektsioonid jms) püütud tagada inimeste kiire evakueerumine. Samas on uuringud kinnitanud, et sprinklerid vähendavad põlevast ruumist evakueerimise aega ja võivad seetõttu tervisekahju vähendada. Yamamoto *et al.* (2015) simulatsioon näitas, et sprinkleri käivitumisel väheneb põlevast ruumist evakueerimise aeg, kuna tulekahju on haaranud väiksema pinna, mis võimaldab kasutada lühimat väljapääsuteed. Samas uuringus leiti ka, et sprinkleri käivitumisel lüheneb aeg, mille jooksul mõjutab põlemisprotsessis tekkiv suits ruumist evakueerujaid, seega võib sprinkleril olla otsene mõju inimeste tervisele, sh vigastuste raskusastmele.

Tabel 2. Uuringus kvantitatiivselt hinnatavate tulude ja kulude kategooriad

Tulukategooriad	Kulukategooriad
- Ärahoitud surmad	- Süsteemi tootmine ja paigaldamine
- Ärahoitud vigastused	- Hooldus
- Väiksem varakahju hoonele	
- Väiksem sisustuskahju	

Sama kinnitab ka Ye *et al.* (2016) analüüs, kes simuleerisid tulekahjude levikut kaubamaja tüüpi hoones, mis oli 80 meetrit pikk, 60 meetrit lai ja 10 meetrit kõrge. Tulemused näitasid, et sellises ruumis levib ilma sprinklerita tulekahju väga kiiresti ehk esimesel korrusel ületaks temperatuur 200 °C kõigest 100 sekundiga ja 150 sekundiga saavutab põlemine täisvõimsuse (*fully developed period*), mis tähendab, et hoonest evakueerimiseks jääb liiga vähe aega. Autorid järeldasid, et kui ruumis oleks aktiveeritud sprinklersüsteem, püsiks tulekahju väikesel alal ja ruumi keskmine temperatuur püsiks alla 65 °C, mis võimaldab turvalist evakueerumist.

Empiiriline fakt on siiski see, et mitteeluhoonetes on hukkunute hulk väiksem eluhoonetega võrreldes. Thomase (2002) analüüs näitas, et USA-s on mitteeluhoonetes hukkunute arv 1000 tulekahju kohta selgelt väiksem kui eluhoonetes. Ka Eestis on 80–90% hoonetulekahjudes hukkunutest surnud eluhoonetes toimuvates tulekahjudes (Uku 2017).

Varakahju vähendamisel on sprinklerid efektiivsed seepärast, et kustutustöö algab automaatselt ja varem, kui seda alustataks päästekomando kohale jõudmisel. Selle tulemusel on ka niiskuskahjustused oluliselt väiksemad, kuna tule kustutamiseks on vaja vähem vett (Hall 2010, 47; Weatherby 2009, 8). Selles uuringus hoonele tekitatud niiskuskahjustusi eraldi ei hinnata. Kuid kuna Päästeameti andmestikus annab tulekahju tekitatud hoone sisustuskahjule hinnangu hoone omanik, siis eeldatavalt võtab tema hinnang arvesse kõiki kahjusid, sealhulgas niiskuskahjusid.

Peamised kulutused on seotud sprinklersüsteemi soetamise ja paigaldamisega, aga ka regulaarse hooldamisega, mis on valdavalt erakulu. Paigaldamise all on mõeldud ka võimalikku lisakulu, näiteks nõrga veevarustuse korral mahutite rajamist. USA-s tehtud kodusprinklerite kulude uuringus (Newport Partners 2013) leiti, et kui veevarustus pole piisav ja tuleb rajada eraldi mahutid, võib sprinklerite paigaldamise kulu sprinklerdatud ala ruutmeetri kohta olla keskmiselt 22% suurem. Fraser-Mitchell *et al.* (2013) arvestasid samuti selle kuluga Ühendkuningriigi kodusprinklerite tasuvusuuringus, kus küsitlusest sprinklerite paigaldajate seas selgus, et veevarustuse kulud võivad sprinklersüsteemi kogumaksumust suurendada kuni 50%. Kuna selles uuringus koguti ehitusettevõtjatelt andmeid kogumaksumuse kohta, siis eraldi kulukategooriana seda ei käsitleta.

Tabelis 3 on esitatud sprinklerite mõjud, mida selles uuringus kvantitatiivselt ei hinnata, kuid mille fikseerimine võib olla vajalik tulemuste üldistamisel ja järelduste tegemisel. Seetõttu on esitatud nendest lühike kirjeldav ülevaade. Esimene nendest on tulekahjust tekkinud keskkonnakahju, mis on olemuselt väline kulu ja mida sprinklerite kasutamine vähendaks tänu tulekahju varasemale kustutamisele. Wieczorek *et al.* (2010) näitasid eksperimentaaluurimusega, et sprinkleriga ruumides põhjustab tulekahju 98% vähem kasvuhoonegaase võrreldes sprinklerita ruumidega. Tulekahju põhjustatud keskkonnakahju ja seega ka sprinkleri ärahoitud kahju sõltub olulisel määral põlevate hoonete ja nende sisustuse materjalidest.

Nii professionaalsete kui ka vabatahtlike päästekomandode tegevuskulu on olemuselt väline kulu ja võib samuti sprinklerite kasutamisel märkimisväärselt väheneda, kuna tulekahjuste kustutustööd kestavad eeldatavalt vähem ning päästetöödel osalevate tuletõrjujate arv võib samuti olla väiksem. Ka veekulu on sprinkleritega tulekahjuste korral väiksem, Wiecezeroki *et al.* (2010) põhjal vähemalt 50% ulatuses. Kuid eeldades, et tööjõukulud on valdavalt püsikulud, siis ei ole ilmselt võimalik neid märkimisväärselt sprinklerite abil vähendada. Veekulu on aga suhteliselt marginaalse tähtsusega võrreldes inim- ja varakahjuga.

Sprinklerid võimaldavad hooneid tuleohutuse seisukohast paindlikumalt disainida. Näiteks saab lubada suuremaid tuletõkkeseksioone või lähtuda madalamatest nõuetest hoones kasutatavate materjalide kohta (BASA 2006, 27). Selliselt on võimalik vähendada nii teatud ehituskulusid kui ka suurendada hoone väärtust, kuna tekib juurde lisapinda ja selle kasutusvõimalusi. Kulu-tulu analüüsi kontekstis tuleb küll arvestada, et osa hoone disaini tuludest saab lugeda pigem tuleohutuse tagamise kuludeks kontrafaktuaalse stsenaariumi ehk minimaalse tegevuse stsenaariumi korral. See tähendab, et kulu-tulu analüüsis tuleks need tulukategooriana käsitlemise asemel hoopis sprinkleri maksumusest lahutada (inkrementaalse kulu leidmiseks, vt valem (3)). Kuna aga neid kulusid ja tulusid selles uuringus ei kvantifitseerida, on see pigem metoodiline asjaolu, mis arvulisi tulemusi ei mõjuta.

Üheks oluliseks tulekahjuste kuluks ja seeläbi sprinklerite tuluks võib olla tulekahjust tingitud äritegevuse peatumise või halvemal juhul ka lõppemise kulu (BASA 2006, 26). Sprinklerite tõttu on kahju väiksem ja ettevõtted saavad kiiremini edasi tegutseda.

Tabel 3. Uuringus mittehinnatavate tulude ja kulude kategooriad

Tulukategooriad	Kulukategooriad
- Väiksem keskkonna- kahju	- Niiskuskahjustused süsteemi volehäire korral
- Professionaalsete päästjate tegevuskulude sääst	- Süsteemi töös hoidmise energiakulu
- Vabatahtlike päästjate tegevuskulude sääst	
- Väiksemad niiskuskahjustused hoones tulekustutustööde tagajärjel	
- Paindlikum hoone disain	
- Äritegevuse jätkumise kasud	
- Kindlustussüsteemi väiksemad administreerimiskulud	

Kindlustuskuludest saab selles uuringus valitud ühiskondlikul analüüsitasandil arvestada üksnes kindlustusteenuste administratiivkulusid, mis oleksid sprinkleritest tuleneva paranenud tuleohutuse korral väiksemad, sest kindlustusteenuste rahaline maht eeldatavalt väheneks. See vabastaks kindlustussektori ressursi ehk väheneks tulekahjude alternatiivkulu. Kindlustusmaksed ise on aga käsitletavad tulusiiretena, mis peegeldavad tulekahjude tekitatud kahju, ja nende lisamine tulude või kulude hulka viiks nende topeltarvestuseni.

Kulukategooriatest on tabelis 3 esitatud kulud, mis tekivad niiskuskahjustustest, kui süsteem rakendub tööle ilma tegeliku vajaduseta, ning süsteemi töös hoidmise energiakulu. Üldiselt ei ole neid kulusid varasemates uuringutes arvestatud. Näiteks saab hinnata volehäire tõenäosust väga väikeseks ja ka sellega kaasnevat kahju mitu korda väiksemaks kui tulekahju korral (Butry 2007, 47; Hall 2010, 47). Ka elektrikulu pole üldjuhul hinnatud, ilmselt seetõttu, et seda peetakse triviaalseks võrreldes teiste kuludega (vt Ruegg 1984, 58).

2.2. Mõjude kvantifitseerimine

2.2.1. Sprinklerite kulud Eestis ja mujal

Sprinklersüsteemide kulude tuvastamiseks koguti andmeid Eesti ehitusettevõtetelt, kokku saadi andmeid kaheksalt ettevõttelt, kes on 2012. aastal või hiljem ehitanud ehitise, kuhu on paigaldatud sprinklersüsteem. See tähendab, et andmeid saadi sisuliselt kaheksa juhtumi kohta, kusjuures need hõlmasid nii tööstus- ja laohooneid, haridus- või teadushooneid, büroohooneid kui ka muid kogunemishooneid. Juhtumite hulgas oli ka kõrghooneid. Kõige enam ehk pooled valimisse sattunud juhtumid olid tööstus- ja laohooned.

Kõikide ehitiste puhul oli tegemist hoonetega, kuhu oli Eestis kehtivate tuleohutusnõuete kohaselt sprinklersüsteemi paigaldamine nõutud. Valimisse sattusid hooned, mis valmisid valdavalt aastatel 2015–2018 või olid uuringu ajal alles valmimisel. Paar hoonet olid ka varasemast ajast. Sprinklerdatud pind moodustas ainult ühe vaadeldud juhtumi puhul oluliselt vähem kui 70%, teistes oli see 80–100%.

Sprinklersüsteemi maksumus jäi vahemikku 18–30 eurot sprinklerdatud pinna ühe ruutmeetri kohta. Kogumaksumused jäid vahemikku 0,25–0,60 miljonit eurot, üksnes ühe objekti maksumuseks oli enam kui

üks miljon eurot. Samas oli selles teistest kogumaksumuselt kallima süsteemi hind sprinklerdatud ala ühe ruutmeetri kohta üks madalamaid.

Oluline on välja tuua, et hinnavahemikku 18–30 eurot/m² kuulusid ka juhtumid, kus oli vaja sprinklersüsteemide rajamiseks soetada ja paigaldada lisamahuteid. Ainult ühel juhul oli maksumus ligikaudu kaks korda kallim võrreldes teistega. Seal oli vaja sprinklersüsteemide paigaldamisel arvestada kõrgladustamisest tingitud erinõuetega. Seega saab andmete põhjal väita, et kulud võivad erineda sõltuvalt hoonetüübist isegi kuni kolm korda. Hinna suurt kõikumist töid küsitluses osalejad esile ka avatud vastustes.

Selleks et saada sprinklersüsteemide maksumusest laiapõhjaline ülevaade, on kulude kohta infot kogutud ka kirjandusest, peamiselt uuringuraportites, aga ka teemat kajastavatelt veebisaitidelt. Osa leitud uuringutest ongi keskendunud sprinklersüsteemide kulude hindamisele, teistes on kulusid sarnaselt selle uuringuga kasutatud pigem sisendina laiemasse analüüsi. Üldiselt on uuringud rohkem keskendunud eluhoonetesse paigaldatavate sprinklerite kulude analüüsimisele.

