



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**TALLINNA SADEMETE INTENSIIVSUSE ANALÜÜS
AASTATEL 2013-2019 AS TALLINNA VESI
SEIREJAAMADE ANDMETEL**

**ANALYSIS OF TALLINN PRECIPITATION INTENSITY
ACCORDING TO AS TALLINNA VESI MONITORING DATA
IN 2013-2019**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Riin Uus

Üliõpilaskood: 176424EAXM

Juhendajad:

Karin Pachel PhD
Inseneriteaduskond, Ehituse ja
arhitektuuri instituut, Tallinna
Tehnikaülikool, Tallinn, Eesti

Margus Koor PhD, Võrkude
arenduse juht, AS Tallinna Vesi,
Tallinn, Eesti

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 202..

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 202..

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."202..

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Riin Uus sünnikuupäev: 18.07.1994

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tallinna sademete intensiivsuse analüüs aastatel 2013-2019 AS Tallinna Vesi seirejaamade andmetel

mille juhendajad on Karin Pachel PhD, Margus Koor PhD

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Riin Uus, 176424EAXM

Õppekava, peeriala: EAXM15/15, Hooned ja rajatised, veetehnika peeriala

Juhendaja(d): Karin Pachel PhD, Ehituse ja arhitektuuri instituut

Konsultant: Margus Koor PhD, Võrkude arenduse juht, AS Tallinna Vesi,
margus.koor@tvesi.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) TALLINNA SADEMETE INTENSIIVSUSE ANALÜÜS AASTATEL 2013-2019
AS TALLINNA VESI SEIREJAAMADE ANDMETEL

(inglise keeles) ANALYSIS OF TALLINN PRECIPITATION INTENSITY ACCORDING TO AS
TALLINNA VESI MONITORING DATA IN 2013-2019

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida AS Tallinna Vesi seirejaamade andmeid
2. Analüüsida sademete jaotusi aastaaegade ja kuude põhiselt
3. Analüüsida sademete intensiivsuseid

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Andmete töötlus	20.01.19
2.	Andmete analüüs	20.10.19
3.	Järelduste tegemine	03.01.20

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....202....a

Üliõpilane: Riin Uus ".....".....202....a
/allkiri/

Juhendaja: Karin Pachel PhD ".....".....202....a
/allkiri/

Konsultant: Margus Koor PhD ".....".....202....a
/allkiri/

Programmijuht: Ivar Annus ".....".....202....a
/allkiri/

SISUKORD

Ehituse ja arhitektuuri instituut	4
EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. ERINEVAD METOODIKAD	9
1.1 Sademete intensiivsus-kestvus-sagedus (IDF)	9
1.2 Reguleeriv seadusandlus ja naaberriigis kasutatav arvutus	11
1.2.1. Veeseadus, standard EVS 848:2013	11
1.2.2 Soomes kasutatav meetod	12
2. AS TALLINNA VESI KOGUTUD ANDMED 2013-2019	14
2.1 Andmete kogumine	14
2.2 Andmete töötlus.....	17
3. ANDMETE ANALÜÜSI TULEMUSED.....	20
3.1 Ädala 10	20
3.2 Järvevana 3.....	24
3.3 Mahla 40.....	28
3.4 Meremehe 16.....	31
3.5 Paldiski 225.....	35
3.6 Punane 38.....	38
3.7 Rumbi 2B.....	42
3.8 Tammetõru 14C.....	46
3.9 Tondi 90	48
3.10 Voolu 13	52
3.11 Kõikide seirejaamade analüüs.....	56
KOKKUVÕTE	63
SUMMARY.....	65
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	67
LISAD	70

EESSÕNA

Magistritöö on koostatud AS Tallinna Vesi kuuluvate seirejaamade andmetest. Andmete töötlemisega abistasid AS Tallinna Vesi ärianalüütik Rene Bubõr, rakendusadministraator Tauno Põitel ning endine IT spetsialist Paul Ööbik.

Avaldan tänu juhendajatele, Karin Pachel ja Margus Koor, kes olid minu magistritöö juhendajad ning kes abistasid ja olid toetavad minu lõputöö valmimisel.

Magistritöös on uuritud 7 aasta pikkuse vaatlusrea sademeid ning nende intensiivsuseid, analüüsis on kasutatud AS Tallinna Vesi seirejaamade andmeid. Antud lõputööga on tahetud teada saada, millised on olnud intensiivsete sademete osakaal ning uurida nende võimalikke muutusi ajas, võttes arvesse, et aegrida on lühike.

SISSEJUHATUS

Kliima on üks kõige kiiremini muutuv nähtus. Kiires elu tempos ei pruugi koheselt arugi saada, kui palju on kliima muutunud. Kuid kui hakata lähemalt vaatlama, võib märgata, et piirkonniti on meie ilmastik väga heitlik. Temperatuuri kõikumised, tugevad lumetormid, valingvihmad, - need on muutujad, mis mõjutavad kogu kliimat.

Vastavalt Eesti seitsmenda kliimaaruandele ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta, mõjutab meil, Eestis, kliimat eelkõige riigi geograafiline asend. Erinevused on tingitud Läänemerest, soojendades talvisel ajal meie rannikupiirkonda ja saari ning kevadel neid jahutades. Alates 20. sajandi keskpaigast on aasta keskmise temperatuuri tõus, võrreldes pikaajalise keskmisega, Eestis olnud natuke kiirem kogu maailmast. Soojenemistrend on selgeim talvel, eeskätt jaanuaris. Aasta keskmine sademete hulga kasv on Eestis statistiliselt oluline, lühenenud on nii jää- kui lumikatteperiood.[1]

Eesti Ilmateenistuse andmetel on aastakeskmiste temperatuuride aegridadelt (1866–2018) näha 20. sajandi lõpul toimunud kiiret temperatuuri tõusu ja viimastel kümnenditel toimunud mõningast tasandumist. Nende andmete valguses võib edaspidi sajuhulk suureneda üle 15% ja ekstreemsed ilmanähtused sagenevad.[2]

Päädam ja Post uurisid sademete ekstreemsuse ajalist varieeruvust, kasutati 40 Eesti jaama igapäevaseid sademete andmeid ajavahemikul 1961–2008. Tulemused näitasid, et ekstreemsete sademetega sündmuste sagedus on suurenenud. [3]

Kliimamuutus soojemise suunas mõjutab märkimisväärselt pinna- ja põhjaveevarude kujunemist, samuti vee- ja kanalisatsioonitorustike seisundit. Valingvihmad ja sulaveed põhjustavad üleujutusi ohustades vesiehitisi, veevärgi- ja kanalisatsioonisüsteeme.

Suurte vihmade korral, ei suuda maapind, tänavatel olevad sademevee restkaevud ja kanalisatsioon kogu vihmavett vastu võtta ning tagajärjeks on üleujutused. Selle probleemi lahendamiseks ühisvoolse kanalisatsiooniga piirkondades otsitakse lahendusi, kuidas ühisvoolne kanalisatsioon viia lahkvoolseks. See tähendab, et reovesi ja sademevesi tuleb juhtida eraldi torustikesse. Viimasel ajal on uuritud võimalusi sademevee immutamiseks ja sobivusel ka rakendatud. Kui selline lahendus pole võimalik siis tuleb projekteerida sademeveetorustik.

Optimaalse sademeveekanaliseerimise aluseks on sademevee äravoolu tõene hindamine, arvutamine. Pinnale langeva ja sealt ärajuhitava sademevee arvutusäravool on oluline arvutusvihma intensiivsusest, mis sõltub vihma kestusest,

pinnakatete äravooluteguritest, ja valgala suurusest. Eestis on pindmise äravooluvee vooluhulkade arvutamise aluseks väliskanalisatsioonivõrgu standard, mis pakub arvutusvihma intensiivsuse arvutamiseks valemeid ja parameetreid, sh 20 minutit kestva ja üks kord aastas sadava vihma intensiivsus ($l/s \cdot ha$), kuid standardi kohaselt tuleks siiski eelistada sademete vaatlusjaamade statistilisi andmeid. [4]

Sademete hulk erineb nii ruumiliselt kui ajaliselt valgala eri osades. Sademevee valgala suurus, topograafia ja asukoht mõjutavad otseselt sademete ruumilist jaotust valgala. Sadememõõtjad peavad olema paigutatud valgalaal piisava tihedusega, arvestades lisaks kliimatiliste teguritega, et iseloomustada ja mudeldada valgalaal sademevee äravoolu statistiliselt usaldusväärselt [5, 6, 7]. Mida tihemini on paigutatud jaamad, seda täpsemad on arvutuse alused.

Tallinna piirkonnas on sademevee äravoolu arvutuste aluseks olnud seni vaid ühe vaatlusjaama andmed, Tallinn-Harku aeroloogiajaam, kus meteoroloogilised vaatlused algasid 1805. aastal. Alates 2013. aastast alustasid tööd AS Tallinna Vesi poolt paigaldatud sademete vaatlusjaamad, nüüdseks on seirejaamu juba 10.

Antud töö eesmärgiks on analüüsida AS Tallinna Vesi poolt aastatel 2013 kuni 2019 kogutud sademete seire andmeid, tuvastada ja analüüsida just intensiivseid sademeid ja uurida erinevusi, võimalikke muutuseid ajas ja ruumis vaatamata sellele, et aegread on lühikesed.

1. ERINEVAD METOODIKAD

Sademetete summa, sajupäevade arv, vihmade arv aastas, vihma kestus, vihma intensiivsus, vihmade korduvus – need kõik on olulised parameetrid selleks, et uurida ja analüüsida ning ennustada vihmasid.

1.1 Sademetete intensiivsus-kestvus-sagedus (IDF)

Sademetete intensiivsus-kestvus-sageduse (IDF-*intensity-duration-frequency*) kõverad on ühed olulisemad näitajad millega jälgitakse ja mille abil analüüsitakse sademeid. Kasutatakse erinevate aastate sademetete andmeid millest tulenevalt saab prognoosida tulevikus tekkivate sademetete hulka.[8]

Kasutatakse hüdroloogiliste, hüdrauliliste ja veevarustussüsteemide projekteerimisel. IDF kõverad saadakse sademetete vaatluste sageduse analüüsiga.[9]

(IDF) kõverad töötatakse välja teoreetilise tõenäosusega, maksimaalse sademetete (AMP- *annual maximum precipitation*) ja ajalise jaotuse (AMP) andmed sisestatakse süsteemi. Süsteemiks võib olla näiteks *Gumbeli* või *Log Pearson* süsteem.[8]

Sademetete info kogutakse kokku perioodiliselt erinevate aegadega näiteks 5, 10, 15, 20, 30 minutilised vihmad ja 1, 2, 6, 12 ja 24 tunni vihmad. Võimalusel saab kasutada ka üle 24 tunni vihmade kestust kui on vajadust.[8]

Sagedusanalüüsi leidmiseks tuleb koguda andmeid iga-aastaste maksimaalsete sademetete kohta. Sagedusanalüüs on seotud iga vihma kestusega. Sagedusanalüüsi on võimalik leida kahel viisil: üheks võimaluseks on kasutada empiirilist joonist, et hinnata ületamise tõenäosust. Teiseks võimaluseks on kasutada äärmusliku väärtuse jaotust.[8]

Sademetete intensiivsus-kestvus-sageduse kõver sisaldab kolme eri etappi: esimene on tõenäosusjaotuse funktsioon (PDF- *probability distribution function*) või kumulatiivne jaotus funktsioon (CDF- *cumulative distribution function*) kuhu on sisestatud sademetete kestvuse andmed. Teiseks etapiks on maksimaalne vihmade intensiivsus iga ajavahemiku kohta, mis on seotud kumulatiivse jaotusfunktsiooniga. Kolmandaks, teadaolevast kumulatiivsest sagedusest ja antud kestusest võib maksimaalne sademetete intensiivsus kindlaks määratud sobivate teoreetiliste jaotusfunktsioonidega näiteks *Gumbel*. [8]

Gumbel meetod

Gumbel meetod põhineb väärtuste jaotusel ja kasutab teoreetiliseks jaotamiseks välja töötatud sagedustegureid. Selleks kasutatakse hüdroloogilise sageduse analüüsi jaoks üldvalemit [10]:

$$x = x + \Delta x \dots (o) [10]$$

kus, x - tõenäosus (P) või tagasipöördumisperioodi üleujutuse suurus

x-rekordilise üleujutuse keskmine

Δx -juhusliku suuruse kõrvale kalde keskmine (sõltub dispersiooni omadustest, kordumisintervallist ja muudest statistilistest parameetritest, $\Delta x = SK$, kus S on proovi standardhälve ja K on sagedustegur ehk $x = (x + KS)$ [10]

Erinevate statistiliste jaotuste kirjeldused

Statistilisi jaotuseid on mitmeid erinevaid, all järgnevalt loetletakse lühidalt kuute erinevat jaotust.