Newport Partners (2013) raporteerib USAs tehtud sprinklerite kulude uuringus, milles vaadeldi 51 juhtumit ehk kodu, et sprinklerite paigaldamise keskmine kulu ühe ruutjala (ligikaudu 0,0920 m²) kohta on 1,35 USA dollarit (minimaalne maksumus 0,81 dollarit ja maksimaalne 2,47 dollarit), mis teeb ligikaudu 15 eurot ühe ruutmeetri kohta. Kuna sarnane uuring oli tehtud ka viis aastat varem, raporteerisid autorid, et 2008. aastal oli see veidi kõrgem ehk 1,61 dollarit ruutjala kohta (minimaalne maksumus 0,38 dollarit ja maksimaalne 3,66 dollarit). Kääparin (2013, 63–64) kasutas Eestis eluruumides sprinklerite tasuvust uurides hinnapakumisel põhinevat maksumust, mis jäi ühe ruutmeetri kohta 20–24 euro vahele.

Selles uuringus on fookuses mitteleluhoonetesse sprinklersüsteemide paigaldamise kulude tase või selle vahemik. Kogutud andmed on koondatud tabelisse 4. Nähtub, et kulud jäävad valdavalt ühe ruutmeetri kohta 20 ja 40 euro vahele, mis on üsna sarnane sellega, mis selgus Eesti ettevõtjate küsitlemisel. Ka suurima maksumuse tase ehk 70 eurot ühe ruutmeetri kohta on sarnane Eesti ühe juhtumiga, mis eristus teistest ja ületas nende maksumust kaks korda. Ajalooliste hoonete sprinklerdamine võib veel kallimaks osutuda.

Tabel 4. Sprinklersüsteemide soetamise ja installeerimise kulu

Riik	Kulu	Allikas
ÜK	Koolimaja (150 õpilast): 10–15 naela/m ² ehk 12–17 eurot/m ² Avalikud ja kõrghooned: 18–25 naela/m ² ehk 21–29 eurot/m ²	CFOA 2013
ÜK	Tööstushooned: 33–35 naela/m ² ehk 38–40 eurot/m ²	IFSEC Global 2019
ÜK	Büroohooned: 14,7–16,4 naela/m ² ehk 17–19 eurot/m ² Laohooned: 42,3 naela/m ² ehk 49 eurot/m ²	BSA 2019
ÜK	Laohooned: 33–39 naela/m ² ehk 38–45 eurot/m ²	Fraser-Mitchell <i>et al.</i> 2013
ÜK	Kõrge ohutase: 33–39 naela/m ² ehk 38–45 eurot/m ² Keskmine ohutase: 27–37 naela/m ² ehk 31–43 eurot/m ² Madal ohutase: 23–28 naela/m ² ehk 26–32 eurot/m ²	The Architects Journal 2004 ref BASA 2006
USA	Uusehitised: 1–2 dollarit/jalg ² ehk 10–20 eurot/m ² Ärihooned: 2–7 dollarit/jalg ² ehk 20–70 eurot/m ² Kõrghooned: 2–4 dollarit/jalg ² ehk 20–40 eurot/m ² Ajalooolised hooned: kuni 10 dollarit/jalg ² ehk 100 eurot/m ²	GFP 2019
Eesti	Eramu (140 m ²): 20,6 eurot/m ² Korter (60 m ²): 23,3 eurot/m ²	Kääparin 2013

Märkus: dollarid ja naelad on teisendatud eurodeks vahetuskurssidega vastavalt 1 USD = 0,89 EUR ja 1 GBP = 1,15 EUR.

Sprinklersüsteemide soetamise ja paigaldamise kuludele lisanduvad nende hooldamise kulud. Fraser-Mitchell *et al.* (2013) eeldasid oma laohoonete uuringus, et sprinkleri hoolduse kuluks on 1778 naela ehk ligikaudu 2045 eurot aastas. BASA (2006) analüüsis on välja toodud tüüpiliste hoolduskuludena suuremates koolimajades 500–750 naela ehk 575–863 eurot aastas, lao- ja kaubandushoonetes jääb kulu aga vahemikku 750–1500 naela ehk 863–1725 eurot aastas.

Eestis pakub sprinklersüsteemide hooldusteenust näiteks AS G4S ja nende avalikult kättesaadavas hinnakirjas on hoolduse kogumaksumusena näidatud 0,5 eurot sprinklerpea kohta kuus ja seda 100–400 sprinklerpeaga süsteemide puhul (AS G4S Eesti 2017), mis tähendab aastas kulu 600–2400 eurot. Kui eeldada, et üks sprinklerpea katab ära keskmiselt 12 m² pinda (BSA 2019), siis lihtne arvutus näitab, et see hind rakendub üldpinnale ligikaudu 1200–4800 m². Sellise suurusega hoonete sprinklerite hoolduskulu – esitatud arvutuste põhjal 600–2400 eurot – jääb samasse suurusjärku Suurbritannia allikates esitatud kulude tasemega.

2.2.2. Empiirilised kvantitatiivsed tõendid sprinklerite tulude kohta

Järgnevalt on varasemate empiiriliste uuringute põhjal koondatud erinevaid hinnanguid sprinklerite mõjudest, et selle tulemusel jõuda üldistavate kvantitatiivsete hinnanguteni, millest selles uuringus lähtuda. Tuleb arvestada, et sprinklerite tulemuslikkust võivad mõjutada mitmed tegurid. Nagu Hall (2010) oma raportis viitab, siis ei pruugi sprinklerid ära hoida suurt kahju juhul, kui hoone on ainult osaliselt sprinklerdatud, plahvatuse korral, kui süsteem pole töökorras või suletud, aga ka siis, kui hoone sisustus on väga kergesti süttiv ja toetab tule levikut selliselt, et sprinkler ei suuda seda lokaliseerida. Seetõttu ei saa eeldada, et sprinklerdatud ruumides ei ole kunagi näiteks tulekahjus hukkunud või kahju on alati väga väike.

Näitajad, mille kohta varasemaid analüüsitulemusi uuritakse ning mis on esindatud ka valemis (2), on järgmised:

- tõenäosus, et sprinkler rakendub nõuetekohaselt tööle;
- sprinklerite mõju vigastustele;
- sprinklerite mõju hukkunute arvule;
- sprinklerite mõju hoone varakahjule;
- sprinklerite mõju hoone sisustuse varakahjule.

Sprinklerite tulu on otseses sõltuvuses nende töökindlusega, sest kui sprinkler tööle ei rakenduks, siis kaasneb selle soetamisega üksnes kulu ilma tuluta. Sprinklerite töökindlust on uuritud suhteliselt palju. Moinuddin *et al.* (2008) kasutasid veapuu (*fault tree*) meetodit ja hindasid sprinklerite töökindlust Austraalia 23 kõrghoone põhjal ning jõudsid järeldusele, et sprinkleri töö ebaõnnestumise tõenäosus jääb vahemikku 3–14%. Peamised põhjused süsteemi ebaõnnestumisel on üürniku vahetumisel sprinklerklappide väljalülitamine ja sprinkleripea töökindlusega seotud probleemid. Ühendkuningriigi andmetel põhinevas uuringus tuvastati, et sprinkler rakendus tööle 94% nendest juhtudest, kui see oleks pidanud seda tegema (Optimal Economics 2017). Sama uuringu hoonetüüpide kaupa vaadeldud andmed näitasid, et mitteeluhoonetes oli vastav näitaja veidi madalam ehk 92,9%. Lisaks raporteerib Optimal Economics (2017), et kui süsteem rakendus tööle, siis toimis sprinkler 99% juhtudest tulemuslikult ehk kustutas või lokaliseeris tulekahju.

Varasemate ülevaateuurimuste alusel on Bukowski *et al.* (2002) üldistanud 18 uuringu põhjal, et sprinklerite ootuspäraselt tööle rakendumise tõenäosus jääb vahemikku 81,1–99,5%. Samas viitavad autorid, et madalad hinnangud tulenevad kas andmete vähesest usaldusväärsusest või väga väikese valimiga uuringu-

test. Franki *et al.* (2013) ülevaateuurimus sprinklersüsteemide efektiivsusest näitab, et 15 uuringu põhjal jääb sprinklersüsteemide efektiivsus vahemikku 70,1–99,5%. Autorid märgivad, et suhteliselt suur varieeruvus tuleneb erinevast süsteemi efektiivsuse defineerimisest, kus peamine erinevus seisneb selles, millisel määral arvestada juhtumitega, kus sprinkler ei käivitunud. Osas uuringutes on need juhtumid arvestusest välja jäetud ja osas on need loetud süsteemi ebaõnnestumiste hulka.

Suhteliselt keeruline on hinnata sprinklerite mõju hukkunute arvule, kuna mitteeluhoonetes toimuvates tulekahjudes on hukkunuid üsna vähe ka ilma sprinklerita hoonetes. Hall (2010) on USA andmete põhjal siiski hinnanud, et hukkunute arv perioodil 2003–2007 toimunud mitteeluhoonete tulekahjudes 1000 tulekahju kohta on sprinklerdatud juhtudel 25–72% väiksem, kuid on hoonetüüpide kaupa ikkagi üsna erinev. Samas mõnes hoones (laohoonetes) polnud võimalik vähenemist üldse täheldada. Thomas (2002) on analüüsinud vanemaid andmeid USA-s toimunud tulekahjude kohta, täpsemalt aastaid 1983–1995. Analüüsis võrreldi kolme tuleohutusmeetme – tulekindel ja piiratud süttivusega ehitis (vt Thomas 2002, 68), sprinkler ja suitsuandur – efektiivsust erinevates hoonetes. Thomas (2002, 75–76) hindab regressioonianalüüsi tulemusel, et sprinkleritega hoonetes on hukkunute arv 11% väiksem jaemüügihoonetes, 15% väiksem büroohoonetes ja 57% väiksem tööstushoonetes, kuid üle kahe korra kõrgem haridushoonetes. Melinek (1993 ref Frank *et al.* 2013, 16) on omakorda varem väitnud Ühendkuningriigi andmete alusel, et sprinklereid saab seostada sellega, et tulekahjus hukkunuid on 50% vähem.

Varakahju osas raporteeris Hall (2010), et see on sprinklerdatud mitteeluhoonetes 40–70% väiksem mittesprinklerdatud hoonetest. Erandiks olid küll laohooned, kus vähenemine oli 7%, kuid see hinnang põhineb üksnes kuue juhtumi analüüsil ja on statistiliselt väheveenev. Sarnaseid tulemusi on avaldatud ka Ühendkuningriigis, kus sprinklerdatud mitteeluhoonetes on kahju põlenud pinna alusel hinnatud ligikaudu 50% väiksemaks sprinklerdamata mitteeluhoonetega võrreldes (Optimal Economics, 2017). Ka eespool viidatud Thomase (2002) analüüsis on sprinkleritega seostatud varakahju vähenemist büroohoonetes 54%, haridushoonetes 36% ja jaemüügihoonetes 12%. Kuid laohoonete osas tuvastas Thomas hoopis kahjusid oluliselt suurendava efekti. Eluhoonete sprinklerite tasuvusuuringutes USA kontekstis on eeldatud kahju vähenemist 57–68% (Butry *et al.* 2007; Mitchell *s.a.*). Ka varasemast ajast on tõendeid sprinklerite mõju sarnasest suurusjärgust, mis viitab, et sprinklerid vähendavad tõenäosust, et tuli levib hoones 100 m² alale või enam, 80% võrra (Melinek 1993 ref Frank *et al.* 2013, 16).

Tõendid sprinklerite seostamisest ärahoitud vigastustega on varasemates analüüsides kõige hapramad. Thomase (2002) analüüsist nähtub, et peaaegu kõigis selle uuringu fookuses olevates hoonetes (büroo-, tööstus-, haridus- ja jaemüügihoonetes) oli sprinkleritega hoonetes vigastatute arv suurem kui mittesprinklerdatud hoonetes. Siin võib põhjus olla selles, et mittesprinklerdatud hoonetes vigastada saamise oht on lihtsalt väiksem. Lisaks on nende hinnangute piiranguks see, et võrdlus tehti kontrafaktuaalse stsenaariumiga, mille korral ei olnud hoones suitsuandureid ning lisaks oli tegemist kergesti süttiva ja mittetulekindla hoonega. Fraser-Mitchell & Williams (2012) vahendavad siiski tervet hulka eluhoonetega seotud uuringutulemusi USA-st, Kanadast, Ühendkuningriigist ja Uus-Meremaalt. Nende hulgast leiab neli uuringut perioodist 2004–2010, kus on teatatud sprinklerite vigastusi ennetavast efektist. Need jäävad vahemikku 30–84%, samas ühes uuringus ka 0% (Fraser-Mitchell & Williams 2012, 11).

Samast analüüsist leiab ka hukkunute ja varakahju hinnanguid. Perioodil 1997–2010 tehtud üheteistkümnest uuringust (nende hulgas eespool refereeritud Butry *et al.* 2007 ja Hall 2010) ilmnes, et sprinklerite mõjuhinnangud tulekahjus hukkunute vähenemisele varieeruvad 50%-st kuni 100%-ni (Fraser-Mitchell & Williams 2012, 9–11). Mõju varakahjule on raporteeritud üheksas uuringus ja need hinnangud jäävad vahe-

mikku 3,5–90%, kuid suurem osa 50–90% vahele (Fraser-Mitchell & Williams 2012, 12). Fraser-Mitchelli *et al.* (2013) aasta hilisemas uuringus olid fookuses Inglismaa laohooned. Autorid jagasid laohooned suuruse järgi kolme gruppi ning üle 2000 m² pinnaga laohoonetes tuvastasid nad tulekahjude statistika ja Bayesi teooria põhjal järgmised sprinklerite efektid: kahjustatud pinna suurus väheneb 98%, vigastusi on 24–33% vähem ning surmasid 23–31% vähem.

Kirjeldatud uuringute põhjal on koostatud tabel 5, kus on esitatud eri liiki kahju vähenemine, mida saab seostada sprinklerite olemasoluga ja tulekahju korral tööle rakendumisega. Kahju vähenemine on esitatud üldistatud vahemikhinnangutena, mis võetakse aluseks selles uuringus sprinkleri eeldatava mõju hindamisel.

Tabel 5. Varasemad hinnangud sprinklerite mõjude kohta mitteeluhoonetes

Mõjukategooriad	Näitaja (%)
Tööle rakendumise tõenäosus	70–99,5
Vähem tulekahjus hukkunuid	23–70
Vähem tulekahjus vigastatuid	0–33
Väiksem varakahju	40–80

Üldistatult saab uuringute põhjal väita, et sprinkleri töökindlus on väga hea ja suurimat mõju avaldab see varakahjule, vähendades seda oluliselt, aga ka tulekahjus hukkumise riskile. Mõnevõrra väiksemaks on hinnatud sprinkleri efektiivsust vigastuste vähendamisel.

2.2.3. Sprinklersüsteemide rakendamise kogemus Eesti mitteeluhoonetes

Lisaks teistest riikidest kogutud tõenditele analüüsiti ka Eestis toimunud tulekahjude statistikat Päästeameti kogutud andmete põhjal registreeritud tulekahjude kohta. Andmestik sisaldab informatsiooni 19 094 hoonetulekahju kohta aastatel 2008–2017. Selle analüüsi jaoks filtreeriti välja mitteeluhoonetes toimunud tulekahjud, mille tulemusel vähenes andmestik 7655 tulekahjunini. Kuna analüüsi jaoks oli üheks olulisemaks tunnuseks iga tulekahju juures informatsioon sprinklersüsteemide kohta, siis eemaldati andmetest tulekahjud, kus selle kohta infot polnud. Kuna oluliseks muutujaks on ka hoone üldpind, kus tulekahju toimus, siis eemaldati andmetest need juhtumid, kus oli märgitud tulekahju toimumise hoone üldpinnaks alla 10 m² või polnud üldse selle kohta infot, mis kahandas andmestiku 4392 juhtumini.

Kuna andmeanalüüsi peamine eesmärk on tuvastada seos sprinkleri olemasolu ja tulekahju tagajärgede vahel, siis väikese üldpinnaga tulekahjud, mis on tüüpiliselt kioskid, prügikonteinerid jms põlemiskohad, ei võimalda sprinkleri efekti hinnata, sest seal on tule levik piiratud üldpinna väiksuse tõttu. Kuid 10 m² võib juba olla juba ligikaudne kabineti suurus büroohoones.

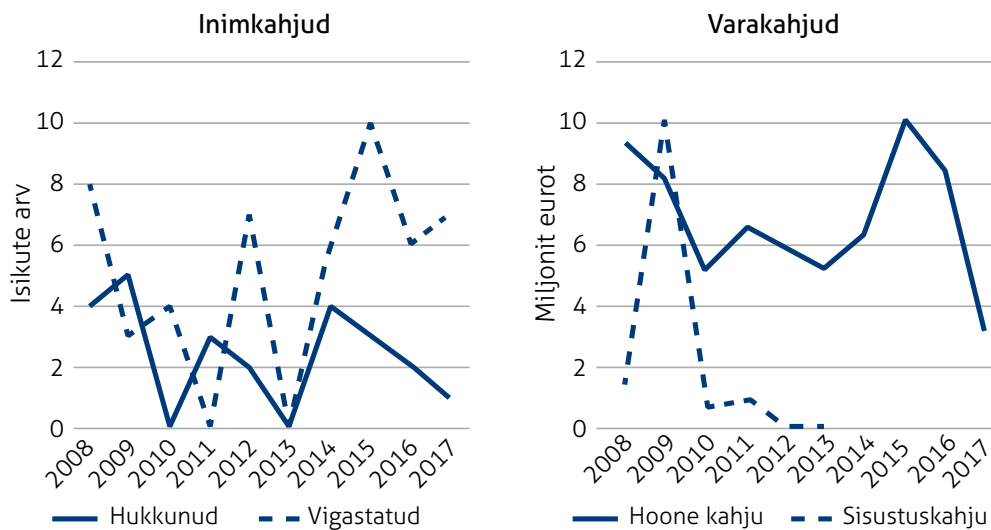
Tabelis 6 on esitatud mainitud 4392 juhtumi põhjal ülevaade tulekahjudest, hukkunute ja vigastatute arvust ning varakahjudest erinevate mitteeluhoonete tüüpide kaupa. Tabeli 6 viimases veerus on näha sprinklerite rakendumise sagedust erinevates hoonetes. Selle info tõlgendamisel tuleb olla ettevaatlik, kuna siin on ilmselt arvestatud kõiki sprinklereid, ka selliseid, mis katavad hoones üksnes teatud väikest ala (näiteks tööstushoonetes kohttõmmete juures asuvad sprinklerid). Lisaks on üle poolte sprinklerite rakendumise juhtumitest registreeritud 2015. aastal, mis võib olla tingitud pigem andmete kogumise, mitte tulekahjudega seotud asjaoludest.

Tabel 6. Tulekahjud, nende tagajärjed ja sprinklersüsteemide rakendamine mitteeluhoonetes Eestis perioodil 2008–2017 (Päästeamet 2017, 2018, autori arvutused)

Hoone tüüp	Tulekahjud	Surmad	Vigastused	Kahju, sisustus (mln eurot)	Kahju, hoone (mln eurot)	Sprinkler rakendus
Büroo	213	1	5	0,01	1,43	8
Haridus	183	1	0	0,00	2,04	9
Kaubandus ja teenindus	280	0	3	0,68	6,24	19
Muud kogunemisehooned	84	0	0	0,00	1,24	3
Muud mitteeluhooned	26	0	1	0,00	0,09	0
Toitlustus	92	0	2	0,01	1,35	4
Transport ja side	365	2	6	0,03	1,67	1
Tööstus ja ladu	789	6	12	0,52	25,79	34
Põllu-, metsa-, jahi-, kala-, majandushooned	333	1	1	0,26	12,17	0
Majapidamisabihooned	1619	14	17	0,15	11,73	0
Muud erihooned	275	0	0	0,07	1,50	3
Haiglad ja ravi	61	0	1	0,00	0,52	2
Majutus	72	0	3	2,02	2,32	5
KOKKU	4392	25	51	3,75	68,09	88

Nagu näha, on sprinklerid rakendunud peamiselt tööstus- ja laohoonetes ning kaubandus- ja teenindushoonetes. Samas tõusevad teiste hulgas esile ka haridus- ja büroohooned. On näha, et kõikidest juhtumitest kolmandik on seotud majapidamisabihoonetega ning nendes on ka kõige enam vigastusi ja hukkunuid. Ka varakahju on nendes tulekahjudes arvestataval tasemel, kuid jääb alla tööstus- ja laohoonetes ning põllu-, metsa-, jahi- ja kalamajandushoonetes tekkinud kahjule.

Joonisel 1 on näidatud kahjude taset kogu vaadeldud perioodil aastate kaupa. Nähtub, et inimkahju on püsitud suhteliselt sarnasel tasemel. Sama kehtib hoonetele tekitatud varakahju puhul. Sisustuskahju andmed piirduvad kuue aastaga, 2008–2013 ning erakorraliselt suur kahju on registreeritud 2009. aastal.



Joonis 1. Tulekahjude põhjustatud inim- ja varakahjud perioodil 2008–2017 (Päästeamet 2017, 2018, autori koostatud)

Selleks et saada esialgne ettekujutus sprinklerite seosest tulekahju tagajärgedega, on tabelis 7 näidatud kahjude taset hoonetes, kus sprinkler tulekahju puhul tööle rakendus, ning hoonetes, kus sprinkler kas puudus või mingil põhjusel ei rakendunud tööle (ei olnud töökorras, sisse lülitatud või oli muu probleem). Nagu nähtub, siis sprinklerite tööle rakendumisel ükski isik tulekahjus ei hukkunud. Vigastatuid oli küll 1000 tulekahju kohta üle nelja korra rohkem kui ilma sprinklerita tulekahjude korral, kuid tegelikult oli selliseid vigastusi kokku üksnes neli. Ka hoonele tekitatud keskmine kulu on sprinkleritega hoonetes üle kahe korra suurem kui ilma sprinklerita hoonetes.

Sprinkleritega hoonete suurem kahju võib olla põhjustatud sellest, et selliste hoonete hulgas oli palju väikese üldpinnaga ruume, kus kahju ei saagi olla suur, isegi kui tulekahju levib kogu üldpinna peale. Üksnes sisustuskahju puhul nähtub sprinkleri oodatud efekt ehk kahju on üle kümne korra väiksem võrreldes sprinkleri mitte tööle rakendumisega.

Tabel 7. Tulekahju tagajärjed sprinklerite rakendumisel ja mitterakendumisel Eestis perioodil 2008–2017 (Päästeamet 2017, 2018, autori koostatud)

Hoone tüüp	Sprinkler puudus või ei rakendunud	Sprinkler rakendus	Kokku
Surmad 1000 tulekahju kohta	558	0,00	5,47
Vigastused 1000 tulekahju kohta	10,96	45,45	11,65
Keskmine kahju, hoone (eurot)	15 128,58	33 854,50	15 503,78
Keskmine kahju, sisustus (eurot)	3213,72	237,36	3162,34

Sprinklerite tööle rakendumise ja tulekahjude varakahju seoste detailsemaks analüüsimiseks kasutatakse regressioonanalüüsi. See võimaldab kontrollida ka lisategureid, mis võivad lisaks sprinklerile varakahju ulatust mõjutada. Üheks selliseks on hoone materjal. Näiteks on Jalas (s.a.) raporteerinud, et puithoonetes on tulekahju levik suurem. Seetõttu lisatakse regressioonmudelitesse ühe sõltumatu muutujana hoone materjali väljendav fiktiivne muutuja, mille väärtus on 0, kui hoone materjal on kivi või metall, ja 1, kui tegemist on kas puit- või puitkivihoonega.