Normaal jaotus- mida teatakse ka kui *Gaussian* jaotus. [11] Statistiline jaotus, kus on vajalik standardhälvet ja keskmist. [12]

Log-Normal jaotus- statistiline jaotus, mille logaritmi on normaalselt jaotatud. [12]

Extreme value type 1 distribution- jaotus, mis on tuntud ka kui *Gumbeli* jaotus ning millel on kaks vormi. [13]

Log Pearson Type - III (LP3) Distribution- *Log Pearson Type III* jaotuse baasil tehtud uuringute najal selgus, et antud jaotus annab häid tulemusi üleujutuste kohta. See jaotus on USA-s kasutusel üleujutuste sageduse analüüsi standardjaotusena. [12]

Binomial Distribution-, jaotus, kus sündmus võib toimuda või mitte, kõigi katsete õnnestumisel või ebaõnnestumisel jääb tõenäosus samaks. [17]

Poisson distribution-poissoni - Antud jaotuse tingimusteks on: diskreetne sündmuste arv, kaks sündmust ei kattu oma vahel, sündmuste keskmine arv ajaühiku kohta on konstantne, sündmused on sõltumatud. [17]

Vihmasündmuste andmepõhine rühmitamine

Vaadeldes ühe minuti vihmaseid, kus väärad vihmapiisad eemaldatakse. Vihmad, mis koosnevad paljudest vihmapiiskadest ei ole kerge määratleda. Vihma sündmuse õige aegne tuvastamine sõltub sensoritest. [14]

Makrofüüsiline kirjeldus vihmase sündmuste korral annab võimaluse välja valida erinevad kirjanduses leitavad omadused, olgu need siis erinevad parameetrid, indikaatorid. Nende hulka kuuluvad näiteks sündmuse kestus, keskmine vihmade hulk, standardhälve, absoluutse sademete arvu muutus järjekorras ja absoluutse vihma kiiruse muutus. Osad muutujad, mida kasutatakse aegriidide kirjeldamiseks ei sobi sündmuste analüüsiks, kuna need muutujad vajavad pikka andmete rida. Need muutujad võivad olla näiteks hooajalisus ja autokorrelatsioon. Väga vähestest muutujatest on kooskõlas tõenäoliste eeldustega, mis on omakorda seotud statistiliste meetoditega. Sageli varieeruvad need hajutatud jaotusega, mis tõttu neil puudub normaaljaotus. Sellest tulenevalt on raske kasutada neid statistilisi meetodeid otseselt, sest see võib kaasa tuua eksitavaid tõlgendusi. Selleks, et vältida eksitavaid tõlgendusi tuleb algsed jaotused muuta normaaljaotusteks. Arvutipõhine muutujate valik on tähtis, sest praktikas ei ole tihti võimalik katsetada kõiki erinevate muutujate kombinatsioone ja

teha seejuures parim valik. Meetod põhineb geneetilisel algoritmil, toetudes Charles Darwini kirjeldatud geneetikale. Sobivus funktsioon on defineeritud selliselt, et mida suurem on selle väärtus, seda suurem on sobivus funktsiooni võime esindada täielikku andmekogumit, kasutades seejuures võimalikult väikest arvu muutujaid. [14]

1.2 Reguleeriv seadusandlus ja naaberriigis kasutatav arvutus

1.2.1. Veeseadus, standard EVS 848:2013

Veeseaduse üheks ülesandeks on põhjavee puhtuse tagamine. Sellest tulenevalt kontrollitakse, et sademevee reostusnäitajate piirväärtused, mis suunatakse sademeveekanaliseerimisele vastaks Vabariigi Valitsuse 29.11.2012 määrusele nr 99. [15] Vastavalt määrusele 99 võib sademevett juhtida veekogusse, kui tema reostuskoormus on 2000-9999 ie, heljuvaine välja arvatud, see ei tohi ületada 40 mg/l ning naftasaaduste sisaldus ei tohi ületada 5 mg/l. Kui sademevee reostusnäitajad ei ole vastavuses määrusega 99, tuleb käsitleda sademevett kui saastatud sademeveena, mida tuleb enne suublasse juhtimist puhastada. Heit- ja sademevee suublasse juhtimisel tuleb tagada, et vee- ja veega seotud maismaaökosüsteemide seisund ei halveneks. [16]

Veeseadusest tulenevalt loetakse sademeveeks- vett, mis on sademetena alla langenud ning mida on võimalik kraavide kaudu koguda ja ära juhtida. [15]

Tulenevalt standardist EVS 848:2013 nimetatakse vihma arvutusliku intensiivsust (*rainfall rated intensity*) arvutuste teel saadud teoreetiliseks vihma intensiivsuseks. Vihma ehk sademete intensiivsus (*rainfall intensity*) on ajaühikus pinnaühikule sadanud vihma hulk.

Tulenevalt standardist EVS 848:2013 sõltub arvutusvihma intensiivsus vihma kestvusest. Vaatlusjaamade statistiliste andmete puudumise korral ning juhul kui vihma kestus T on 10 minutit kuni 60 minutit saab arvutada intensiivsuse välja valemiga: [4]

$$q = B/T^n,$$

kus B - muutuja, mis tuleb eelnevalt arvutada, n -astendaja, vihma kestus (min) [4]

$$B = 20^n * q_{20} * (1 + c * \log p),$$

kus q_{20} - 20 min kestva ja üks kord aastas sadava vihma intensiivsus (l/s*ha), n, c - empiirilised tegurid, mis sõltuvad geograafilisest asukohast, p -arvutusvihma korduvuse periood aastates

Tulenevalt standardist on Tallinnas arvutusvihma parameetrid: [4]

$$Q_{20} = 69,5$$

$$n=0,72$$

$$c=0,80$$

Arvutusvihma korduvus perioodiks nimetatakse keskmist ajavahemikku kahe võrdse intensiivsusega vihma kordumise vahel. Vihma korduvus periood p on seotud vihma esinemise tõenäosusega, mida väljendatakse protsentides. Ligikaudsed seosed korduvus perioodi ja tõenäosuse vahel on leitavad standardis olevast tabelist. [4]

$$p_b = (1 - e^{-1/p}) * 100 \text{ [4]}$$

Lühiajaline vihm on 5 kuni 10 minutit, pikaajaline vihm on 60-180 minutit. Nende jaoks on vastavad valemid vastavalt standardile. [4]

Lühiajalise vihma 5 kuni 10 minutit on valem : [4]

$$q = aB/T^{n'} \text{ [4]}$$

pikaajaline vihm 60 kuni 180 minutit: [4]

$$q = bB/T^{n''} \text{ [4]}$$

parameetrid: a , b , n' ja n'' tulevad standardis olevast tabelist, mis on vihma arvutusliku intensiivsuse parameetrid Eesti territooriumil. [4]

1.2.2 Soomes kasutatav meetod

Kliimamuutused on mõjutanud Soome ilmastikku. Kasvuhooneefekti intensiivistumise tulemusel on sademete arv suurenenud. Sademete arvu kasv jääb alla temperatuuri tõusule. Hooajaliselt on sademete hulk suurenenud talve kuudel. Suvel on sademete hulk vähenenud. Talvel lumekatete osakaal on suurem tihedalt asustatud aladel. Mis tõttu lumes olevad erinevad kontsentratsioonid imenduvad koos lume sulamisega pinnasesse. Selle vältimiseks tuleb nõrgvesi nõuetekohaselt töödelda enne pinnasesse imendumist. Näiteks kui parklatest jääb lumi koristamata, jõuab lume sulamisvesi kanalisatsiooni, mis omakorda tekitab kanalisatsioonis üleujutusi ning reoveepuhastusjaam peab töötama suurema intensiivsusega. Erinevaid valemiteid, mida on võimalik kasutada. [18]

Disainivoog on määratletud valemiga:

$$Q = C * i * A, \text{ kus [18]}$$

Q - projekteeritud vooluhulk (l/s)

C - äravoolu koefitsient

i - vihmade keskmine intensiivsus (l/s(s*ha))

A - valgala piirkond (ha)

Vastavalt sellele on sademevee maht määratletud valemiga:

$$V = (C * i * A * t) / 1000, \text{ kus [18]}$$

V - sademevee maht (m³)

t - vihmamõõtmise kestus (s)

A- valgala piirkond (ha)

C-äravoolu koefitsient

i- vihmade keskmine intensiivsus (l/s(s*ha))

Heitvee kogust saab määrata sademe koguse järgi, kasutades valemit:

Määrata vee maht, kasutades sademeid:

$$V = (C * P * A) * 100, \text{ kus [18]}$$

V- sademevee maht (m³)

P- sademed (mm)

A- valgala piirkond (ha)

C-äravoolu koefitsient

Vihmal on neli tähtsat omadust: vihma kestus, intensiivsus, sademete hulk ja sagedus.

Keskmine sademete intensiivsus on üldine sademete hulk jagatud kestuse või

sademetega, keskmine intensiivsus korrutatud kestusega. Vihma sündmuse sagedus on

kindla kestuse ja intensiivsusega tõenäosus, mis toetub sademete kogutud andmetele.

Tõenäosus, kestvus ja intensiivsus korreleeruvad omavahel, et intensiivsus väheneb

vihma kestvuse suurenemisel ja tõenäosus on selle võrra väiksem. Maksimaalse voolu

tekitab vihm, mille kestus ületab projekteerimispunkti valgala maksimaalse

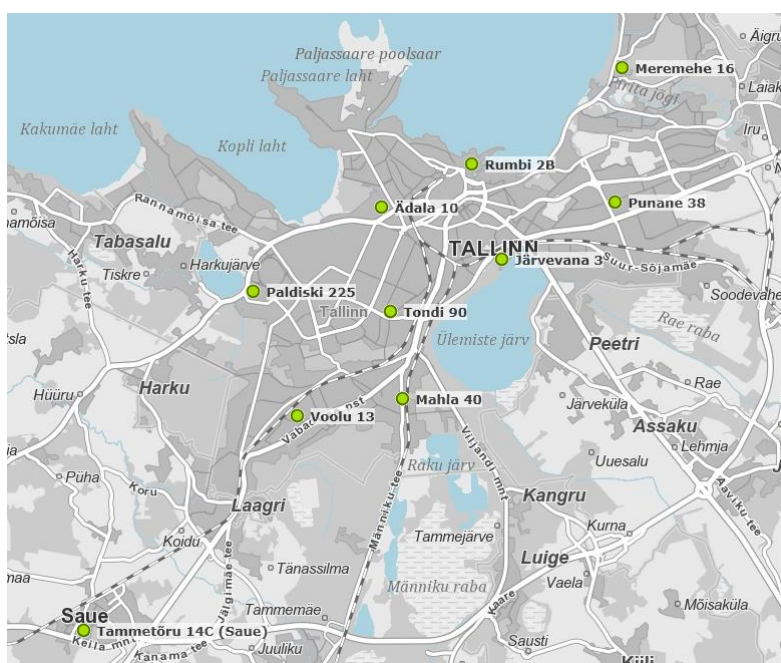
vooluühendit. [18]

Kui tõenäosus on väiksem, seda tugevam on vihm ja suurem sademete hulk

projekteerimisel. [18]

2. AS TALLINNA VESI KOGUTUD ANDMED 2013-2019

AS Tallinna Vesi on vee ettevõtte, kes tegeleb joogivee tootmise ja tarbijateni toimetamisega ning heitvee ärajuhtimise ja puhastamisega [19]. AS-il Tallinna Vesi on igapäevaselt töös vihmade tuvastamiseks 10 seirejaama, mis registreerivad sademeid erinevates Tallinna piirkondades Tallinnas ja Sael (Joonis 1). Antud töös on kasutatud kogutud andmeid aastast 2013-2019. Seirejaamad asuvad Järvevana 3, Mahla 40, Meremehe tee 16, Paldiski 225, Punane 38, Rumbi 2B, Tammetõru 14C, Tondi 90, Voolu 13 ja Ädala 10. Tammetõru 14C asukoht on Sael. Tammetõru 14C seirejaamas alustati mõõtmisi alates 2018. aastast.



Joonis 1. AS Tallinna Vesi seirejaamade asukohad

2.1 Andmete kogumine

AS Tallinna Vesi poolt kasutatakse sademete seireks firma Nivus seadmeid (Lisa 1). Vihmamõõttjad tuvastavad vihma languse maapinnale. AS Tallinna Vesi kasutab integreeritud soojendusega RM202 mõõteseadmeid, mis töötavad ka miinuskraadidel ning tuvastavad ka tahked sademeid nagu lumi ja rahe. Mõõttjad on paigaldatud strateegiliselt reeglina joogivee või kanalisatsiooni pumplate katustele, kus ei ole segavaid puid või rajatisi, mis mõjutaksid sademeid või ummistaks mõõteseadet. Iga vihamõõttja kogub sademeid 200 cm² alalt ja maksimaalselt registreeritakse intensiivsus 11 min/min. Mõõtmise tugineb kallutamise printsiibil (tipping bucket method), kus kiik/lüliti annab impulssi iga 0,1 mm sademete korral. Impulsid koos

kuupäeva ja kellajaga kogutakse esmalt lokaalsesse andmesalvestisse ja seejärel saadetakse pidevalt online töötava GSM modemi kaudu AS Tallinna Vesi kesk serverisse, kus on võimalik online jälgida sademeid ja teha vajadusel ka erinevate perioodide kohta päringuid. Lokaalsetes andmesalvestites säilivad andmed ka siis kui kaob side kesk serveriga, kuna kõik seirejaamad töötavad autonoomselt. Voolu katkedes suudavad seirejaamad aku toitel töötada umbes 1 nädal ja andmed kokkuvõttes kaduma ei lähe.

Andmed edastatakse kesk serverisse, millel on ulatuslikud võimalused seirele ja häirete edastamiseks. Mõõtja tüüp Nivus RM202 (Foto 1) on toodetud roostevabast terasest ja varustatud sõelaga, mis takistab lehtede ning lindude väljaheite sattumist mõõtja sisemusse, mis ummistab kiiklüliti või siis moonutab mõõtetulemust.