Kuna nii kulud kui ka tulud arvestatakse ühe ruutmeetri kohta, siis teisendatakse ka varakahju üldpind ühe ruutmeetri kohta. Üldpind näitab tule potentsiaalse leviku ulatust ja seega on regressioonanalüüsi abil võimalik teada saada, millisel määral saab sprinklerit seostada varakahju vähenemisega üldpinna ühe ruutmeetri kohta. Analüüsi jaoks puhastatakse täiendavalt andmeid ehk hoonekahju mudelite jaoks eemaldatakse tulekahjud, kus hoonekahju hinnang puudub või on see märgitud puuduvaks. Samamoodi käitutakse sisustuskahju mudelite jaoks andmete ettevalmistamisel sisustuskahju andmetega. Tulemuste tõlgendamisel on seega oluline meeles pidada, et seoseid on hinnatud nende juhtumite põhjal, kus ilmneseid ja kus registreeriti ka vähemalt minimaalne varakahju. Kõikide tulekahjude hulgas on hinnatav seos sprinkleri ja varakahju muutuse vahel suure tõenäosusega mõnevõrra madalam, sest kui pole kahju, pole võimalik sprinkleril seda vähendada. Kuna sisustuskahju oli erakordselt suur aastal 2009 (vt joonis 1), siis tulemuste moonutuse minimeerimiseks eemaldati sisustuskahju mudelite hindamisel kõik selle aasta näitajad. Selle tulemusel hinnatakse regressioonimudeleid 538 juhtumi põhjal sisustuskahju ja 2773 juhtumi põhjal hoonekahju analüüsimiseks. Mudeleid hinnatakse nii originaal- kui ka logaritmiskaalal (kus on sõltuvast muutujast enne mudeli hindamist võetud naturaallogaritm), sest viimane võib anda paremaid tulemusi, kui sprinklerite efekt juhtub olema mittelineaarne. Näiteks on mõistlik eeldada, et sprinklerite olemasolu hoonetes ei vähenda kahjusid üldpinna

ruutmeetri kohta eri suurusega hoonetes mitte mingi kindla rahasumma väärtuses, vaid pigem suhteliselt ehk mingi protsendi võrra. Samuti aitab see vähendada inflatsioonist tulenevaid moonutusi, kus kõrgema hinnatasega aastatel võib sprinkleri efekt olla absoluutväärtuselt suurem väiksema hinnatasega aastatest. Tulemused on esitatud tabelis 8.

Nagu on tabelist 8 näha, siis sprinklerite fiktiivse muutuja koefitsient on negatiivne kõigis neljas mudelis, nii nendes, kuhu on lisatud hoone materjali muutuja, kui ka ilma selleta. Statistiliselt on usaldusväärsemad logaritmskaalal hinnatud mudelid, kus mõlemad mudelisse lisatud sõltumatud muutujad on statistiliselt olulised olulisuse nivool 5%. Koefitsienti $-2,6$ saab tõlgendada järgmiselt: hoonetes, kus rakendus tööle sprinkler, oli varaline kahju hoonele 83,5% väiksem ilma sprinklerita tulekahjust. Sisustuskahju koefitsiendi $-1,1$ analoogne efekt on 66,7%. Nagu näha, siis materjali fiktiivse muutuja koefitsient on märkimisväärne ja statistiliselt oluline, viidates ka selle olulisele seosele varakahjuga.

Tabel 8. Tulekahjude põhjustatud vara- ja inimkahju seosed sprinkleri tööle rakendumisega

Sõltumatud muutujad	Originaalskaalal				Logaritmskaalal			
	Hoone kahju	Hoone kahju	Sisust. kahju	Sisust. kahju	Hoone kahju	Hoone kahju	Sisust. kahju	Sisust. kahju
Vabaliige	137,1**	79,5**	64,8**	56,4**	3,3**	2,3**	2,0**	0,9**
Sprinkler	-94,1**	-47,1*	-49,6	-41,2	-2,6**	-1,8**	-2,2**	-1,1**
Materjal	-	106,4**	-	13,1	-	1,9**	-	1,7**

Märkus: ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

Kuna tabelist 6 ilmnes, et majapidamisabihoonetes toimub sisuliselt kolmandik tulekahjusid ning ka suur osa vigastusi ja tulesurmasid, hinnati regressioonimudeleid ka ilma majapidamisabihooneteta, kuna nende hulgas on suhteliselt palju väikese üldpinnaga juhtumeid, mis võib tulemusi moonutada. Lisaks eemaldati tulenevalt selle uuringu fookusest tulekahjud, mis toimusid majutushoonetes ning haiglates ja ravihoonetes. See vähendas sisustuskahju jaoks andmestiku 343 ja hoonekahju jaoks 1628 juhtumini.

Tabelis 9 esitatud mudelid viitavad, et majapidamisabi-, ravi- ja majutushoonete eemaldamine ei mõjuta oluliselt tulemust. Lähtudes logaritmskaalal hinnatud mudelitest, saab väita, et sprinklereid saab seostada 79,8% väiksema varalise kahjuga hoonele ja 77,7% väiksema varalise kahjuga sisustusele. Mõlemad seosekoefitsiendid on statistiliselt olulised olulisuse nivool 5%.

Tabel 9. Tulekahjude põhjustatud vara- ja inimkahju lineaarsed seosed sprinklerite tööle rakendumisega (ilma majapidamisabi-, ravi- ja majutushooneteta)

Sõltumatud muutujad	Originaalskaalal				Logaritmskaalal			
	Hoone kahju	Hoone kahju	Sisust. kahju	Sisust. kahju	Hoone kahju	Hoone kahju	Sisust. kahju	Sisust. kahju
Vabaliige	96,7**	67,2**	107,2**	66,6*	2,6**	2,1**	1,6**	1,0**
Sprinkler	-52,4**	-32,5	-92,8	-52,2	-1,9**	-1,6**	-2,2**	-1,5**
Materjal	-	89,3**	-	106,2*	-	1,4**	-	1,7**

Märkus: ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

Eestis toimunud tulekahjude statistika ja selle analüüsi põhjal saab üldistavalt väita, et kuigi Eestis on sprinklerid tööle rakendunud suhteliselt harva, viitavad tulemused, et sprinkleri olemasolu hoones võib oluliselt mõjutada varakahju ulatust. Oluline on ka tähele panna, et hinnatud seosed nii hoone- kui ka sisustuskahju osas jäävad varasemate uuringute põhjal tuvastatud varakahju vahemikhinnangu (vt tabelis 5 allaosas 2.2.2) ülemisse poolde.

2.2.4. Uuringus kasutatavad mõjuhinnangud ja kontrafaktuaalne kahju

Eelneva analüüsi põhjal on sprinklersüsteemide tulude ja kulude hindamiseks vaja jõuda konkreetsete väärtusteni, mida analüüsis rakendada. Need väärtused, mida mõjude monetariseerimisel ja puhasnüüdisväärtuse leidmisel kasutatakse, on esitatud tabelis 10. Kuna analüüs tehakse 100 m² kohta, on ka kõik näitajad tabelis 10 esitatud 100 m² kohta.

Tulekahju tekkimise tõenäosuse leidmiseks mitteeluhoonetes kasutati Euroopa Liidu hoonete andmebaasi (European Commission *s.a.*), mille kohaselt oli Eestis 2013. aasta seisuga 19 780 mitteeluhoonet kogupinnaga 12,5 miljonit m². Selles uuringus kasutatud andmestikus, millest olid väiksema kui 10 m² suurusega ja puuduva üldpinna infoga juhtumid eemaldatud, oli keskmine üldpinna suurus 975 m². Kokku oli mitteeluruume ilma 10 m² suuruse pindadeta (kuid koos üldpinna infoga juhtumitega) 7216 juhtumit. Kombineerides omavahel neid kaht arvu, st 975 ja 7216, saab hinnata, et tulekahju tekkis perioodil 2008–2017 üldpinnal suurusega 7 035 600 m² ehk ühes aastas üldpinnal 703 560 m². Mitteeluhoonete kogupinnast moodustab see ligikaudu 0,0563. Kuna tulemus väljendab tulekahju tekkimise tõenäosust kogu uuritava perioodi jooksul, siis jagame selle koefitsiendiga 1,5 ja saame selles uuringus kasutatavaks tõenäosuseks 0,0375. Koefitsient 1,5 valiti seepärast, et uuritaval perioodil on tulekahjude koguarvu vähenemine olnud ligikaudu kahekordne, mistõttu vajas perioodi keskmine 0,0563 1,5-kordset kohandamist, et see väljendaks tegelikkust 2010-ndate teisel poolel. Näiteks Fraser-Mitchell *et al.* (2013, 69) hindasid tulekahjude tekkimise tõenäosuseks 0,0065 laohoonetes üldpinnaga kuni 2000 m² ja 0,0817 laohoonetes üldpinnaga üle 10 000 m². Selles uuringus kasutatu jääb samasse vahemikku.

Tabel 10. Põhieeldused sprinklersüsteemi mõjude kvantifitseerimisel 100 m² kohta

Kahju liik	Tulekahju tekkimise tõenäosus ^a	Kontrafaktuaalne kahju (keskmiselt 100 m ² kohta) tulekahju korral	Sprinkleri tööle rakendumise tõenäosus	Sprinkleri efekt
Surmad (isikut)	3,75*10 ⁻²	7,10*10 ⁻³	90%	-50%
Vigastused (isikut)	3,75*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	90%	-20%
Hoonekahju (eurot)	1,67*10 ⁻²	9672,98	90%	-80%
Sisustuskahju (eurot)	1,67*10 ⁻²	10 718,64	90%	-60%

Märkus: inimkahju puhul väljendab tõenäosus tulekahju tekkimise tõenäosust, kuid varakahju puhul varakahju põhjustava tulekahju tekkimise tõenäosust.

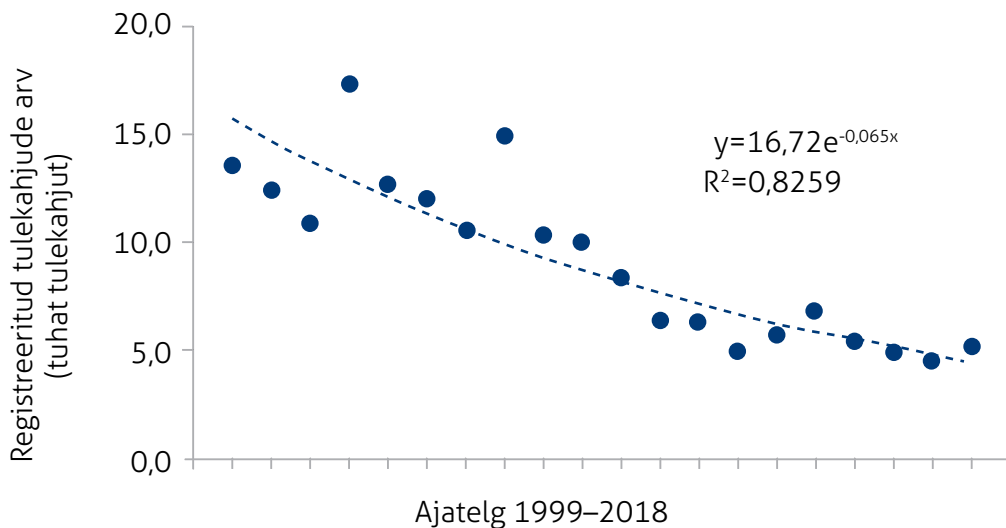
Üldpinna keskmine suurus hoonetes, kus tulekahju põhjustas varakahju hoonele, oli uuritaval perioodil Eestis 1052 m². Kokku oli selliseid tulekahjusid, kus tekkis hoonele varakahju, kuid üldpind oli suurem kui 10 m² (kuid mis sisaldasid ka neid juhtumeid, kus üldpinna kohta info puudus), 2979 juhtumit. Kombineerides ka

siin arve 1052 ja 2970, saab hinnata, et varakahjuga tulekahjud olid seotud üldpinnaga 3 124 440 m² kogu perioodil 2008–2017, mis tähendab ühes aastas keskmiselt 312 444 m². Mitteeluhoonete kogupinnast moodustab see ligikaudu 0,0250, mida koefitsiendiga 1,5 kohandades saame 0,0167 antud uuringus kasutatavaks varakahjuga tulekahju tekkimise tõenäosuseks mitteeluhoonetes.

Teises veerus on esitatud kahjude tase kontrafaktuaalse stsenaariumi korral, täpsemalt hukkunute arv, vigastatute arv, varakahju hoonetele ja varakahju sisustusele, kõik 100 m² kohta. Need on leitud juhtumite põhjal, kus sprinkler ei rakendanud. Välja on jäetud majutus- ja ravihooned, aga ka majapidamisabihooned (viimases toimus suur osa surmajuhtumitest), kuna nende hoonete mitte-eemaldamine võib viia selle uuringu fookuses olevates hoonetes hukkunute ülehindamisele. Pärast andmete eemaldamist jäi valimisse 11 hukkumist, seega keskmiselt 1,1 hukkunu aastas. Igale tulekahjujuhtumile leiti hukkunute ja vigastatute tase 100 m² kohta ning seejärel leiti saadud väärtuste keskmine üle kõigi juhtumite.

Hoone- ja sisustuskahju leidmisel 100 m² kohta lähtuti üksnes juhtumitest, kus kahju on suurem kui 0. Tabelis 10 esitatud väärtused 9672,98 ja 10 718,64 on kõikide nende juhtumite keskmine kahju eurodes 100 m² kohta.

Tasuvuse arvutused tehakse selles uuringus nii konstantse ehk püsiva kui ka langeva kahju eeldustel. Esimesel juhul ajalist dünaamikat ehk kahju taseme võimalikku muutust ajas ei arvestata ja lähtutakse perioodi 2008–2017 tuleohutuse üldisest keskmisest tasemest. Teisel juhul lähtutakse lähimineviku trendidest (vt joonis 2) ning eeldatakse, et ligikaudu sarnane trend tuleohutuse tasemel jätkub ka järgneva 30 aasta jooksul. Kui näiteks tuleohutuse tase aja jooksul paraneb, siis sisuliselt kontrafaktuaalse stsenaariumi jaoks tähendab see pidevat kahju taseme langust, mis mõjutab otseselt sprinklerite diskonteeritud puhastulu ja tasuvust.



Joonis 2. Päästeteenistuses registreeritud tulekahjude eksponentsiaalne trend perioodil 1999–2018 (Statistikaamet 2019b, 2019c, autori koostatud)

Kahju taseme languse määra leidmiseks vaadeldi kõikide tulekahjude trendi perioodil 1999–2017, sest eeldatavalt peegeldab see hoonetulekahjude trendist paremini tuleohutuse taseme üldiseid muutuseid ühiskonnas tervikuna. Andmed sobitati vähimruutude meetodil hinnatud eksponentsiaalse trendijoonega (vt joonis 2). Determinatsioonikordaja R^2 näitas selle mudeli paremat kirjeldatuse taset võrreldes näiteks lineaarse või logaritmilise trendiga. On ka loogiline eeldada, et tulekahjude taseme absoluutmuutus ajas kahaneb, mida madalamale tasemele tulekahjude arv langeb. Joonisel esitatud mudeli mittelineaarne kuju sisuliselt

seda väljendabki. Selle mudeli võrrandi mõlemat poolt logaritmides on võimalik see teisendada lihtsamini tõlgendatavale kujule. Ajatrendi parameetri koefitsienti $-0,065$ näitab, et igal aastal langeb tulekahjude tase võrreldes eelneva aastaga keskmiselt ligikaudu 6,3%. Seda määra kasutatakse selles analüüsis kahju languse määrana kogu tasuvusanalüüsi perioodi jooksul.

Tabeli 10 kolmandas veerus esitatud sprinklerite tööle rakendumise tõenäosus on üldistus eelnevast analüüsist, kus enamikus uuringutes jääb see 80% ja 99% vahele. Viimases veerus on aga esitatud sprinklerite suhteline keskmine mõju protsentides. Hoone- ja sisustuskahju mõjud on saadud alapeatükis 2.2.3 esitatud regressioonianalüüsi tulemustest Eesti tulekahjude andmete põhjal. Samas jäävad need vahemikku, mida on näidatud varasemates teiste riikide uuringutes ja raportites (vt tabelit 5 eespool). Sprinklerite keskmine mõju enneaegsele suremusele ja vigastustele põhineb varasematel uuringutel. Tabelis 5 esitatud sellealane üldistus viitab, et empiirilised tõendid sprinklerite mõjust vigastustele on veidi ebakindlamad ja nõrgemad kui surmajuhtumitele. Sama saab väita ka Eesti andmete põhjal, kus sprinkleri käivitumisel ei ole surmajuhtumeid ette tulnud, küll aga vigastusi. Nende muutujate ebakindluse tõttu vaadeldakse tundlikkuse analüüsis tabelis 10 esitatud väärtuste muutuse mõju lõpptulemustele põhjalikumalt.

3. SPRINKLERSÜSTEEMIDE TULUDE JA KULUDE MONETARISEERIMINE JA AGREGEERIMINE

3.1. Sprinklerite nüüdispuhasväärtus

Sprinklersüsteemide tulude ja kulude agregeerimiseks on vaja kõik hinnatud mõjud monetariseerida ehk leida nende rahaline väärtus. Varakahju ongi juba algandmetes rahas mõõdetud, seega neid eraldi teisendada pole vaja. Sprinkleritega tulekahjust päästetud hukkunud ja vigastatud tuleb aga konverteerida eurodeks. Selleks lähtutakse Korzhenevychi ja Dehneni (2014, 23) avaldatud hinnangutes, mille kohaselt on Eestis 2010. aasta hindades õnnetuses kaotatud statistilise inimese väärtuseks 1,163 miljonit (ostujõu pariteedi alusel), kerge vigastuse rahaline väärtus on 11 200 eurot (ostujõu pariteedi järgi). Kuna Eesti SKP ostujõu pariteet Euroopa Liidu keskmise suhtes oli 2010. aastal 0,67 (Eurostat 2019) ning et perioodil 2010–2018 on majandus reaalkasvatuse kasvanud 1,3 korda (Statistikaamet 2019d), siis kohandati vastavalt ka inimese ja vigastuse väärtuseid. Inimese varihinnaks saadi 2,26 miljonit eurot ja kergete õnnetuste varihinnaks 21 731 eurot. Selles uuringus kasutatakse tulude ülehinnamise vältimiseks vigastuse rahalise väärtusena kerge vigastuse väärtust.

Tulude ja kulude agregeerimisel on eeldatud, et sprinklerite mittepaigaldamine ei too kaasa olulisi lisakulusid. Teisisõnu on eeldatud, et valemi (3) liige $\sum_{v=1}^m K_v^{KF} = 0$. Praktikas võib kindlasti olla juhtumeid, kus sprinklerite mittepaigaldamine tähendab lisakulusid muudele tuleohutusmeetmetele, nagu näiteks tuletõkkeseksiooni rajamine. Selline valik tähendab, et sprinklerite inkrementaalsed kulud on tõenäoliselt mõnevõrra ülehinnatud ja puhastulud seetõttu madalamad.

Tulude ja kulude agregeerimisel eeldatakse, et sprinklersüsteemi eluiga on 30 aastat, mis on võrreldes varasemate uuringutega pigem lühike aeg. Näiteks Fraser-Mitchell *et al.* (2013, 63) eeldasid keskmiselt 45-aastast eluiga. Butry *et al.* (2007, 15) kasutasid kodusprinkleritel 30 aasta eeldust ja Kääparin (2013) eeldas samuti kodusprinklerite elueaks 50 aastat.

Tulemused, nii diskonteerituna kui ka diskonteerimata, on esitatud tabelis 11. Esimeses veerus on diskonteerimata tulemused, teises diskonteeritud ja kolmandas on lisaks diskonteerimisele eeldatud kontrafaktuaalse kahju ajas vähenemist 6,3% aastas. Ajas vähenemise määra rakendati arvutustes tegelikult realiseeruvale kontrafaktuaalsele kahjule, mitte eraldi tulekahju tõenäosusele ega tulekahju korral tekkivale kahjule.

Tulemused näitavad, et sprinklersüsteemid on efektiivsed ja nende tulud ületavad selgelt kulusid. Suurim tuluaallikas on ärahoitud surmad. Samas jääb varaline kahju kokku sellele alla üksnes ligikaudu 20%. Ühtlasi on näha, et kui eeldada püsivaid kontrafaktuaalseid kahjusid (teine tulude ja kulude veerg), siis kõik tulu-

komponendid peale vigastuste ületavad ka eraldivõetuna sprinkleri kulusid. Seega, isegi kui sprinklerid ei päästaks ühtegi inimest, siis ainuüksi hoonekahju kahanemisest tulenev sääst ületab sprinklerite paigaldamiseks tehtud kulud. See kehtib ka loomulikult vastupidi: varakahju puudumisel piisab sprinklerite tasuvuse saavutamiseks inimeste säästmise argumentidest. Kui eeldada iga-aastaselt 6,3% vähenemist kontrafaktuaalseid kahjusid, siis kuigi sprinklerid on endiselt tasuv hoonetesse paigaldada, siis üksnes päästetud eludest saadud sotsiaalne tulu ületab ka eraldiseisvana sprinkleri kulu.

Tabel 11. Sprinklersüsteemide tulud ja kulud 100 m² kohta

Tulu ja kulu komponendid	TULUD JA KULUD		
	Diskonteerimata (T=30)	Diskonteeritud (T=30, d=4%)	Diskonteeritud (T=30, d=4%, δ=6,3%)
KULUD KOKKU	1900,0	1249,2	1249,2
Kapitalikulud	400,0	384,6	384,6
Hoolduskulud	1500,0	864,6	864,6
TULUD KOKKU	14 581,2	12 606,9	6768,4
Surmad	8132,3	4687,5	2516,6
Vigastused	72,6	41,8	22,5
Hoonekahju	3482,3	2007,2	1077,6
Sisustuskahju	2894,0	1668,1	895,6
PUHASTULUD	12 681,2	7155,4	3263,1

Märkus: T – perioodide arv, d – diskontomäär, n – sprinklersüsteemi eluiga, δ – tuleohutuse paranemise määr aastas kontrafaktuaalse stsenaariumi korral (ehk H^{KF} suhteline muutus valemis (2)).

Oluline on tähele panna, et tulemusi saab tõlgendada ruutmeetripõhiselt. Kuna tabelis 11 esitatud tulemused kehtivad 100 m² kohta, siis saab nende põhjal väita, et keskmiselt ühte 100 m² mitteeluhoonesse sprinkleri paigaldamise investeeringu puhasnüüdisväärtus ühiskonna jaoks on 3300–7200 eurot. Samamoodi saab väita, et hoone puhul, mille üldpind on 1000 m², oleks see kümme korda suurem ehk 33 000 – 72 000 eurot. Tegelikuses ei pruugi seos tasuvuse ja hoone pinna vahel olla lineaarne, seega pigem saab tulemust tõlgendada kui erineva suurusega mitteeluhoonete keskmine. Pole välistatud, et teatud liiki, teatud suuruse ja teatud sisustusega hoonetesse võib sprinkleri paigaldamine osutuda ka mittetasuvaks.

Kuigi selles uuringus vaadeldi kulusid üksnes pinnaühiku ehk ruutmeetri põhjal, siis saab sprinklersüsteemi kulud jaotada ka püsikuludeks (see osa, mis sprinklerdatud pinnast oluliselt ei sõltu) ja muutuvkuludeks. Kui püsikulude osa osutub väga suureks, võib väiksema üldpinnaga hoonetes osutuda sprinkler liialt kulukaks võrreldes tuludega. Kui näiteks suhteliselt väikeses hoones on probleeme veevarustusega ja tuleb paigaldada eraldi mahuti, võib ka see muuta kulud võrreldes tuludega liialt suureks.