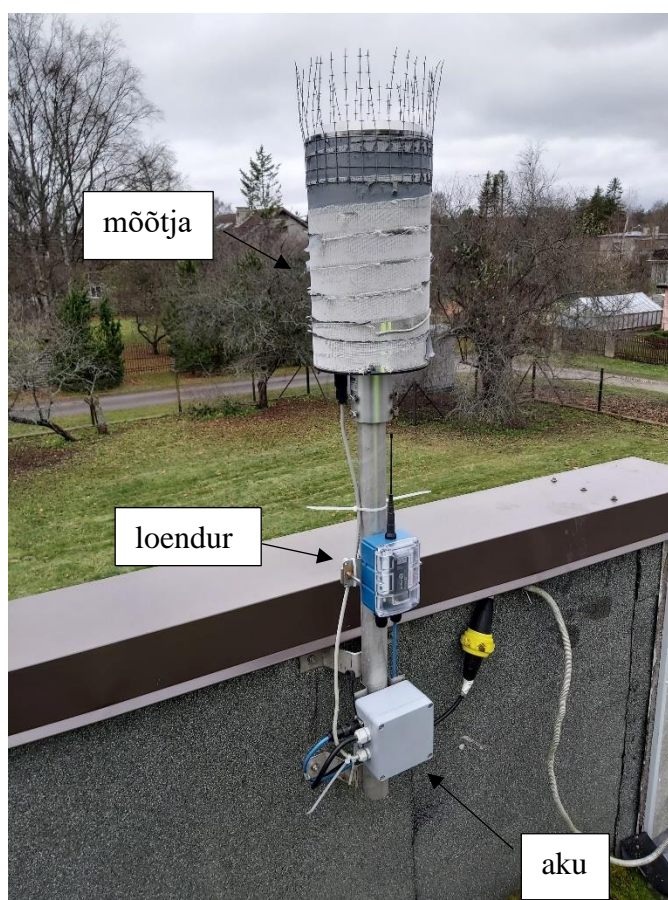


Foto 1 Meremehe 16 seirejaam

Võrdlus kallutamis- ja kaalumiskõpa meetodi vahel

Kallutamiskõpa vihmamõõtur koosneb mitmest komponendist, mis võimaldab mõõta sademeid täpselt. Mõõtur töötab järgmiselt: vihma saju korral langeb vihma piisk lehtrisse, voolab mööda letrit alla kahte kalibreeritud nii-õelda ämbrisse. Kui kalibreeritud kogus on saavutatud vabastab magnet hoidiku mille tulemusena langeb teise nii-õelda ämbrisse tilk. Peale seda voolab vesi äravoolukohast ära ning see järel tõuseb teine nii-õelda ämber alg asendisse tagasi ja on valmis uut vihmapiiska vastu

võtma. Peale vihmapiisa langemist sensorile on võimalik tulemust näha koheselt või see saadetakse ilmajaama. Ekraan loendab, mitu korda lülitit käivitatakse, kuna masin on seadistatud nii, et on teada palju on vaja vihma täitmiseks, tänu sellele saab ekraan arvutada sademete arvu välja. [20]

Vihmamõõtureid kasutatakse laialdaselt sademete andmete kogumiseks. Need on lihtsasti kasutatavad ja vastupidavad, saab paigaldada erinevatesse piirkondadesse, mida omakorda on võimalik ühendada erinevate seire- või salvestusseadmetega. Mõõtmisvead võivad tekkida tugevate vihmade, tuulte ja aurustumise tagajärjel. Kasutatakse kahte kalibreerimise meetodit. Nendeks kalibreerimise meetoditeks on staatiline ja dünaamiline. Staatiline kalibreerimine toimub nivelleerimise abil. Mõõtur korrigeeritakse vastavalt õigesse asendisse, reguleeritakse nii kaua, kuni kindel veekogus on saavutatud. Katset korratakse mitu korda ja arvutatakse ämbri keskmine maht. Vihma mõõturi tulemus esitatakse millimeetrites. Dünaamiline kalibreerimine proovib alatäitmist arvestada. Dünaamilises kalibreerimises võrreldakse omavahel mõõdetud vihmamõõturite tulemusi tegelike sademete tulemustega. Tegelikud sademete tulemused on arvutatud voolukiiruste, vihmamõõturi läbimõõdu ja mahu põhjal. [21]

Kaalumismõõtur on tihti kasutatav vihmamõõtur. Sisaldab vastuvõtja ämbrit, toetavat vedru ja kaalu mehhanismi. Ämbri kaalu suurenemisel vahendatakse info pliatsile, mis avaldab andmed koguda ja salvestada. [22]

Võrreldes Lambrecti kallutamismõõturit (LTB) ja Ott Pluvio2 (OP2W) kaalumismõõturit. Leiab nii sarnasusi, kui ka erinevusi. Mõlema mõõturi mõõtmis täpsus on 0,1mm, gabariidid on paigaldatud 1,3 meetri kõrgusele maapinnast ning nendel puudub küttesüsteem. Üheks erinevuseks on see, et kallutamismõõturil puudub tuulekaitse, kuid kaalumismõõturil on see olemas. Kallutamismõõturil sademed voolavad mööda lehtrit alla, kuid kaalumismõõtur on avatud kollektor, kus sademed voolavad otse kaalumisnõusse. Kaalumismõõtureid loetakse tõhusamaks, kui kallutamismõõtureid seepärast, et ajaline viivitus on väiksem kuna kallutamismõõturitel tekib aurustumis-, niisutus- ja tuulepuhangu kadu. Tihe lume sadu mõjutab mõlemat mehhanismi, kuid veidi vähem kaalumismõõturit, sest see on suurema mahutavusega ja sügavam. Võrdluses rakendatakse kogu sademeid, keskmist õhutemperatuuri, tuulekiiruse andmete tulemusi 1, 30 ja 10 minutiliste intervallidega. Vaatlused on käepärast ainult kolme tunniste intervallidega päevasel ajal, seega on võimalik, et sademete analüüs sisaldab mõningaid segaseid sademeid. Kaalumismõõturi andmete aluseks on võetud sademete algus ja lõpp, kuna sellel on usaldusväärne töömehhanism. Kõik meteoroloogilised andmed on koondatud tunnisteks intervallideks. [23]

Selleks, et analüüsida andmeid on kahe mõõturi sademete erinevused kalkuleeritud. Temperatuuri ja tuule andmeid võrreldakse sademete andmetega, et saada teada nende mõju. [23]

Temperatuur ja tuul mõjutavad lõplike tulemusi. Kui õhutemperatuur langeb alla nulli, mõjutab see kallutamismõõturi sees olevat lehtrit. Kallutamismõõturil puudub tuulekaitse, see on kindlasti üks suuremaid põhjuseid, miks võivad erinevused sisse tulla. [23]

2017. aastal võrdles Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistus enda ja AS-i Tallinna Vesi sademete andmeid. Keskkonnaagentuur Riigi Ilmateenistus kasutab *weighing bucket* ehk kaalumis meetodit ning AS Tallinna Vesi kasutab *tipping bucket* ehk kallutamismeetodit. Vaatluse all oli üheksa AS-i Tallinna Vesi vaatlusjaama (Ädala 10, Rumbi 2B, Järvevana 3, Punane 38, Paldiski mnt 225, Tondi 40, Mahla 40, Voolu 13, ja Meremehe 16) ja Harku Meteoroloogia jaam. Harku Meteoroloogia jaama andmed erinesid AS-i Tallinna Vesi andmetest. Erinevus oli küllaltki märkimisväärne, millest võib järeldada, et kuna meetodid on erinevad, mõõturite tüübid on erinevad siis andmete erinevused tulevad sisse. [24]

AS Tallinna Vesi teostab seirejaamadele regulaarselt kevadeti ja sügiseti kohapeal hooldust ning veendub seadmete korrasolekus.

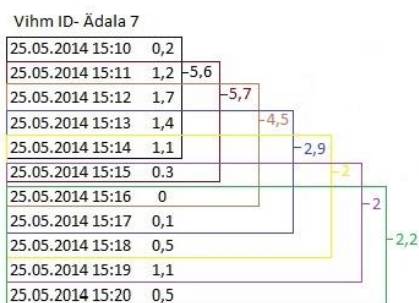
Vajalik analüüs on vaja läbi viia intensiivsuste osas, teada saamiseks kas intensiivsed vihmad, mis on sadanud on põhjusteks, miks on tekkinud tänavatel uputusi ning millest tulenevalt torustike vastuvõtt on ammendunud.

2.2 Andmete töötlus

Käesoleva magistritöö raames teostati andmetöötlus 2013-2019 aastal kogutud informatsiooni põhjal. Sademete mõõtjad salvestavad andmeid ühe minutiliste intervalliga. Selleks, et vähendada andmete mahtu ja töötlemise kiirust, sai sademed summeeritud viie minutilisteks. Vihma alguseks (Talgus) defineeriti olukord, kus viie minuti jooksul mõõdetud sademete summa oli võrdne või üle 1 mm ning eelmise vihma lõpust (Tlõpp) oli möödunud vähemalt 15 minutit. Vihma lõpuks (Tlõpp) loeti olukord, kus 5 minuti jooksul mõõdetud sademete summa oli väiksem kui 0,2 mm/min. Tulenevalt vihmamõõtja mõõtmisveast 0,1 mm/min sai valitud 0,2 mm/min.

Igale vihmale määrati omaette ID selleks, et oleks pärast lihtsam vihmasid seirejaama põhiselt eristada. Kõik vihmad, mis jäid alla viie minuti jäid kõrvale.

Kõikide jaamade sademed koondati ühtsesse Exceli tabelisse. Vihmade koondtabelis on ära toodud sademed (mm), vihma ID, algus aeg, lõpp aeg, vihma kestvus (min) ning leitud vihmade maksimumid viie minutilise sammuga. See tähendab, et tuli leida igast vihmast maksimumid, selleks oli vaja läbi arvutada vihma kestvuse jooksul kõik võimalused 5 minuti kestvusega perioodi maksimumid. Suurima arvuga maksimum võeti arvesse. Näiteks vihma ID-ga Ädala 7 puhul registreeriti vihma kestvuseks 11 minutit. 11 minuti jooksul registreeriti summaarselt 8,1 mm sademeid mis tähendab, et vihma kestusesse mahub 5 minuti maksimum ja 10 minuti maksimum. Selleks, et saaks hakata leidma 5 minuti maksimumi, tuli kõigepealt vaadata, mis sademetest 11 minutiline vihm koosneb. Skeemilt 1 on näha, et vihm koosneb: 0,2; 1,2; 1,7; 1,4; 1,1; 0,3; 0; 0,1; 0,5; 1,1; 0,5 mm sademetest. Seejärel liites kokku esimese viie summa, milleks on 5,6 sellest järgmise, mis on 5,7. Arvutuskäik tuleb teha kuni lõpuni välja, kus selgub, et altpoolt võttes viis esimest annavad summaks kokku 2,2. Kõikidest tulemustest kõige suurem tulemus tuli võttes ülevalt teisest alates viis numbrit, mis teevad kokku 5,7 ehk 5 minuti maksimum on selles vihmast on 5,7.



Skeem 1 Vihm ID-ga (Ädala 7) 5 minuti maksimumi leidmine

11 minutilise vihma sees leidub ka 10 minutiline maksimum, mis tuleb leida. Selleks samamoodi tuleb läbi arvutada esimese 10 vihma summa milleks on kokku 7,6 (Skeem 2.) ning teine võimalus, milleks tuleb summaks 7,9 (Skeem 2.). Mis näitab, et 10 minutilise vihma maksimumiks on 7,9 mille saab, kui liita altpoolt kokku esimesed kümme arvu.

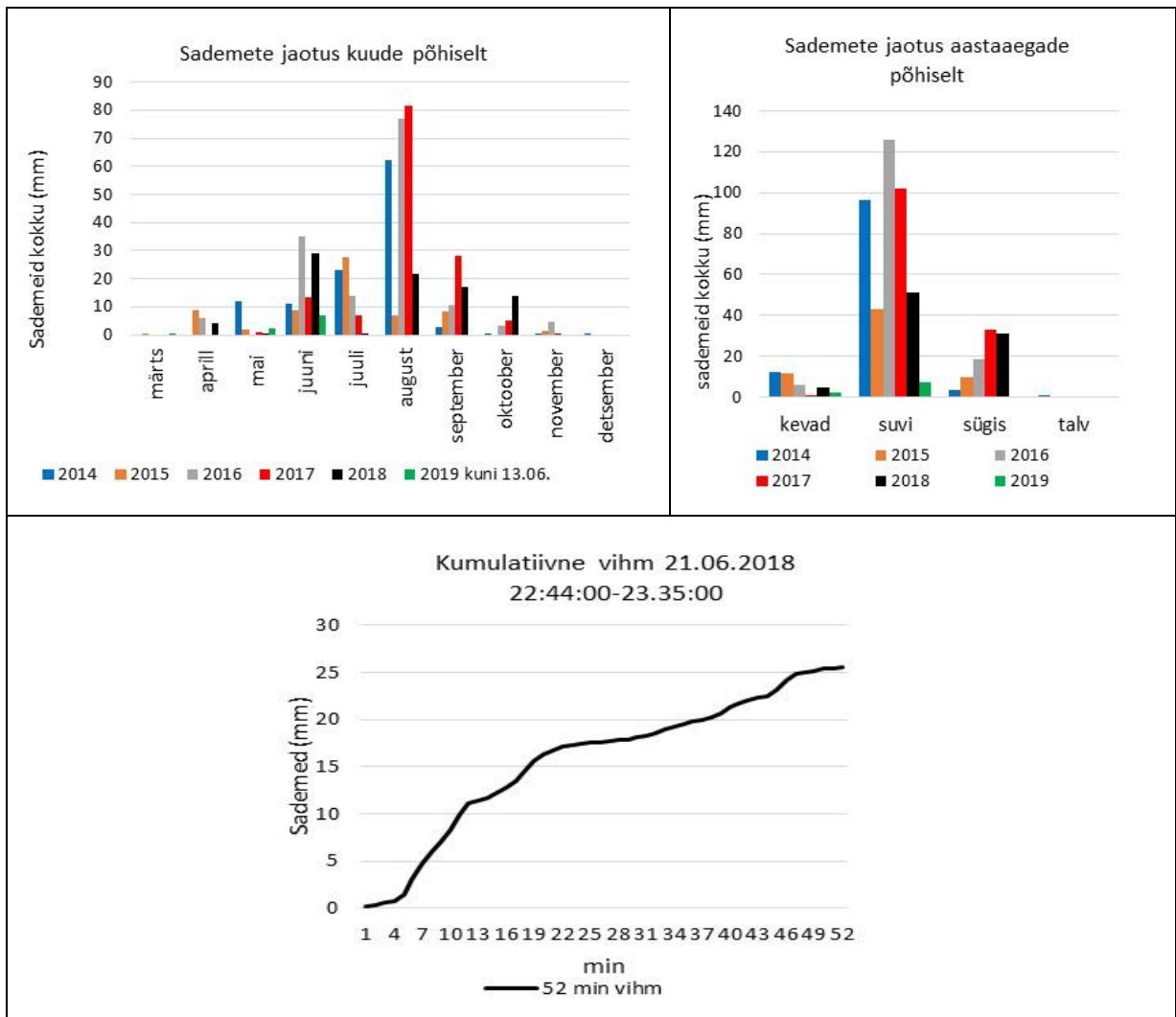
3. ANDMETE ANALÜÜSI TULEMUSED

Käesolevas peatükis käsitletakse ja analüüsitakse mõõtmistulemusi seirejaamade kaupa. Esmalt on vaadeldakse sademete hulka kuude põhiselt ja aastaegade võrdluses ning seejärel sademete intensiivsust ning maksimaalseid sademeid.