3.2. Tundlikkuse analüüs

Analüüsi tulemused on üsna veenvad ja viitavad üheselt, et sprinklerite paigaldamisega kaasnevad tulud ületavad sprinklerite paigaldamise ja hooldamisega seotud kulud, seda vähemalt kõikide hoonete peale

keskmiselt. Samas on arvutused tehtud perioodi 2008–2017 andmete põhjal ja juba 2019. aastal võib olukord olla veidi teistsugune. Näiteks võib nii hukkunute, vigastatute, aga ka tulekahjude koguarv olla vähenenud või võib see väheneda tulevikus. Tulekahjustest tuleneva kahju vähenemine vähendab ka sprinklerist saadavat kasu. Seega on tundlikkuse analüüsi üks eesmärk näidata seda, millistel tingimustel ei ole sprinklerite paigaldamine tasuv. Seda tehakse muu hulgas Monte-Carlo simulatsiooni kaudu, et anda sprinklerite nüüdispuhasväärtusele ka tõenäosuslik vahemikhinnang, kuna mitme sisendparameetri täpse väärtuse suhtes valitseb suur ebakindlus.

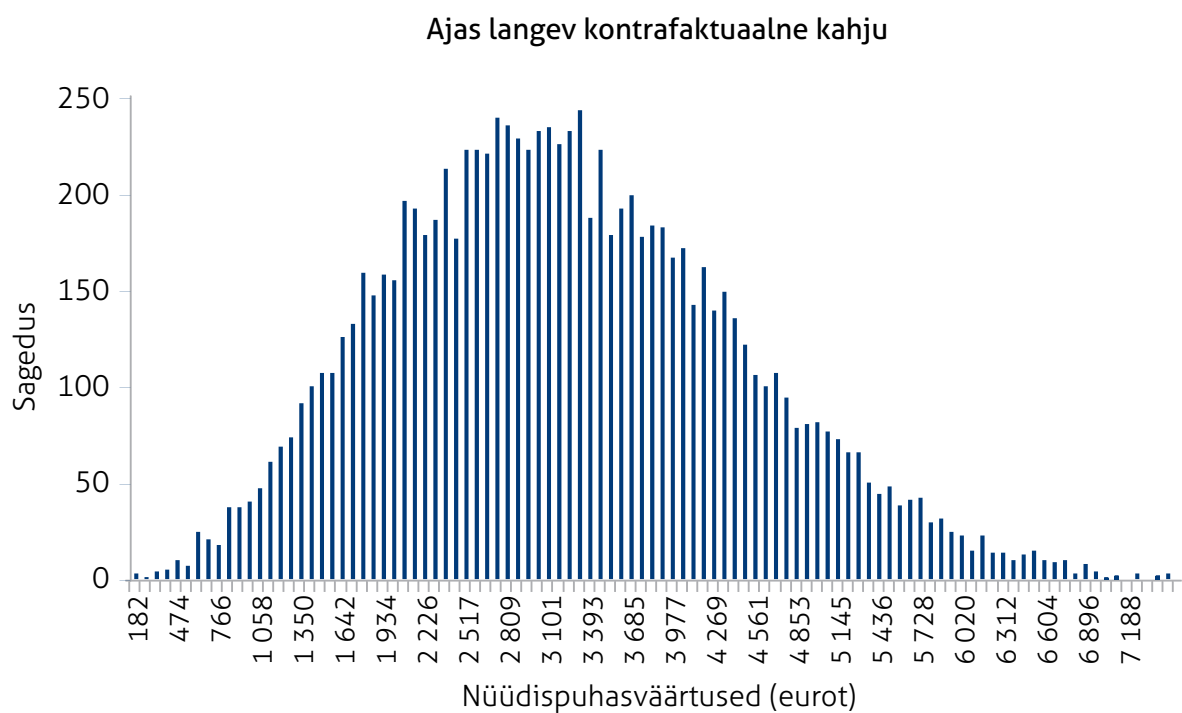
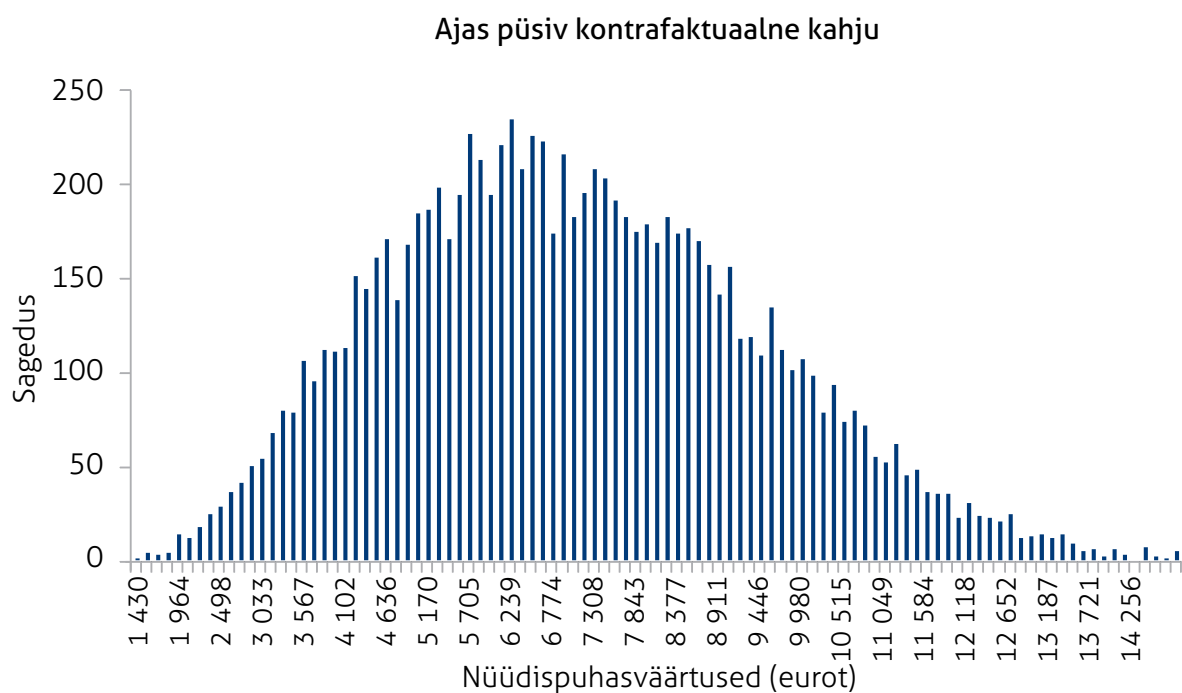
Tabel 12. Monte-Carlo simulatsioonis kasutatud väärtused

Tulu- või kulukategooria	Põhihinnangus kasutatud väärtus	Varieerumise ulatus
Sprinkleri tööle rakendumise tõenäosus	90%	±5%
Tulekahju tekkimise tõenäosus	0,0375	±0,02
Varakahjusid põhjustava tulekahju tekkimise tõenäosus	0,0167	±0,01
Sprinkleri efekt surmadele	–50%	±20%
Sprinkleri efekt vigastustele	–20%	±20%
Sprinkleri efekt hoonekahjule	–80%	±20%
Sprinkleri efekt sisustuskahjule	–60%	±20%
Sprinklersüsteemi kapitalikulu (100 m ² kohta)	400	±20%
Sprinklersüsteemi hoolduskulu (100 m ² kohta)	50	±20%

Tundlikkuse analüüsi esimeseks sammuks oli Monte-Carlo simulatsioon. Tabelis 12 on näidatud parameetrite väärtuste vahemikud, mida analüüsis rakendati. Eeldati, et kõik väärtused on ühtlase jaotusega ehk on võrdne tõenäosus saada ükskõik milline väärtus mingi parameetri kohta etteantud vahemikus. Näiteks on sama suur tõenäosus, et sprinkleri efektiks hoonekahjule on 60%, 100% või mingi väärtus nende vahel. Sellistel eeldustel võeti 10 000 korda juhuslikke väärtuseid etteantud vahemikest ja iga kord arvutati uus sprinkleri nüüdispuhasväärtus. Teisisõnu arvutati 10 000 erinevat nüüdispuhasväärtust. Tehti kaks eraldi simulatsiooni, esimese puhul eeldati püsivat kahju taset, teisel eeldati iga-aastaselt 6,3% vähenevat kahju. 30-aastase perioodi kohta tähendab see, et perioodi lõpuks on kahju tase kahanenud enam kui 85% võrreldes algperioodiga. Visuaalselt on analüüsitulemusi näidatud joonisel 3.

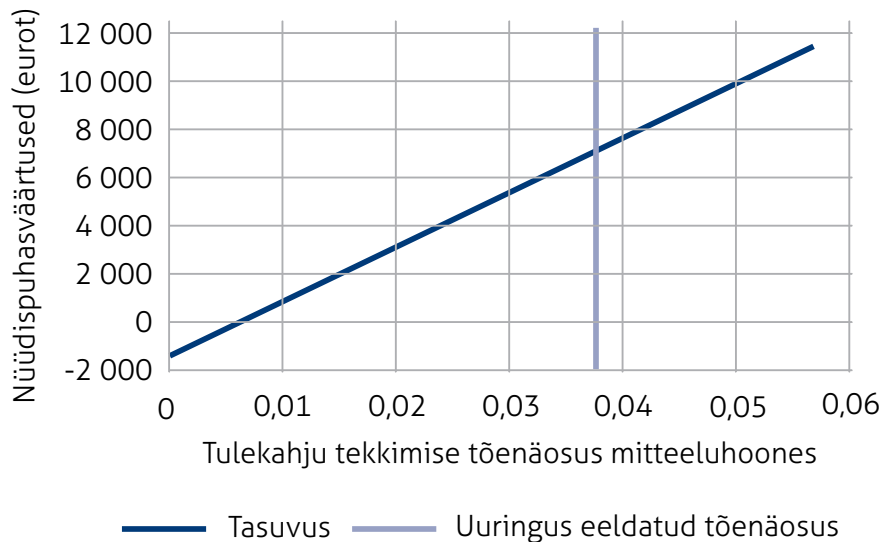
Nagu nähtub joonise 3 ülemiselt paneelilt, siis püsiva kahju korral on kõik simuleeritud nüüdispuhasväärtused positiivsed, seega ei ilmnenud ühtegi sellist parameetrite väärtuste kombinatsiooni, mille korral sprinkleri paigaldamine oleks ebaefektiivne. Lisaks saab tulemuste põhjal väita, et valitud eelduste kehtimise korral jääb puhasnüüdisväärtus 99% tõenäosusega vahemikku 2365 – 13 454 eurot, 95% tõenäosusega vahemikku 3300 – 12 519 eurot. Alumisel paneelil on näidatud nüüdispuhasväärtuste jaotus iga-aastaselt 6,3% väheneva kahju tingimustes. Ka siin negatiivseid nüüdispuhasväärtuseid ei leitud. 99% tõenäosusega jääb nüüdispuhasväärtus vahemikku 693–6604 eurot. 1000 euro taseme ületas sprinkleri diskonteeritud puhastulu enam kui 97% juhtudest.

Joonisel 4 on eraldi uuritud tulekahju tekkimise tõenäosuste mõju sprinklerite efektiivsusele (püsiva kontrafaktuaalse kahju korral). Näiteks kui tulekahjude tekkimise tõenäosus on väiksem kui uuringus eeldatud, võib ka sprinkleri efektiivsus olla oluliselt väiksem. Kui põhieeldusena rakendati tulekahju tekkimise



Joonis 3. Monte-Carlo simulatsiooni tulemused

tõenäosusena 3,75%, siis joonisel 4 on näidatud nüüdispuhasväärtuse muutumist, kui tulekahju tekkimise tõenäosus mõnevõrra kõrgemalt tasemelt alustades langeb 0% tasemele. Kuigi põhianalüüsis rakendati nime-
tatud tõenäosust (helesinine vertikaalne joon joonisel 4) üksnes inimkahju hindamiseks ja varakahju puhul
rakendati tõenäosust, mis väljendab varakahjuga tulekahjude tekkimist, siis joonisel 4 esitatud tulemused
väljendavad mõlema tõenäosuse proportsionaalset langust (eeldati, et tulekahjude tekkimise tõenäosuse
vähenemisega kahaneb proportsionaalselt ka varakahjuga tulekahjude tekkimise tõenäosus).



Joonis 4. Sprinklerite nüüdispuhasväärtused erinevate tulekahju tekkimise tõenäosuste korral

Nagu joonis 4 näitab, siis osutub sprinklerite paigaldamine ebaefektiivseks juhul, kui tulekahju tekkimise tõenäosus oleks üle viie korra väiksem, kui analüüsis eeldatud. Täpsemalt on tasuvuspunktiks siin 0,56%. Arvestades, et Eestis on hinnanguliselt 19 780 mitteiluhoonet, siis oleks selleks piiriks ligikaudu 100 mitteiluhoones toimuvat tulekahju, eeldusel, et muud tingimused (eelkõige kahju tase keskmiselt) jäävad samaks.

Lisaks tulekahju tekkimise tõenäosusele mõjutab tulemusi olulisel määral see, millist kahju taset kontrafaktuaalse stsenaariumi korral on analüüsis eeldatud. Kui tegelik kahju tase on väiksem võrreldes eeldustega, siis väheneb ka sprinkleritest saadav tulu, sest tulu on sisuliselt siin ärahoitud kahju. Selleks uuriti inim- ja varakahju eri kombinatsioonide mõju sprinklerite tasuvusele. Inimkahju puhul võeti arvesse üksnes suuremust, kuna vigastuste tähtsus oli tulemustes väikese osatähtsusega.

Analoogselt tulekahju tekkimise tõenäosusega on tabelis 13 esitatud üksnes hoonele tekitatud varakahju erinevad väärtused, kuid tulemused väljendavad ka proportsionaalset muutust sisustuskahjus. Näiteks varakahju taseme 2900 eurot juures, mis on üle kolme korra madalam uuringu baasarvutustes kasutatust, eeldati samaaegselt sisustuskahjusid olevat üle 3 korra madalam ehk alla 3500 euro.

Tabel 13. Sprinklerite nüüdispuhasväärtused (1000 eurot) erinevate inim- ja varakahju tasemete (vastavalt isikut või 1000 eurot 100 m² kohta) kombinatsioonide korral

Inim- kahju Vara- kahju	0	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$
0	-1,207	-0,739	-0,270	0,199	0,668	1,136	1,605	2,074	2,543	3,011	3,480
0,97	-0,840	-0,371	0,098	0,566	1,035	1,504	1,973	2,441	2,910	3,379	3,848
1,94	-0,472	-0,004	0,465	0,934	1,403	1,871	2,340	2,809	3,278	3,746	4,215
2,90	-0,105	0,364	0,833	1,301	1,770	2,239	2,708	3,176	3,645	4,114	4,583
3,87	0,263	0,731	1,200	1,669	2,138	2,606	3,075	3,544	4,013	4,481	4,950
4,84	0,630	1,099	1,568	2,037	2,505	2,974	3,443	3,912	4,380	4,849	5,318
5,80	0,998	1,467	1,935	2,404	2,873	3,342	3,810	4,279	4,748	5,217	5,685
6,77	1,365	1,834	2,303	2,772	3,240	3,709	4,178	4,647	5,115	5,584	6,053
7,74	1,733	2,202	2,670	3,139	3,608	4,077	4,545	5,014	5,483	5,952	6,420
8,71	2,100	2,569	3,038	3,507	3,975	4,444	4,913	5,382	5,850	6,319	6,788
9,67	2,468	2,937	3,405	3,874	4,343	4,812	5,280	5,749	6,218	6,687	7,155

Arvutuste tulemused näitavad, et ilma inimkahjuta peaks varakahju olema ligikaudu kolm korda väiksem selles uuringus kasutatud eeldustest, selleks et sprinklerite paigaldamine osutuks ebaefektiivseks. Samal ajal on näha, et kui inimkahju tase alaneks kümme korda 0,0071-lt 0,00071-le isikule 100 m² kohta ja varakahju tase ligikaudu kolm korda 9670 eurolt 2990 eurole 100 m² kohta, siis muude tingimuste samaks jäädes oleks sprinklerite paigaldamine endiselt efektiivne, nüüdispuhasväärtus oleks siis ligikaudu 364 eurot 100 m² kohta.

4. JÄRELDUSED

Uuringu eesmärk oli hinnata tuletõrje sprinklersüsteemide sotsiaalset tasuvust mitteeluhoonetes, et leida vastus küsimusele, kas sprinkleri paigaldamine mitteeluhoonesse on majanduslikult efektiivne. Uuringus vaadeldi tasuvust 100 m² kohta keskmiselt üle kõikide mitteeluhoonete tüüpide, välja arvatud majutushooned, haiglad ja ravihooned ning majapidamisabihooned.

Analüüsi tulemusena selgus, et sprinklersüsteemide kulu 100 m² kohta on selgelt väiksem kui nende ärahoitud inim- ja varakahju. Tuleohutuse püsimisel praegusel tasemel ületaksid analüüsi kaasatud neljast tulukomponendist kolm – varakahju hoonele, sisustuse varakahju ja inimkahju enneaegselt suremusest – ka iseseisvalt sprinklerite paigaldamisega kaasnevad kulud 30-aastase perioodi arvestuses. Neljas tulukomponent ehk vigastustega juhtumite vähenemine kataks monetariseerituna ära ligikaudu neljandiku sprinkleri kapitalikuludest, kuid tuleb arvestada, et uuringus tehti vigastuste puhul suhteliselt konservatiivne eeldus, mille kohaselt on kõik tulekahjude põhjustatud vigastused kerged vigastused. Isegi kui eeldada ajas pidevat tuleohutuse taseme paranemist, osutuksid tulud kokku selgelt suuremaks kuludest.

Tundlikkuse analüüsi tulemused kinnitasid saadud tasuvuse hinnangu stabiilsust erinevate eelduste muutuse suhtes. Sprinkleri paigaldamine osutus ebaefektiivseks üksnes siis, kui muuta keskseid parameetreid, nagu tulekahju tekkimise tõenäosus või vara- ja inimkahju keskmine tase 100 m² kohta, 3–5 korda. Kusjuures kahju puhul peaks selleks inim- ja varakahju kahanema sel määral samaaegselt. Lisaks tuleb arvestada, et uuringus ei kvantifitseeritud ega monetariseeritud järgmisi sprinkleri võimalikke tulukomponente: väiksem õhusaaste, päästjate tegevuskulude sääst, väiksemad niiskuskahjustused, äritegevuse kiirem ja sujuvam jätkumine, hoonete paindlikum disain, kindlustussüsteemi administreerimiskulude sääst. Nende lisamisel oleksid sprinkleri puhastulud veelgi suuremad.

Seega näitavad analüüsitulemused, et perioodi 2008–2017 andmete põhjal on sprinklerite kasutamine mitteeluhoonetes majanduslikult efektiivne valik ehk sellest saadavad sotsiaalsed tulud ületavad sotsiaalseid kulusid. Sarnasele tulemusele jõudis Eesti eluhoonete osas ka Kääparin (2013), kes järeldas tulu-kulu analüüsi tulemusena, et sprinkleri paigaldamine on tasuv nii keskmise suurusega korterisse kui ka eramusse. Mitteeluhoonetest on Fraser-Mitchell *et al.* (2013) näidanud sprinklerite tasuvust suuremates laohoonetes Inglismaal. Seega on selle uuringu tulemused üldplaanis ootuspärased ja kooskõlas varasemate tõenditega. Samas ei saa tulemusi tõlgendada selliselt, et kõikidesse hoonetesse, selle uuringu kontekstis mitteeluhoonetesse, on sprinkleri paigaldamine otstarbekas. Kuna hoonete ja nende sisustuse rahaline väärtus võib erineda suurel määral, on võimalik, et teatud hoonetesse sprinkleri paigaldamine ei tasu ära.

Samas indikeerivad tulemused suhteliselt veenvalt, et sprinklerid on ühiskonna vaates vajalikud ja suurt väärtust loovad neis hoonetes, mis võivad tulekahju tekkimisel saada suuri kahjustusi, mille sisustus on väga väärtuslik ja tulekahju korral on oht selle hävimiseks suur ning kus on keskmisest tõenäolisem ka inimkahju teke (näiteks on evakueerumine raskendatud). Siia võiksid kuuluda ka sellest uuringust tinglikult välja jäänud majutus- ja ravihooned. Kuna kuludest suuremaks osutusid ka mõlemad varakahjud eraldi, siis viitab uuring

ka sellele, et sprinklerite paigaldamine peaks olema majanduslikult otstarbekas ka eraisikute vaates, olgu selleks siis hoone või selle sisustuse omanik.

Uuringu tulemuste tõlgendamisel on oluline tähele panna ka analüüsi piiranguid. Esiteks, nagu juba mainitud, on analüüs tehtud valitud mitteeluhoonete kohta agregeeritult, ei ole eristatud suuri hooneid väikestest, kõrgeid hooneid madalatest jne. Seega ei võimalda uuring järeldusi automaatselt üle kanda kõikidele analüüsitud hoonetüüpide üksikjuhtumitele. Kuna analüüs tehti 100 m² kohta, tuleb eriti ettevaatlik olla tulemuste ülekandmisel väiksematele hoonetele, kuna sprinklersüsteemi kulud ja hoone üldpind ei ole lineaarselt seotud. Fraser-Mitchell *et al.* (2013, 25) on näidanud, et väiksemates laohoonetes osutub sprinkleri soetamise, paigaldamise ja hooldamise kulu nii suureks, et see kaldub saadavat tulu erinevate kulusäästude kujul ületama.

Autor juhib tähelepanu ka asjaolule, et mõjuhinnangud ja tulekahjude negatiivse mõju kontrafaktuaalsed tasemed põhinevad Päästeameti statistikal aastatel 2008–2017 toimunud tulekahjude kohta. Arvestades, et tuleohutuse tase Eesti ühiskonnas pigem paraneb ning seega hukkunute ja varakahju tase väheneb, siis võib spekuloida, et sprinklerite tulud võivad olla 2019. aasta kontekstis mõnevõrra üle hinnatud. Kuid kuna mingit väga drastilist langust andmetes siiski ei täheldatud (vt joonis 1 eespool) ning et väga paljusid tulukomponente selles uuringus ei monetariseeritud, ei tohiks see tulemuste suurusjärku ega põhijäreldusi mõjutada.

Metoodiliseks lisapiiranguks on see, et sprinklerite mõjude hindamisel on kasutatud regressioonimudeleid, mis kajastavad pigem seoseid, mitte kausaalset mõju. Kuigi sprinklerite mõju tugevuse hindamisel tuginedi suurel määral varasemale kirjandusele, siis on ka need allikad kohati vastuolulised ja põhinevad sageli väikesel arvul juhtumitel. Seega oleks edaspidistes uuringutes vajalik sprinklerite mõju hinnata eksperimentaalsete või kvaasi-eksperimentaalsete uuringutega, mis on kausaalsete mõjude hindamiseks sobivamad.

Kokkuvõttes saab järeldada, et uuringu tulemused viitavad sprinklersüsteemile kui efektiivsele meetmele tuleohutuse parandamiseks. Kuigi juba praegu on teatud hoonetes nõutud sprinklersüsteemide kasutamine, siis tasuks nende laialdasemale kasutusele võtmisega seotud küsimusi edaspidi veel põhjalikumalt analüüsida. Seda eriti tingimustes, kus tehnoloogia areng võib kaasa tuua odavamaid lahendusi. Eraldi tasub uurida sprinklerite mõju ja tasuvust eri hoonetüüpide ja hoonete üldpindade kaupa.