3.1 Ädala 10

Ädala jaama esimene vihm registreeriti 8.05.2014. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused väga erinevad. Suurimad sademed registreeriti just augustikuus (Joonis 2 üleval vasakul). Märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid sademed reeglina alla 20 mm. Juuni, juuli ja september registreeriti sademeid üle 20 mm (Joonis 2 ülevalt vasakul). Joonisel 2 all keskel on välja toodud Ädala jaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06.2018. õhtupoolikul. Sadanud 52 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 25,6 mm sademeid (Joonis 2 all). Vihma algus ja lõpp olid rahulikumad, keskel oli vihm tugevam.

Aastaegade võrdluseks jagati sademed kuude kaupa järgnevalt: kevad - märts, aprill, mai; suvi - juuni, juuli, august; sügis - september, oktoober, november ning talv-detsember, jaanuar ja veebruar. Ädala seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 2 üleval paremal). 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 120 mm (Joonis 2. üleval paremal). 2017. ja 2018. aasta sügiskuudel oli 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 2 üleval paremal.). Talvekuudel on sademete hulk olnud väga väike. Antud analüüs sisaldab 2014. aasta detsembrikuu sademeid, teistel aastatel ei ole talvekuudel sademeid registreeritud.



Joonis 2. Ädala 10 seirejaama sademed

Tabelis 1 on välja toodud Ädala jaama 6 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui 2016. aastal olid väärtused tagasihoidlikud, siis alates aastast 2017. on väärtused olnud tõusvas joones kuni 2019. aastani. 6 aasta tulemusi vaadeldes on aastate vaheline erinevus üsna suur. Alates 20 minutist on tulemused olnud väga erinevad, väärtused on jäänud 3-25,5 vahele.

Tabel 1 Sademete aastamaksimaalsed väärtused(mm) Ädala seirejaamas, 2014-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2014	6,1	11,8	15,9	19,1	9,4	10,9	12,5	13,3	14	15	15,6	16,4
2015	2,4	4,7	5,8	6,9	7,1	8,4	2,8	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
2016	3,9	5,7	6,8	7,7	8,2	9	8,7	9,3	9,9	10,7		
2017	5	8	9,7	13,3	17	18,8	19,3	20,2	21,9	23,6	24,1	
2018	7	10,9	14,9	16,7	17,6	18,4	19,9	21,8	24,4	25,5		
2019*	1,2	1,8	2,5	3	3,4	4	4,6					

*poolik aasta

Ädala 10 jaamas mõõdetud sademete maksimaalsete intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 3, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2014-2018 kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

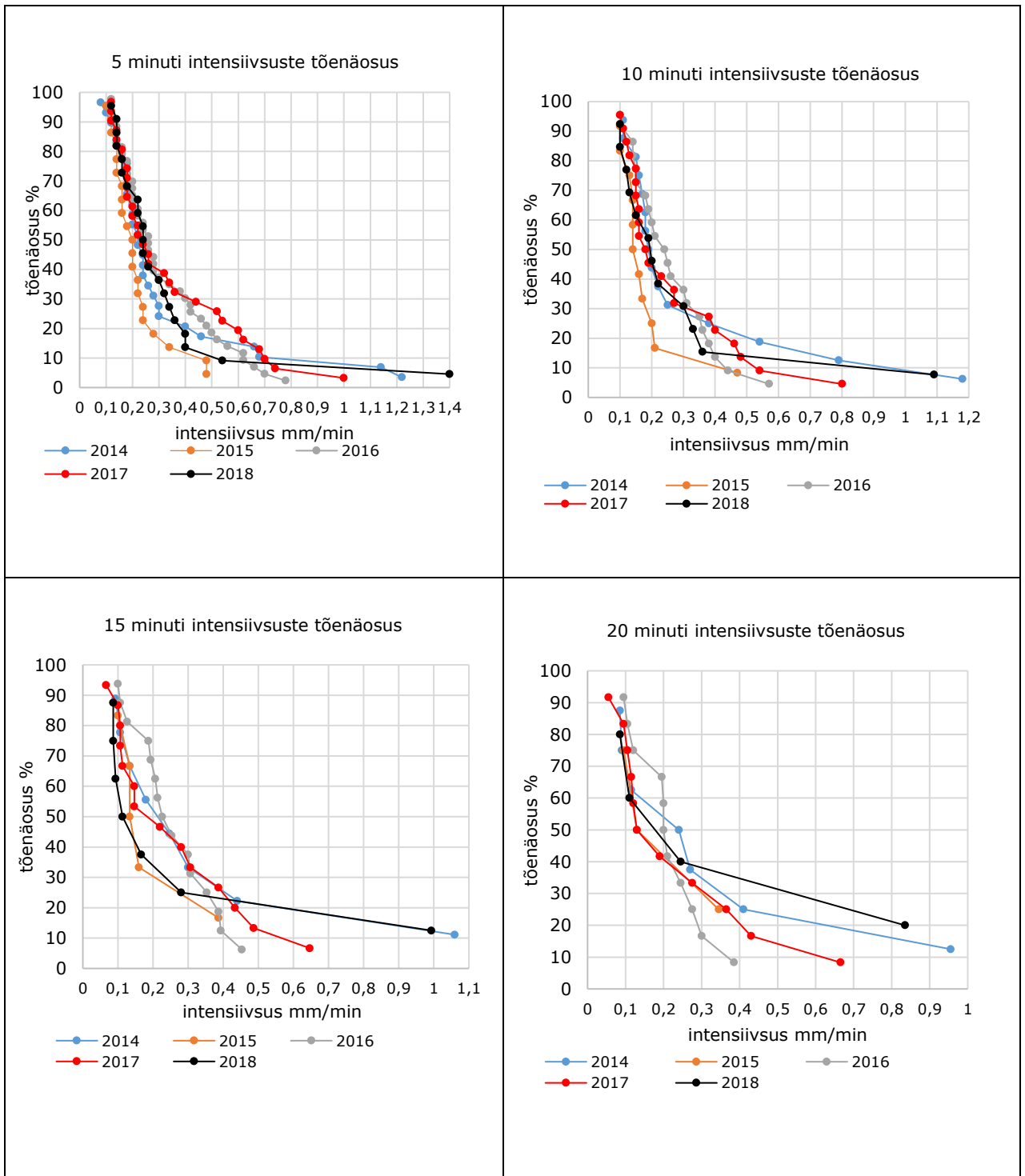
Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 130 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, vaid 2 (Lisa 2). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madalama intensiivsusega, eriti paistab silma väheste sademetega 2015. aasta (Joonis 3 ülalpool vasakul). Sademe rohkusel aastatel 2016. ja 2017. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,2 ja 0,26 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti vihmade puhul varieerusid märgatavalt vahemikus 0,48 mm/min 2015. aastal kuni 1,4 mm/min 2018. aastal. 2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad selgelt ka 10, 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 3 ülalpool paremal ja allpool).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,4 ja 1,2 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,11 ja 0,24 mm/min.

Vihmasid, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 37. Maksimaalsed väärtused varieerusid 2015 aastal 0,35 kuni 0,96 mm/min 2014. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,13 - 0,24 mm/min.

25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 22 (Lisa 2) ja graafikuid välja ei ole toodud. 2016. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,7 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,19-0,23 mm/min.

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmaseid langes samuti aastasse 2016. Maksimaalne intensiivsus oli 0,63 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,18-0,36 mm/min. 60 minuti sademeid oli kahel korral, üks näiteks 2014. aastal intensiivsusega 0,27 mm/min ja teine 2015. aastal, intensiivsusega 0,07mm/min.

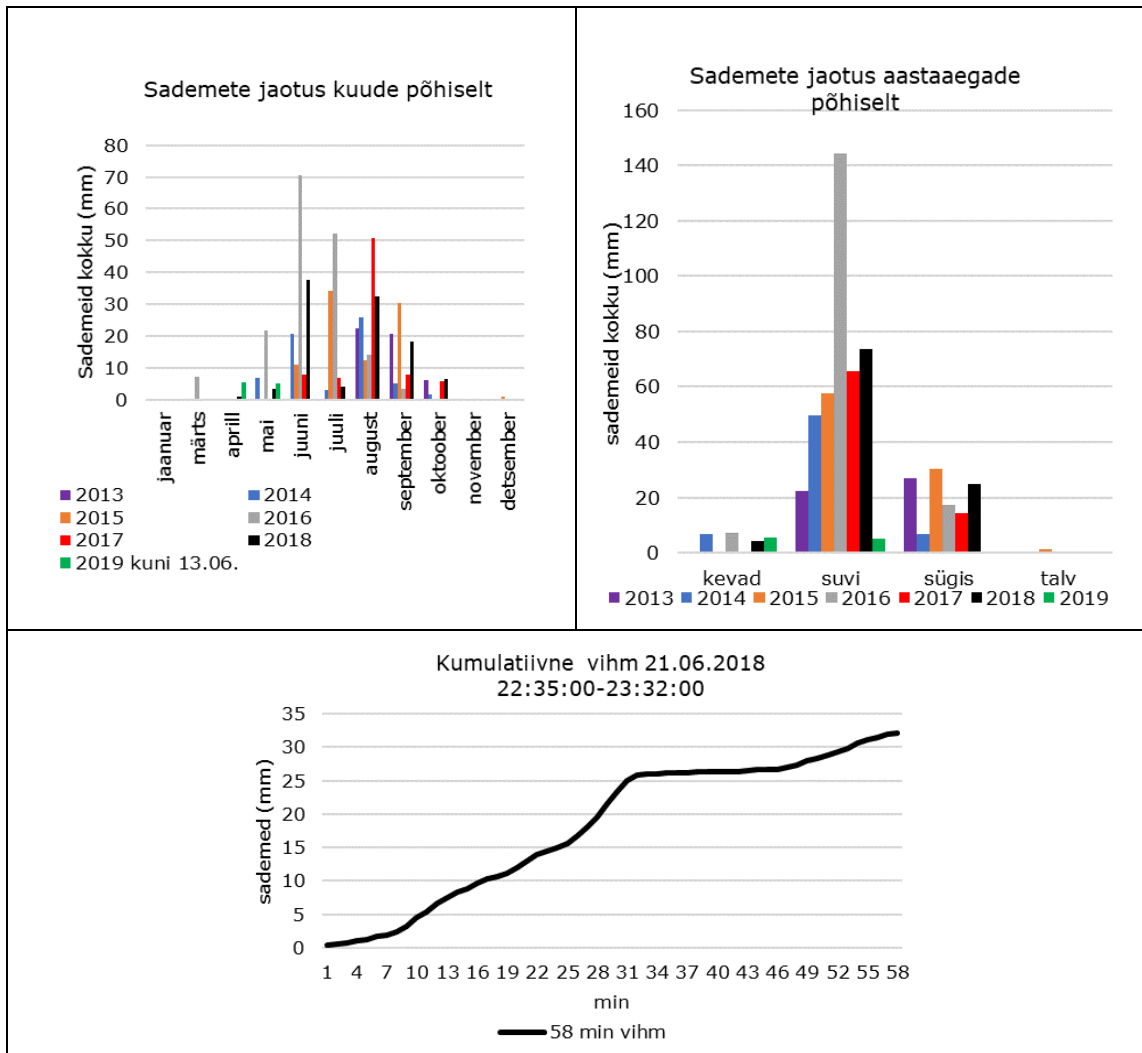


Joonis 3. Vihmade intensiivsus

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmased langes samuti aastasse 2016. Maksimaalne intensiivsus oli 0,63 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,18-0,36 mm/min. 60 minuti sademeid oli kahel korral, üks näiteks 2014. aastal intensiivsusega 0,27 mm/min ja teine 2015 aastal, intensiivsusega 0,07mm/min.