VIIDATUD ALLIKAD

- AS G4S Eesti 2017, *AS G4S Eesti ärikliendi hinnakiri*, https://www.g4s.ee/upload/Dokumendid/hinnakirjad_ja_ldtingimused/rikliendi_hinnakiri_01.11.18_vers_2_01.11.18.pdf
- British Automatic Sprinkler Association [BASA] 2006, *Use and Benefits of Incorporating Sprinklers in Buildings and Structures*, Draft 2, <https://www.bafsa.org.uk/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/09/Sprinklers-for-Safety.pdf>
- Brown, H. 2005, *Economic Analysis of Residential Fire Sprinkler Systems*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7277, https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=860095
- Bukowski, R. W., Budnick, E. .K, Schemel, C. F. 2002, *Estimates of the Operational Reliability of Fire Protection Systems*, <https://pdfs.semanticscholar.org/9c4c/4eeddc69d30f492f492cb9796aa58b6ac7cb.pdf>
- Business Sprinkler Alliance [BSA] 2019, *Costs of water automatic sprinkler systems*, Designing Buildings Wiki, https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Costs_of_water_automatic_sprinkler_systems
- Butry, D. T., Brown, M. H., Fuller, S. K. 2007, *Benefit-Cost Analysis of Residential Fire Sprinkler Systems*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 7451, https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=860105
- Center for Economics and Business Research [CEBR] 2014, *The financial and economic impact of warehouse fires*, Report for the Business sprinkler Alliance, <https://www.business-sprinkler-alliance.org/wp-content/uploads/2014/01/Cebr-Report.pdf>
- Cheaf Fire Officers Association [CFOA] 2013, *Business case for sprinklers*, CFOA Publications, www.cfoa.org.uk/download/38472
- Cintas 2019, *Types of sprinkler systems*, Cintas Corporation, <https://www.cintas.com/fire-protection-services/articles/types-of-sprinkler-systems/>
- Eesti Ehitusettevõtjate Liit s.a, *Liikmed*, <http://eeel.ee/liikmed/>
- Eesti Standardikeskus 2016, *Paiksed tulekustutussüsteemid. Automaatsed sprinklersüsteemid. Projekteerimine, paigaldamine ja hooldus*, EVS-NE 12845:2014.
- European Commission 2015, *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- European Commission s.a., *Building stock characteristics*, EU Building Database, <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-database>
- Eurostat 2019, *Purchasing power parities (PPPs), price level indices and real expenditures for ESA 2010 aggregates*, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/purchasing-power-parities/data/database>
- Frank, K., Gravestock, N., Spearpoint, M., Fleischmann, C. 2013, A review of sprinkler system effectiveness studies, *Fire Science Reviews*, 2:6.
- Fraser-Mitchell, J., Williams, C. 2012, *Cost Benefit Analysis of Residential Sprinklers*, Final report, BRE Global, www.cfoa.org.uk/download/22311

Fraser-Mitchell, J., Abbe, O., Williams, C. 2013, *An Environmental Impact and Cost Benefit Analysis for Fire Sprinklers in Warehouse Buildings*, Final report, BRE Global.

Hall Jr, J. R. 2010, *U.S. experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment*, National Fire Protection Equipment, http://www.tvsfpe.org/_images/us_experience_with_sprinklers.pdf

Guardian Fire Protection [GFP] 2019, *How much does a fire sprinkler cost*, <https://www.guardianfireprotection.com/blog/faq/fire-sprinkler-system-cost/>

IFSEC Global 2019, *Fire sprinkler systems: A beginner's guide*, <https://www.ifsecglobal.com/fire-sprinkler-systems/>

Jalas, R. s.a., *Kasutuses ja osaliselt kasutuses hoonete tulekahjud 2017. aastal*, <https://www.rescue.ee/files/2019-03/2017-hoonetulekahjud.pdf?4e431d0951>

Korzhenevych, A., Dehnen, N. 2014, *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, Report for the European Commission – DG Mobility and Transport.

Kobes, M., Post, J., Helsloot, I., de Vries, B. 2008, Fire risk of high-rise buildings based on human behavior in fires, in *Conference Proceedings FSHB 2008*, First International Conference on Fire Safety of High-rise Buildings, Bucharest, Romania, May 07–09.

Kääparin, T. 2013, *Kodusprinklersüsteemi sotsiaalne tasuvus Eestis*, Magistritöö, Sisekaitseakadeemia, Tallinn.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium 2015, *Ehitise kasutamise otstarvete loetelu*, majandus- ja taristuministri määrus, <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015001>

Mitchell, D. s.a., *Economic Impacts from the Installation of Residential Fire Sprinklers in Estero, Florida*, <http://esterofire.org/wp-content/uploads/Residential-Fire-Sprinklers-Impact-Study1.pdf>

Moinuddin, K., Thomas, I., Chea, S. 2008, Estimating the Reliability of Sprinkler Systems in Australian High-rise Office Buildings. *Fire Safety Science*, 9, 515–526, doi:10.3801/IAFSS.FSS.9-515.

Newport Partners 2013, *Home Fire Sprinkler Cost Assessment -2013*, The Fire Protection Research Foundation, <http://homefiresprinkler.org/wp-content/uploads/2016/05/HomeFireSprinklerCostAssessment2013.pdf>

Optimal Economics 2017, *Efficiency and Effectiveness of Sprinkler Systems in the United Kingdom: An Analysis from Fire Service Data*, https://www.nationalfirechiefs.org.uk/write/MediaUploads/NFCC%20Guidance%20publications/Protection/Optimal_Sprinkler_Report.pdf

Proulx, G. 2007, High-rise office egress: the human factors. *NRC Publications Archives*, NRCC-49496.

Päästeamet 2017, hoonetulekahjude statistika 2008-2016, SKA päästekolledži infopäring Päästeametist, märts 2017.

Päästeamet 2018, hoonetulekahjude statistika 2017, SKA päästekolledži infopäring Päästeametist, märts 2018.

Ruegg, R. T., Fuller, S. K. 1984, *A Benefit-Cost Model of Residential Fire Sprinkler Systems*. U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, NBS Technical Note 1203.

Siseministeerium 2017, *Ehitistele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele*, siseministri määrus, <https://www.riigiteataja.ee/akt/130112018012>

Statistikaamet 2019a, *Päästeteenistuste registreeritud sündmused liigi ja piirkonna/maakonna järgi, haldusjaotus seisuga 01.01.2017*, http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Sotsiaalelu/17Eigus_ja_turvalisus/03Paastetenistus/03Paastetenistus.asp

Statistikaamet 2019b, *Päästeteenistuses registreeritud sündmused liigi ja piirkonna/maakonna järgi, haldusjaotus seisuga 01.01.2017*, http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=JS41&ti=P%C4%STEENISTUSTE+REGISTREERITUD+S%DCCNDMUSED+LIIGI+JA+PIIRKONNA%2FMAAKONNA+J%C4RGI%2C+-HALDUSJAOTUS+SEISUGA+01%2E01%2E2017&path=../Database/Sotsiaalelu/17Eigus_ja_turvalisus/03Paastetenistus/&lang=2

Statistikaamet 2019c, Päästeteenistuses registreeritud tulekahjud, haldusjaotuse seisuga 01.01.2018, http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=JS45U&ti=P%C4%C4STETEENISTUSTE+REGISTREERITUD+TULEKAHJUD+PIIRKONNA%2FHALDUS%DCKSUUSE+J%C4RGI%2C+HALDUSJAOTUSE+-SEISUGA+01%2E01%2E2018&path=../Database/Sotsiaalelu/17Eigus_ja_turvalisus/03Paastetenistus/&lang=2

Statistikaamet 2019d, *Sisemajanduse koguprodukt tarbimise meetodil (ESA 2010) (kvartalid)*, http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/15RAHVAMAJANDUSE_ARVEPIDAMINE/15RAHVAMAJANDUSE_ARVEPIDAMINE.asp

Thomas, I. R. 2002, Effectiveness of Fire Components and Systems, *Journal of Fire Protection Engineering*, 12(2), 63–78.

Uku, H. 2017, *Hukkunuga tulekahjud, 2016. aasta*, <https://www.rescue.ee/files/Tulekahjudes%20hukkunud/Anal%C3%BC%C3%BCsid/tulesurmad-12-kuud-2016-3-.pdf?9df75de11f>

Weatherby, S. 2009, *Benefits of Residential Fire Sprinklers: Prince George's County 15-Year History with its Single-Family Residential Dwelling Fire Sprinkler Ordinance*, Home Fire Sprinkler Coalition, <https://homefiresprinkler.org/wp-content/uploads/2016/05/Prince-Georges-County-Report.pdf>

Wieczerek, C. J., Ditch, B., Bill Jr, R. G. 2011, Environmental Impact of Automatic Fire Sprinklers: Part 2. Experimental Study, *Fire Technology*, 47(3), 765–779.

Yamamoto, K., Takeuchi, Y., Nishiki, S. 2015, Effects of a Sprinkler on Evacuation Dynamics in Fire, *Computation*, 3(2), 274–284, doi:10.3390/computation3020274

Ye, X., Ma, J., Shen, Y., Lin, L. 2016, Suppression effect of sprinkler system on fire spread in large commercial buildings, *Procedia Engineering*, 135, 455–462, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.155>

LISA. EHITUSETTEVÕTETE HULGAS LÄBI- VIIDUD KÜSITLUSE ANKEET

1. Valige üks Teie ettevõtte poolt ehitatud või ehitamisjärgus olev uusehitis (võib olla ka juurdeehitus), mille valmimise aeg on 2012. a või hiljem ja kuhu on planeeritud sprinklersüsteem.

- ... Korterhoone
- ... Majutushoone (hotell, ühiselamu jms)
- ... Büroohoone
- ... Haridus- või teadushoone
- ... Muu kogunemishoone (kaubandushoone, teenindushoone, spordihoone, muuseum, kirik, meelelahutushoone jms)
- ... Hoolekande- ja kinnipidamishoone (hooldekodu, haigla, ööpäevaringne perearstikeskus, vangla jms)
- ... Tööstus- või laohoone
- ... Garaaž (sh parkimishoone, allmaagaraaž jms)
- Muu: ...

NB! Järgmistele küsimustele vastake ainult 1. küsimuses valitud hoone põhjal! Kui Teil on võimalik ja olete nõus esitama andmeid rohkem kui ühe Teie poolt ehitatud ehitise kohta, siis palun täitke sama vorm uuesti.

2. Kas Eestis kehtivate ehituslike tuleohutusnõuete kohaselt peab sellesse konkreetsesse (st Teie ehitatud) hoonesse olema paigaldatud sprinklersüsteem?

- ... Jah
- ... Ei
- ... Ei tea
- Muu: ...

3. Kas tegemist on kõrghoonega (kõrgusega üle 28 m)?

- ... Jah
- ... Ei
- ... Ei tea
- Muu: ...

4. Mis aastal see ehitis valmis?

- ... 2012
- ... 2013

... 2014

... 2015

... 2016

... 2017

... 2018

... 2019

... Ehitustööd veel kestavad

5. Kui suur osa protsentuaalselt selle ehitise (juurdeehituse korral ainult juurdeehituse) kogupinnast on sprinklersüsteemiga kaetud (võite märkida orienteeruva vahemiku)?

6. Milliseks kujunes sellesse ehitisse paigaldatud sprinklersüsteemi maksumus eurodes sprinklerdatud pinna ruutmeetri kohta (võite märkida orienteeruva vahemiku)? ...

7. Milliseks kujunes sellesse ehitisse paigaldatud sprinklersüsteemi kogumaksumus eurodes (võite märkida orienteeruva vahemiku)? ...

8. Kas selles hoones oli mingeid tavapärasest erinevaid asjaolusid, mis mõjutasid sprinklersüsteemi maksumust?

... Jah, lisamahutite rajamine

... Jah, kõrgladustamisest tulenevad erinõuded

... Ei olnud

... Ei oska öelda

Muu: ...

9. Kui soovite veel midagi sprinklersüsteemi, selle maksumuse või hoone kohta lisada, siis palun jätke oma kommentaarid järgnevasse tekstikasti. ...