3.2 Järvevana 3

Järvevana jaama esimene vihm registreeriti 12.08.2013.aastal. Joonis 4. üleval vasakul annab ülevaate sademete jagunemise kuude põhiselt. Suurimad sademed registreeriti augustikuus. Juuni-, juuli- ja augustikuus oli sademete hulk suurem kui teistel kuudel. Kui muidu oli maikuus sademeid alla 10 mm, siis 2016. aasta maikuus on sadanud üle 20 mm. 2013. ja 2015. aasta septembrikuus oli sademeid rohkem kui teistel aastatel. Jaanuar, aprill, november ja detsember on kuud, kus sademed jäid reeglina alla 5 mm. Joonisel 4 all keskel on välja toodud Järvevana jaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06.2018. enne südaööd. Sadanud 58 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 32,1 mm (Joonis 4. all keskel). Vihma algus oli tugev alates 33 minutist muutus vihm rahulikumaks. 49 minutist alates vihma tugevnes, mis kestis kuni vihm lõppemiseni. Aastaaegade võrdluseks jagati sademed kuude kaupa nii nagu Ädala 10 jaamas. Joonis 4. üleval paremal näitab, sademete esinemist aastaaegade põhiselt. Suvi oli aastaaeg, millal sadas kõige rohkem sademeid. 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 140 mm (Joonis 4. üleval paremal). Varasematel aastatel on suviti sadanud alla 80 mm (Joonis 4. üleval paremal). 2013, 2015. ja 2018. aasta sügiskuudel sadas alla 40 mm, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel. Kevadkuudel jäid tulemused alla 10 mm, talvekuudel on olnud sademete hulk väike. Antud analüüs sisaldab 2015. aasta detsembrikuu sademeid, teistel aastatel ei ole talvekuudel sademeid registreeritud. Detsembrikuus registreeriti alla 5 mm sademeid.



Joonis 4. Järvevana 3 seirejaama sademed

Tabelis 2. on välja toodud Järvevana jaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui 2017 aastal oli väärtused tagasihoidlikud, siis 2016. ja 2018. aastal on väärtused on olnud suuremad. 7 aasta tulemuste põhjal on aastate vaheline erinevus on üsna suur.

Tabel 2. Sademete aasta maksimaalsed väärtused (mm) Järvevana jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	4,7	7,1	9,1	3,1	3,5	3,9						
2014	2,3	3,5	4,1	4,5	5,7	6,4	6,7	6,9				
2015	4	6,7	8,3	9,3	9,4	10,5	11,5	12,3	12,7			
2016	10	15,8	18,9	21,7	6,8	6,4	7,1	7,9	8,8	9,7		
2017	3,9	6,3	5,6	4,6	4,6	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5		
2018	8,2	12	15,6	19,6	24	25,3	26,1	26,3	27,5	30	31,3	15,6
2019*	1,3	2,4	1,9	2,5								

*poolik aasta

Järvevana 3 jaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 5, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

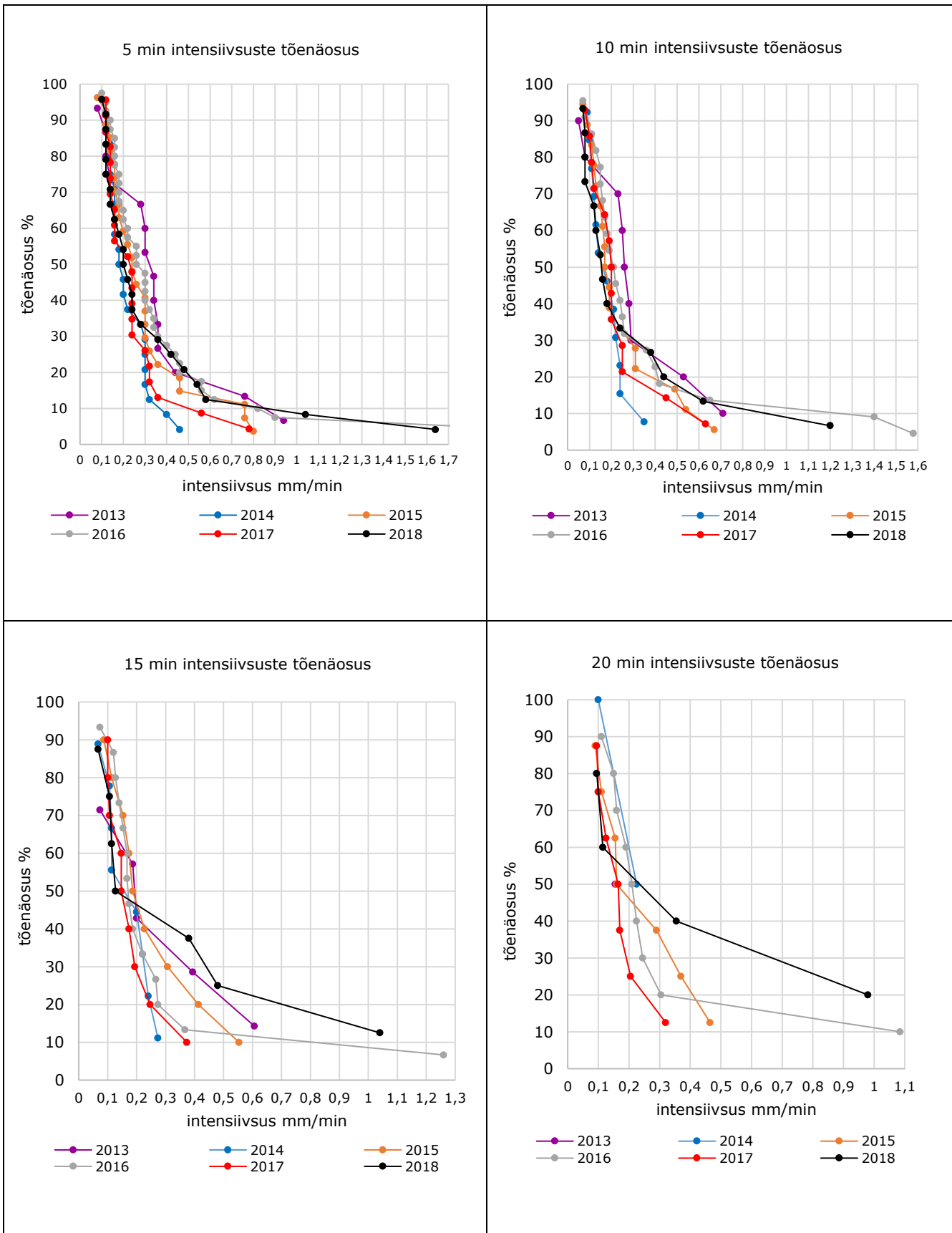
Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 150 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, vaid 1 (Lisa 3). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2014. aasta on olnud väheste sademetega (Joonis 5 ülalpool vasakul). Sademete rohketel aastatel 2013. ja 2018. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,2-0,35 mm/min vahel. 5 minuti maksimaalsed intensiivsused varieerusid märgatavalt vahemikus 0,46 mm/min 2014. aastal kuni 1,6 mm/min 2018. aastal. 2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad selgelt ka 10, 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 5 üleval paremal ja allpool).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,27 ja 1,6 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,12 ja 0,26 mm/min.

Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 31. Maksimaalsed väärtused varieerusid 2013. aastal 0,16 mm/min kuni 1,09 mm/min 2016. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,16-0,23 mm/min.

25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 18 (Lisa 3) ja graafikuid välja ei toodud. 2017. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,96 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,13-0,34 mm/min. 30 minuti vihmaseid oli kogu vaatlusperioodil kokku 10 (Lisa 3).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid aastasse 2015. Maksimaalne intensiivsus oli 0,84 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,13-0,27 mm/min. 60 minuti sademeid oli ühel korral 2018. aastal intensiivsusega 0,26 mm/min.



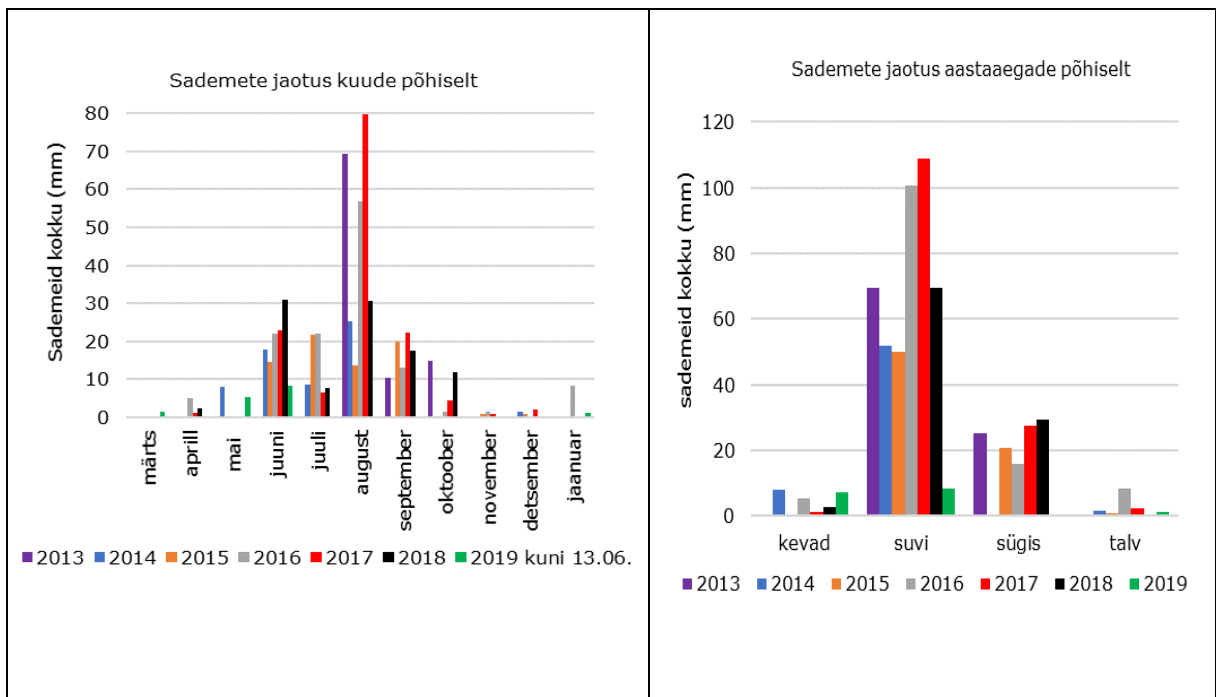
Joonis 5. Vihmade intensiivsus

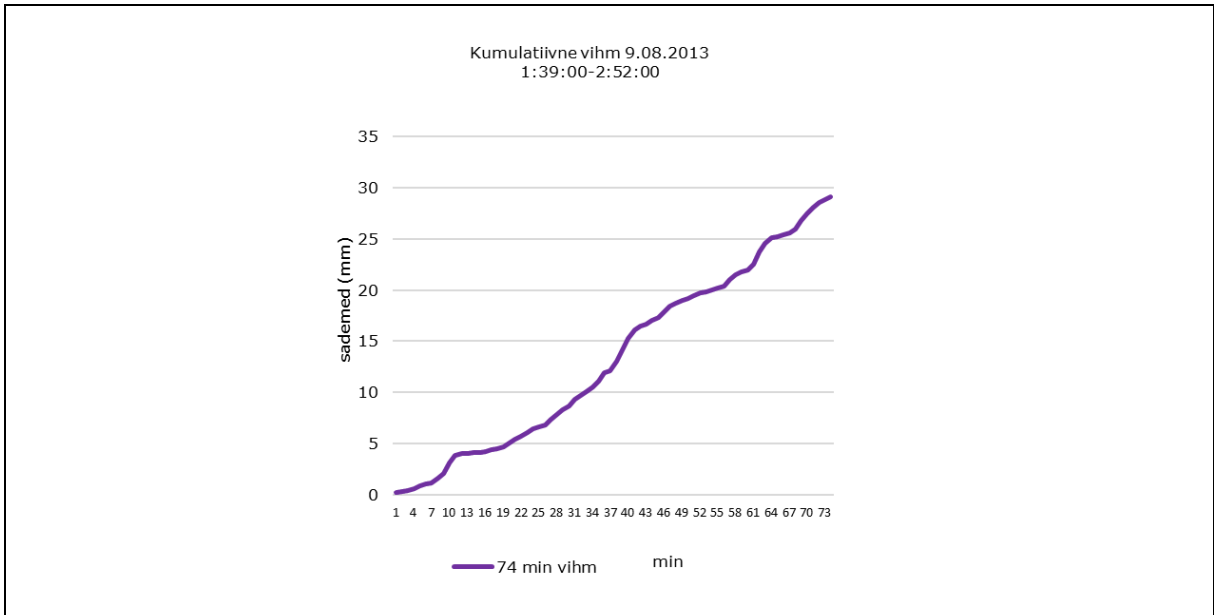
3.3 Mahla 40

Mahla seirejaama esimene vihm registreeriti 30.07.2013. aastal. Joonisel 6 üleval vasakul on välja toodud Mahla seirejaama sademete jaotus kuude põhiselt. Suurimad sademed registreeriti augustikuus. Märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembri, detsembris ja jaanuaris jäid sademed reeglina alla 10 mm (Joonis 6. üleval vasakul). Juuni, juuli ja september registreeriti sademeid üle 20 mm (Joonis 6. üleval vasakul). Joonisel 6 all keskel on välja toodud Mahla seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 9.08.2013. öösel. Sadanud 74 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 29,1 mm sademeid (Joonis 6. all keskel).

Joonisel 6 üleval vasakul on välja toodud sademete jaotus aastaegade põhiselt. Mahla 40 seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 6. üleval paremal). 2017. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 100 mm (Joonis 6. üleval paremal). 2013. ja 2018. aasta sügiskuudel sadas alla 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 6. üleval paremal).

Talvekuudel on sademete hulk olnud tagasihoidlik, 2014, 2015, 2016, 2017 ja 2018. aastal on sademete summa alla 10 mm.





Joonis 6. Mahla 40 seirejaama sademed

Tabelis 3 on välja toodud Mahla seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. 2014, 2015, 2016. ja 2017. aastal olid väärtused tagasihoidlikumad, siis alates 2018. aastast on väärtused olnud tõusvas joones kuni 2019. aastani. 7 aasta tulemuste põhjal aastate vahel on erinevusi. Alates 20 minutist on tulemused üsna erinevad, väärtused on jäänud 2,5-22,9 vahele.

Tabel 3. Sademete aasta maksimaalsed väärtused (mm) Mahla seirejaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	6,4	7,7	9,3	11,1	12,7	14,6	16,8	18,9	21,3	22,9	24,4	25
2014	3,4	3,5	2,8	3,5	3,2	3,8	4,7					
2015	5,2	7,1	7,3	6	7,4							
2016	5,1	5,5	7	7,7	7,4	7,7						
2017	3,1	4,8	6,3	5,7	5,3	5,7	6,7	8	6,9	7,3	7,7	
2018	5,1	9,6	14	15,1	15,4	15,8	16,3	18,7	21,5	22,7		
2019*	2,3	3,7	4,6	2,5	3,2							

*poolik aasta

Mahla jaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 7, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 170 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, vaid 2 (Lisa 4). Üldjuhul on 5 minuti vihm madala intensiivsusega, 2014. aasta on olnud väheste sademetega (Joonis 7 üleval

vasakul). Sademete rohketal aastatel 2013. ja 2017. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,22-0,34 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,62 mm/min 2017. aastal kuni 1,28 mm/min 2013. aastal. 2013. aasta kõrged maksimumid eristuvad selgelt ka 10 minutiliste vihmade puhul (Joonis 7 üleval paremal). 2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 7 üleval paremal ja allpool).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,19 ja 0,96 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,14 ja 0,25 mm/min.

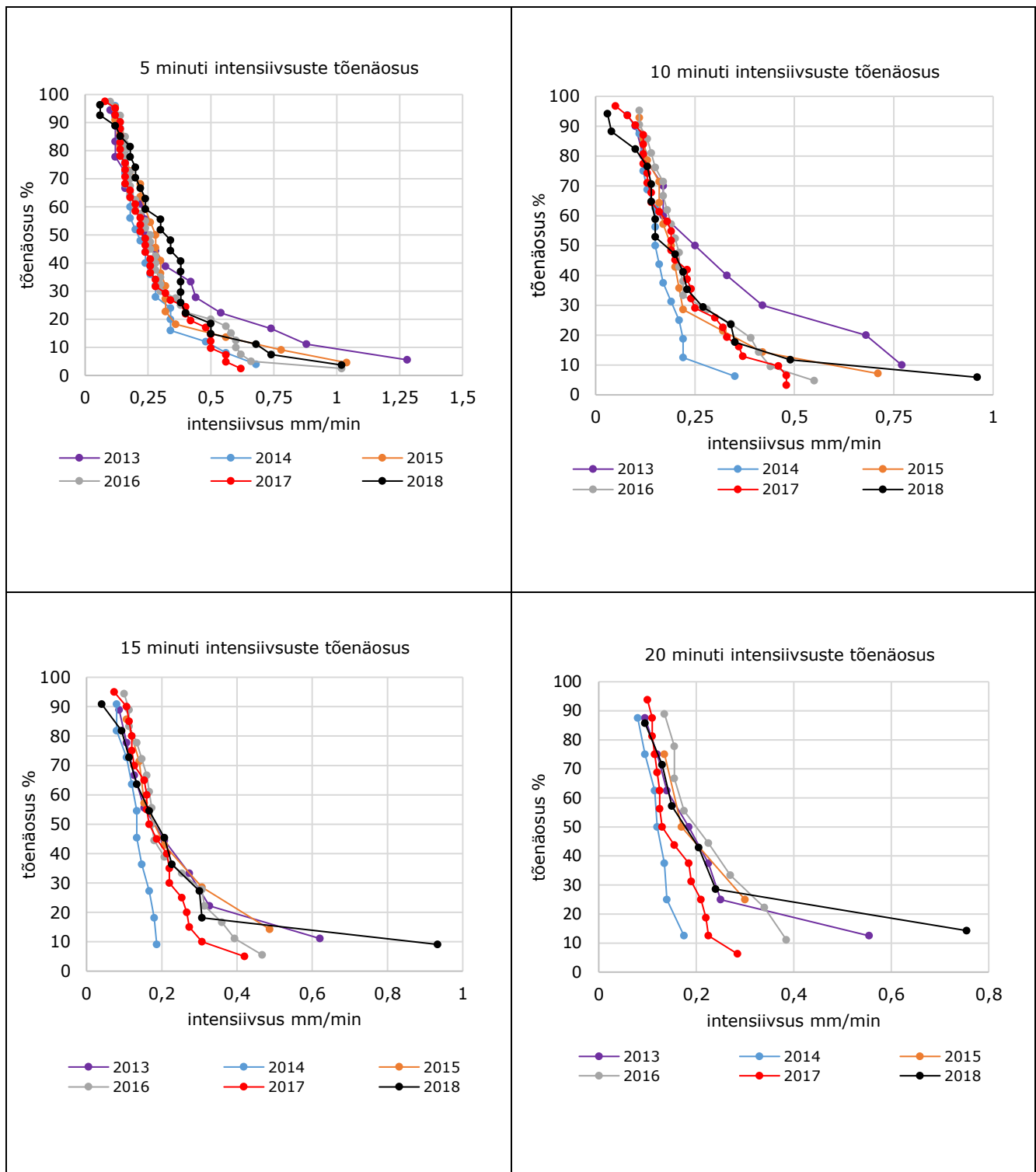
Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 48. Maksimaalsed väärtused varieerusid 2014. aastal 0,18 kuni 0,76 mm/min 2018. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,12-0,18 mm/min.

25 minuti vihmasid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 23 (Lisa 4) ja graafikuid välja ei toodud. 2017. aastal oli neid vihmasid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,21 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,13-0,30 mm/min.

30 minuti vihmasid oli kogu vaatlusperioodil kokku 18 (Lisa 4).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid samuti aastasse 2017. Maksimaalne intensiivsus oli 0,53 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,12-0,26 mm/min.

60 minuti sademeid oli kahel korral 2013. aastal intensiivsusega 0,08 ja 0,42 mm/min.



Joonis 7. Vihmade intensiivsus

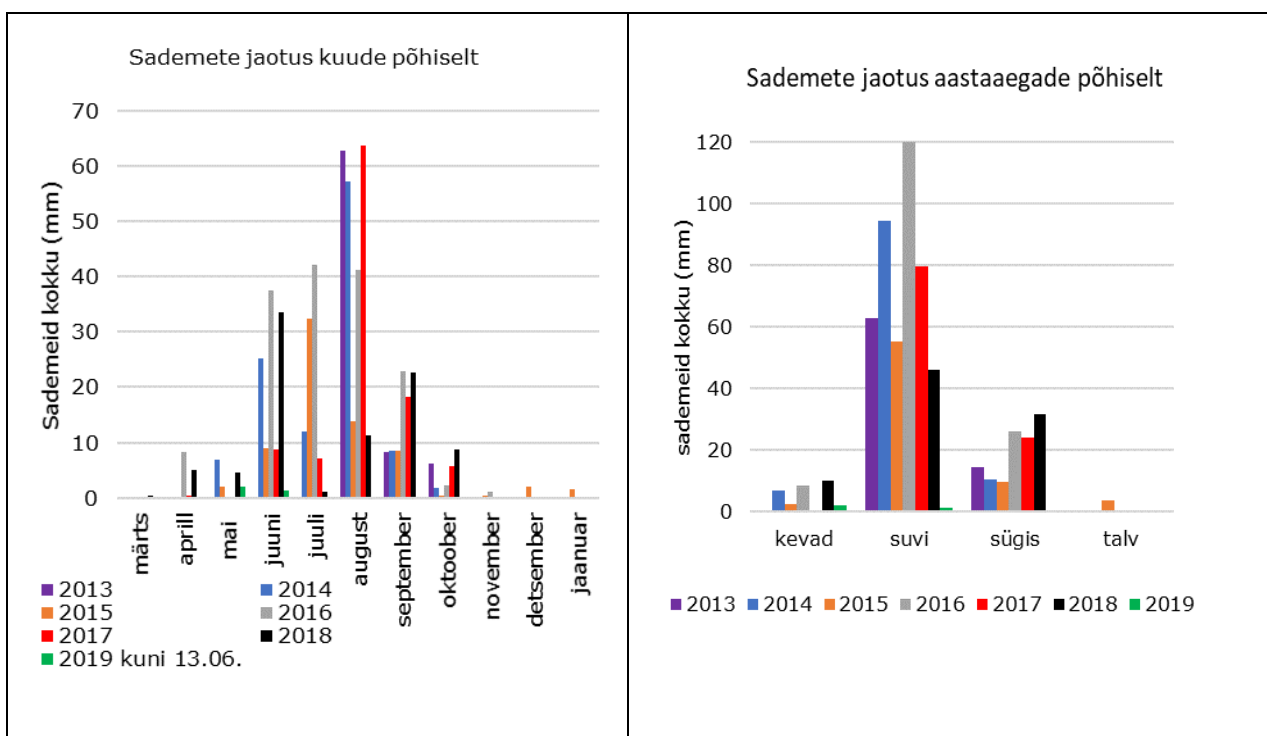
3.4 Meremehe 16

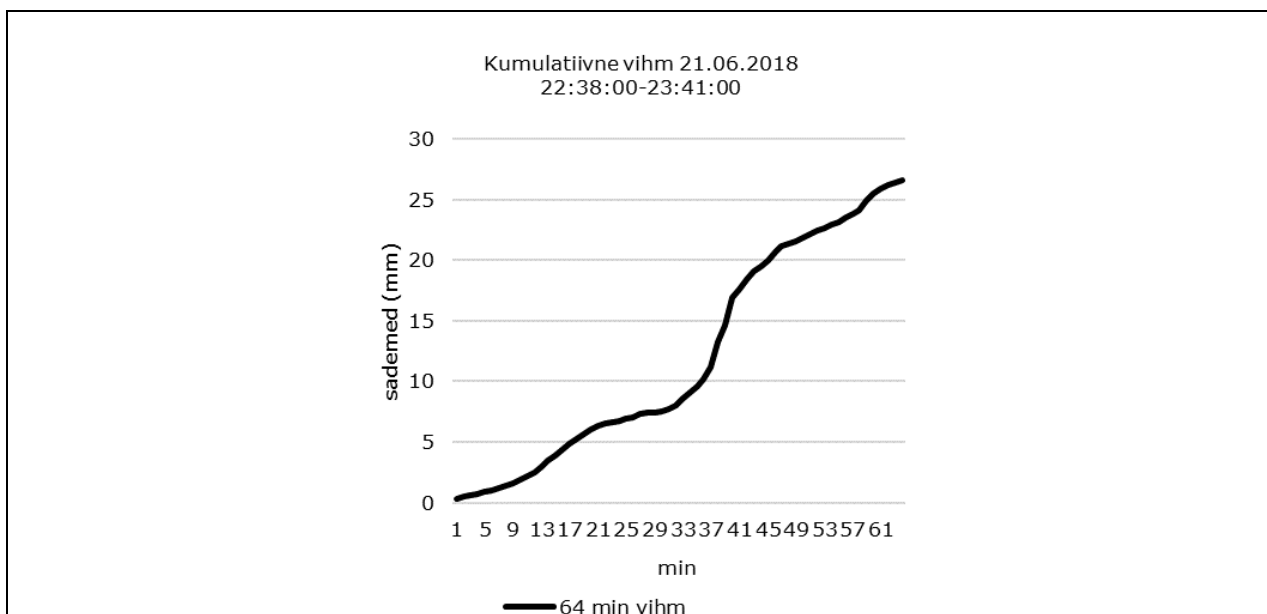
Meremehe seirejaama esimene vihm registreeriti 8.08.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused väga erinevad.

Joonis 8 üleval vasakul näitab sademete jaotust kuude põhiselt. Suurimad sademed registreeriti just augustikuus (Joonis 8 üleval vasakul). Märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris, detsembris ja jaanuaris jäid sademed reeglina alla 10 mm (Joonis 8 üleval vasakul). Juuni ja juulis oli sademeid ligi 40 mm ning septembris jäid sademed 10 ja 20 mm vahele (Joonis 8. üleval vasakul).

Joonisel 8 all keskel on välja toodud Meremehe seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06.2018. enne südaööd. Sadanud 64 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 26,6 mm sademeid (Joonis 8. all keskel). Vihma algus oli rahulik, alates 31 minutist vihm tugevnes, mis kestis kuni vihma lõppemiseni.

Joonis 8 üleval paremal näitab sademete jaotust aastaegade põhiselt. Meremehe seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 8. üleval paremal). 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa 120 mm (Joonis 8. üleval paremal). 2016, 2017 ja 2018 aasta sügiskuudel sadas alla 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 8. üleval paremal). Talvekuudel on sademete hulk olnud väga väike. Antud analüüs sisaldab 2015. aasta detsembrikuu sademeid.





Joonis 8. Meremehe 16 seirejaama sademed

Tabelis 4 on välja toodud Meremehe seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui 2016. aastal olid väärtused tagasihoidlikud, siis alates aastast 2017 on väärtused olnud tõusvas joones kuni 2019. aastani. Alates 20 minutist on tulemused olnud erinevad, väärtused on jäänud 3,7-25,9 vahele.

Tabel 4 Sademete aasta maksimaalsed väärtused Meremehe jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	7,3	7,6	8,8	10,8	8,9	9,9	11,8	12,8	13,7	14,5	16,2	17,7
2014	4,5	6,9	9,2	6,2	6,8	6,5	7,2	7,9	8,6	9,3		
2015	3,9	6,1	8,1	8,5	8,6	10,2						
2016	4,8	5	7,2	8,6	6,9	6,1	7,5	7,4	7,9	8,4	9	9,4
2017	11,2	18,2	21,1	8,5	5,6	3,7	4,3	4,8	5,3			
2018	7,4	10,5	13,2	14,4	15,9	18,2	19,2	20	21,6	23,7	25	25,9
2019*	0,9											

*poolik aasta

Meremehe seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 9, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019 aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019 aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 156 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, vaid 3 (Lisa 5). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2015. aasta on olnud väheste sademetega (Joonis 9. üleval vasakul). Sademete rohketel aastatel 2014. ja 2016. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,2-0,32 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,78 mm/min 2015. aastal kuni 2,24 mm/min 2017. aastal.

2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad 10, 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 9. üleval paremal ja allpool). 2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 7. üleval paremal ja allpool).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,48 mm/min ja 1,82 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,1 ja 0,26 mm/min.

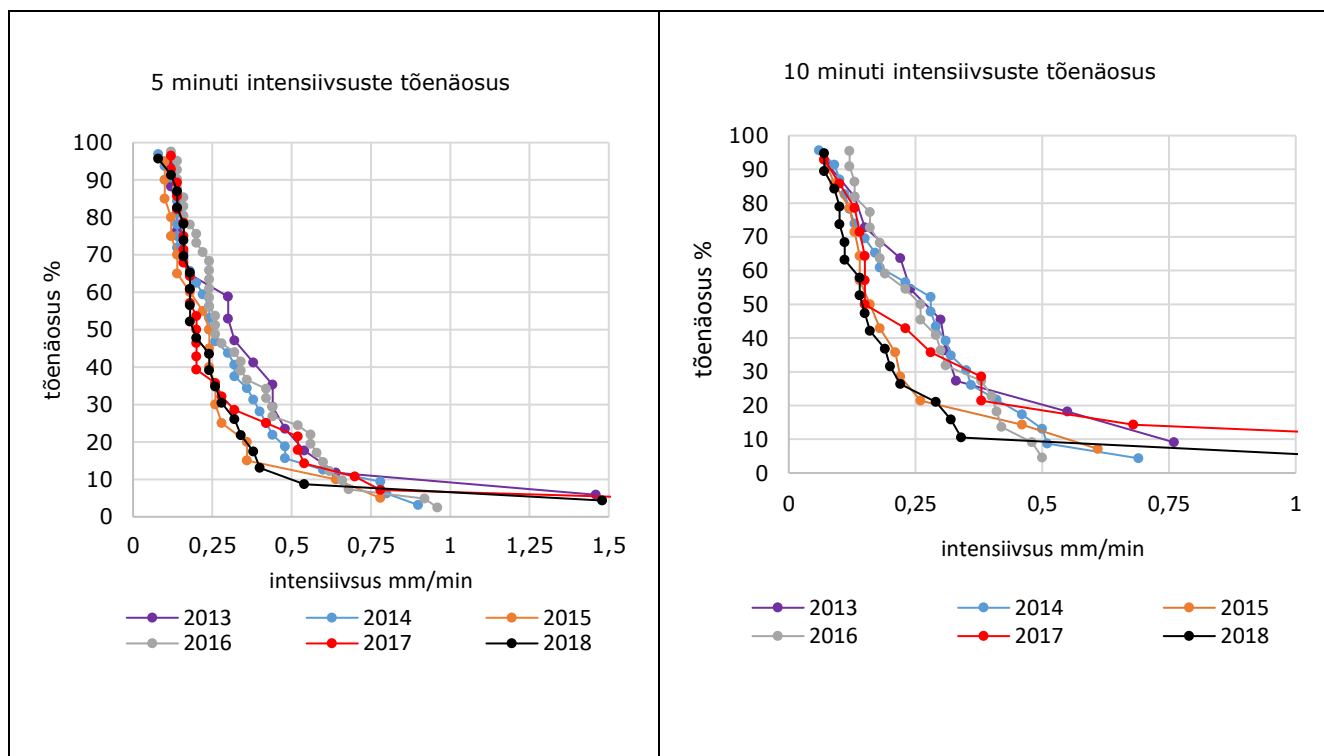
Vihmasid, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 39 (Lisa 5). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2014. aastal 0,31 kuni 0,72 mm/min 2018. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,12-0,22 mm/min.

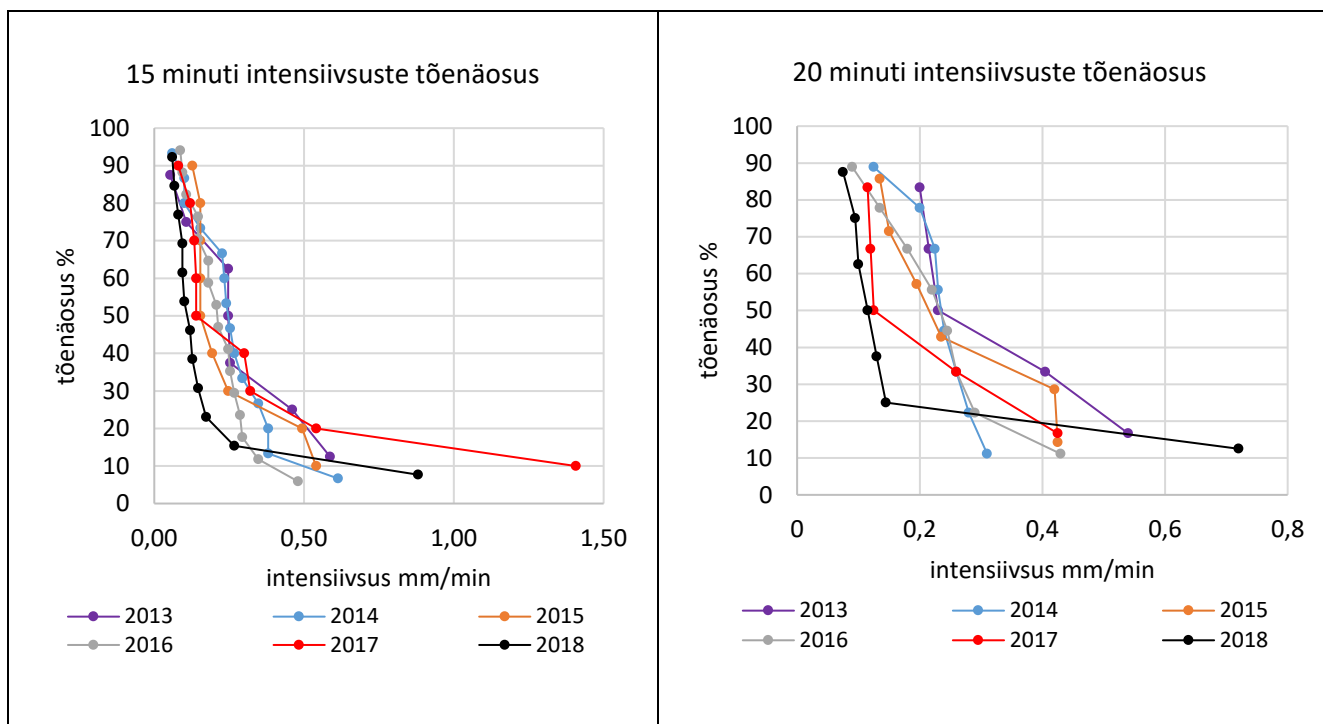
25 minuti vihmasid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 28 (Lisa 5) ja graafikuid välja ei toodud. 2016. ja 2018. aastatel oli neid vihmasid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,64 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,1-0,22 mm/min.

30 minuti vihmasid oli kogu vaatlusperioodil kokku 17 (Lisa 5).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid samuti aastatesse 2016. ja 2018. Maksimaalne intensiivsus oli 0,61 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,11-0,21 mm/min.

60 minuti sademeid oli kokku kolmel korral, näiteks 2013. aastal intensiivsusega 0,3 mm/min, 2016. aastal intensiivsusega 0,16 mm/min ja 2018. aastal 0,43 mm/min.





Joonis 9. Vihmade intensiivsus

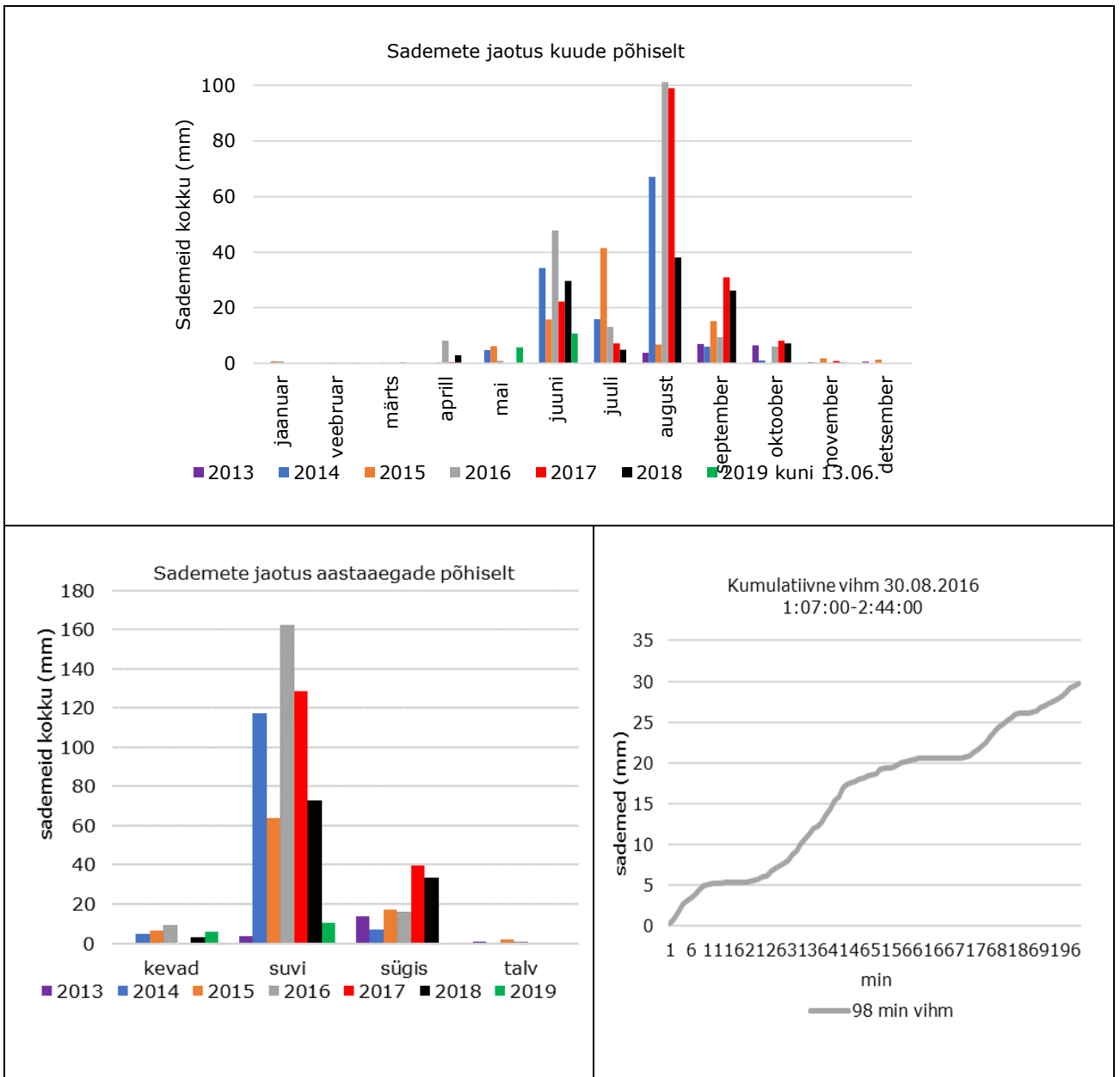
3.5 Paldiski 225

Paldiski seirejaama esimene vihm registreeriti 19.08.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused küllaltki erinevad. Suurimad sademed registreeriti just augustikuus (Joonis 10. üleval keskel). Jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid sademed alla 10 mm. Juuni, juuli ja september registreeriti sademeid reeglina üle 20 mm (Joonis 10. üleval keskel).

Joonisel 10 all paremal on välja toodud Paldiski seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 30.08.2016. öösel. Sadanud 98 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 30 mm sademeid (Joonis 10. all paremal). Vihm oli heitlik, tugevate ja rahulike sajuhoogudega.

Joonisel 10 all vasakul on välja toodud sademete jaotus kuude põhiselt.

Paldiski seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 10 all vasakul). 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 160 mm (Joonis 10 all vasakul). 2017. ja 2018. sügiskuudel sadas alla 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 10 all vasakul). Talvekuudel on sademete hulk olnud väike. Antud analüüs sisaldab 2013, 2015 ja 2016. jaanuari- ja detsembrikuu sademeid.



Joonis 10. Paldiski 225 seirejaama sademed

Tabelis 5 on välja toodud Paldiski seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui 2013, 2014, 2015 ja 2016. aastal olid tulemused tagasihoidlikumad, siis alates aastast 2017. on väärtused olnud tõusvas joones kuni 2019. aastani. Alates 20 minutist on tulemused olnud küllaltki erinevad, väärtused on jäänud 5,1-24,6 vahele.

Tabel 5 Sademete aasta maksimaalsed väärtused Paldiski jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	1,1	2,1	2									
2014	5	5,4	7,3	8,7	8,5	7,5	8,8	10	10,8	11,1	11,2	11,9
2015	3,1	3,3	4,8	6,3	7,5	8,7						
2016	4,1	6,9	9,6	11,4	12,4	13,6	14,4	16	17,8	18,9	19,8	20,6
2017	7,9	14,1	16	16,5	17,8	19,6	22,8	24,1	24,6	8	8,4	8,5
2018	6,4	8,3	9,8	12,5	13,8	15,5	17,1	18,2	19,4			
2019*	2,1	2,9	3,9	5,1	5,8	7,5	8,2					

poolik aasta*

Paldiski seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 11, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 180 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, ainult 4 (Lisa 6). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2013. aasta on olnud väheste sademetega (Joonis 11. üleval vasakul). Sademete rohkusel aastatel 2016. ja 2017. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,2-0,32 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,22 mm/min 2013. aastal kuni 1,58 mm/min 2017. aastal. 2016. aasta kõrged maksimumid eristuvad 10 minutiliste vihmade puhul (Joonis 11. üleval paremal). 2014. aasta kõrged maksimumid eristuvad 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 11. allpool).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,13 ja 1,41 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,1 ja 0,28 mm/min.

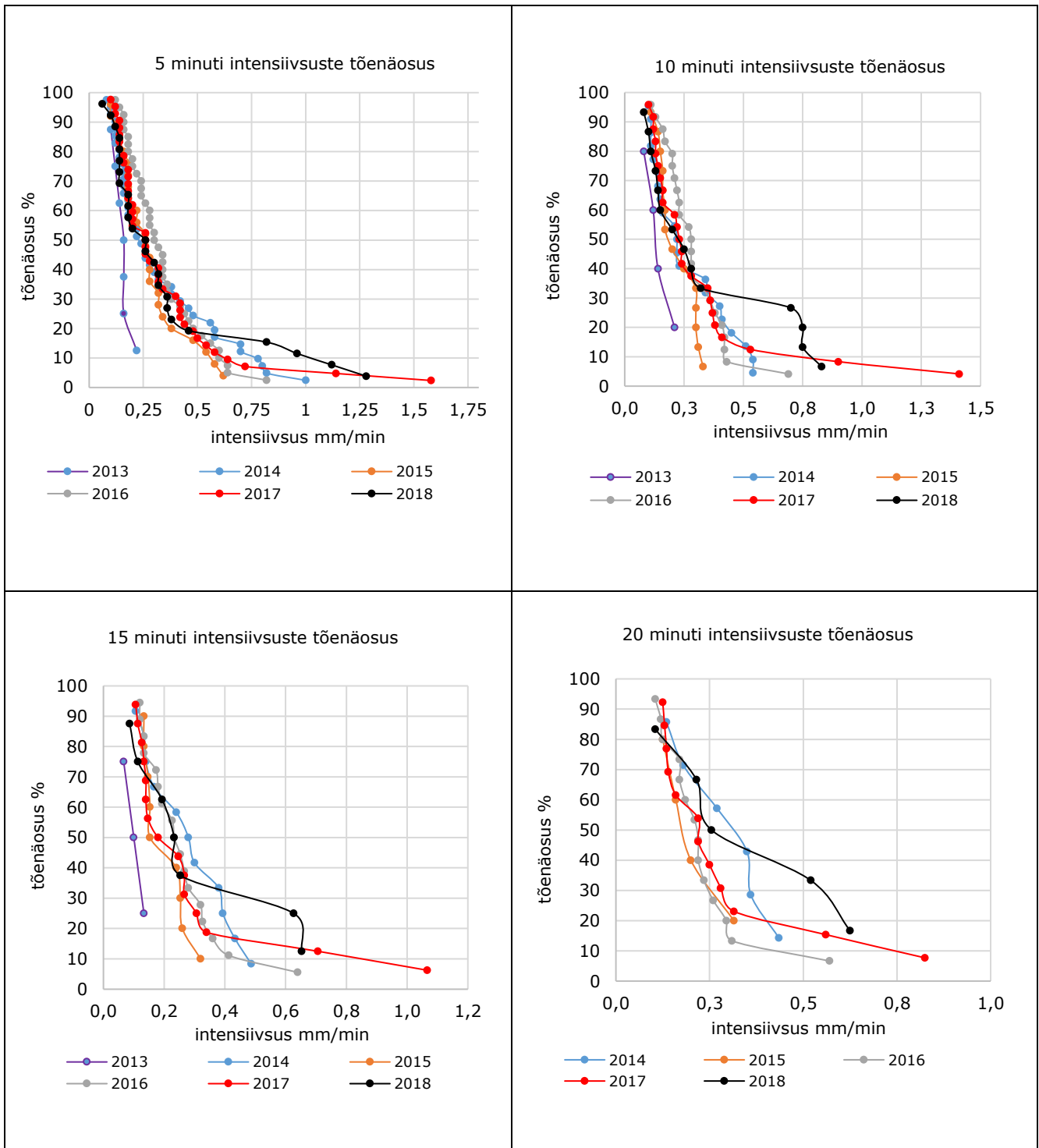
Vihmasid, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 42 (Lisa 6). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2015. aastal 0,32 mm/min kuni 0,83 mm/min 2017. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,27-0,33 mm/min.

25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 24 (Lisa 6) ja graafikuid välja ei toodud. 2016. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,71 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,12-0,23 mm/min.

30 minuti vihmaseid oli kogu vaatlusperioodil kokku 16 (Lisa 6).

Maksimaalne intensiivsus oli 0,65 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,13-0,25 mm/min.

60 minuti sademeid oli kokku neljal korral näiteks 2014. aastal intensiivsusega 0,2 mm/min, 2016. aastal intensiivsusega 0,34 ja 0,27 mm/min ja 2017. aastal 0,14 mm/min.



Joonis 11. Vihmade intensiivsus

3.6 Punane 38

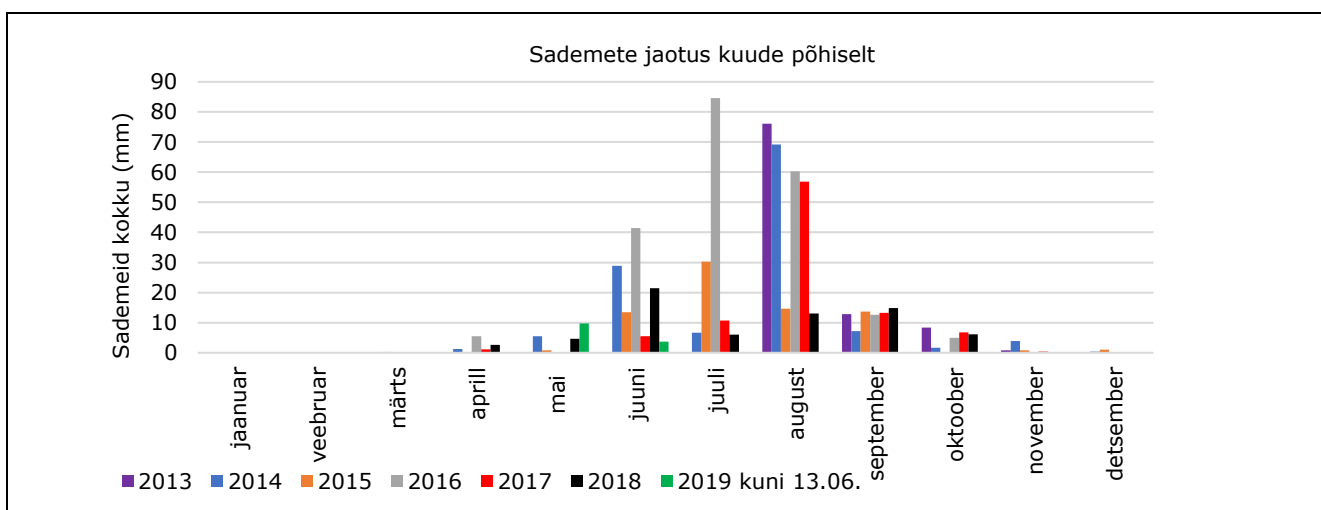
Punase seirejaama esimene vihm registreeriti 30.07.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused küllaltki erinevad. Suurimad sademed registreeriti augustikuus (Joonis 12. üleval keskel).

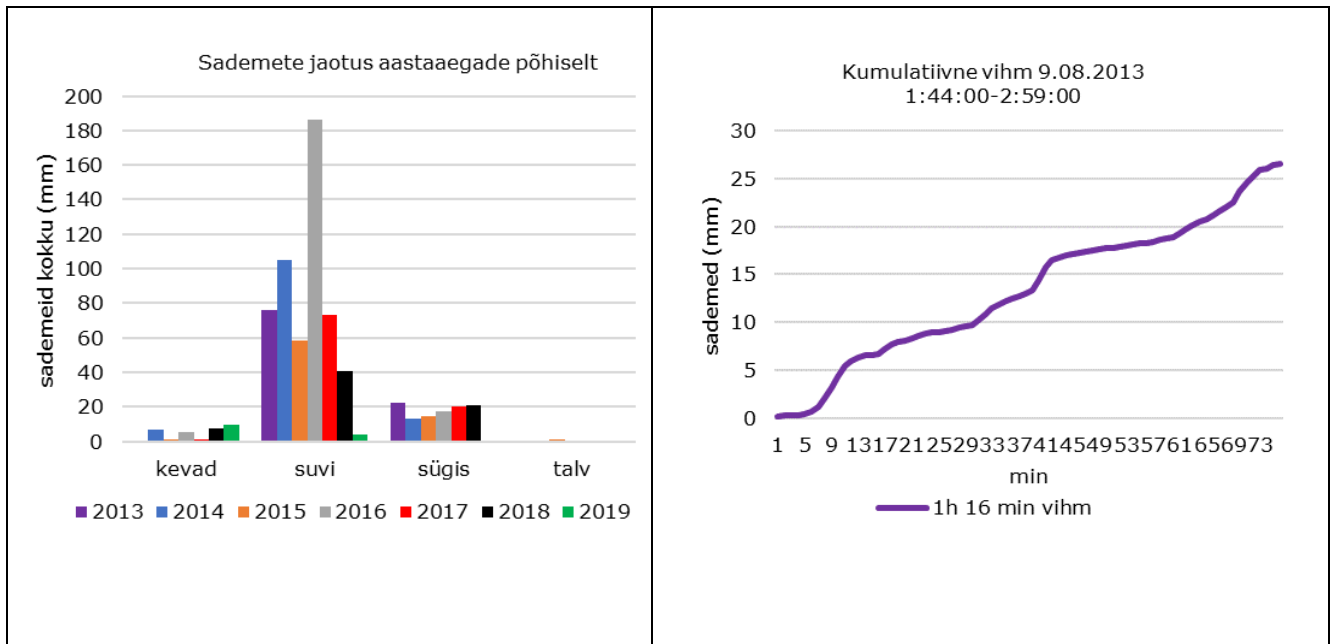
Jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid sademed alla 10 mm. Juuni ja juuli registreeriti sademeid reeglina üle 20 mm ning septembris natuke üle 10 mm (Joonis 12. üleval keskel).

Joonisel 12 all paremal on välja toodud Punase seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 9.08.2013. öösel. Sadanud 76 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku 26,6 mm sademeid (Joonis 12. all paremal). Vihma algus oli rahulik, peale 9 minutit vihm tugevnes, mis kestis vihma lõpuni.

Joonis 12 all vasakul annab ülevaate sademete jaotusest aastaegade põhiselt.

Punase seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esines kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 12. all vasakul). 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 180 mm (Joonis 12. all vasakul). 2013, 2017. ja 2018. aasta sügiskuudel sadas 20 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 12. all vasakul). Talvekuudel on sademete hulk olnud väga väike, analüüs sisaldab 2014. ja 2015. aasta jaanuari, veebruari ja detsembrikuu sademeid.





Joonis 12. Punane 38 seirejaama sademed

Tabelis 6 on välja toodud Punase seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Aastad on olnud väga erinevad, 2015. aasta on olnud kõige sademetevaesem aasta. 2016. aasta väärtused on veidi kõrgemad kui teistel aastatel. Alates 25 minutist on tulemused olnud erinevad, väärtused on jäänud 4,1-21 vahele.

Tabel 6 Sademete aasta maksimaalsed väärtused Punase jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	4,8	6,6	8,3	9,9	9,7	11,8	15,4	16,7	17,3	17,8		
2014	5	9,3	12,1	13,2	14,2	15,4	16,1	16,8	17,3	7,9	6,4	
2015	3,2	4	5,3	6,4	7,7							
2016	5,9	9,8	11,3	12,3	13,9	14,8	17,9	18,8	20,6	21	8,1	8,4
2017	3,8	5,3	6,3	6	4,7	4,1	4,7	4,2	4,3	4,9	5	5,1
2018	4,3	5,2	6,3	8,7	11	30	5,4	5,9				
2019*	1,5	1,9	2,9	2,3								

*poolik aasta

Punase seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 13, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019 aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019 aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 170 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, ainult 2 (Lisa 7). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2017. aasta on olnud väheste sademetega. (Joonis 13. üleval vasakul). Sademete rohketal aastatel 2013. ja 2016. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,22-0,36 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,64 mm/min 2015. aastal kuni 1,18 mm/min 2016. aastal.

2013. aasta kõrged maksimumid eristuvad 10, 15 ja 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 11. üleval paremal ja allpool).

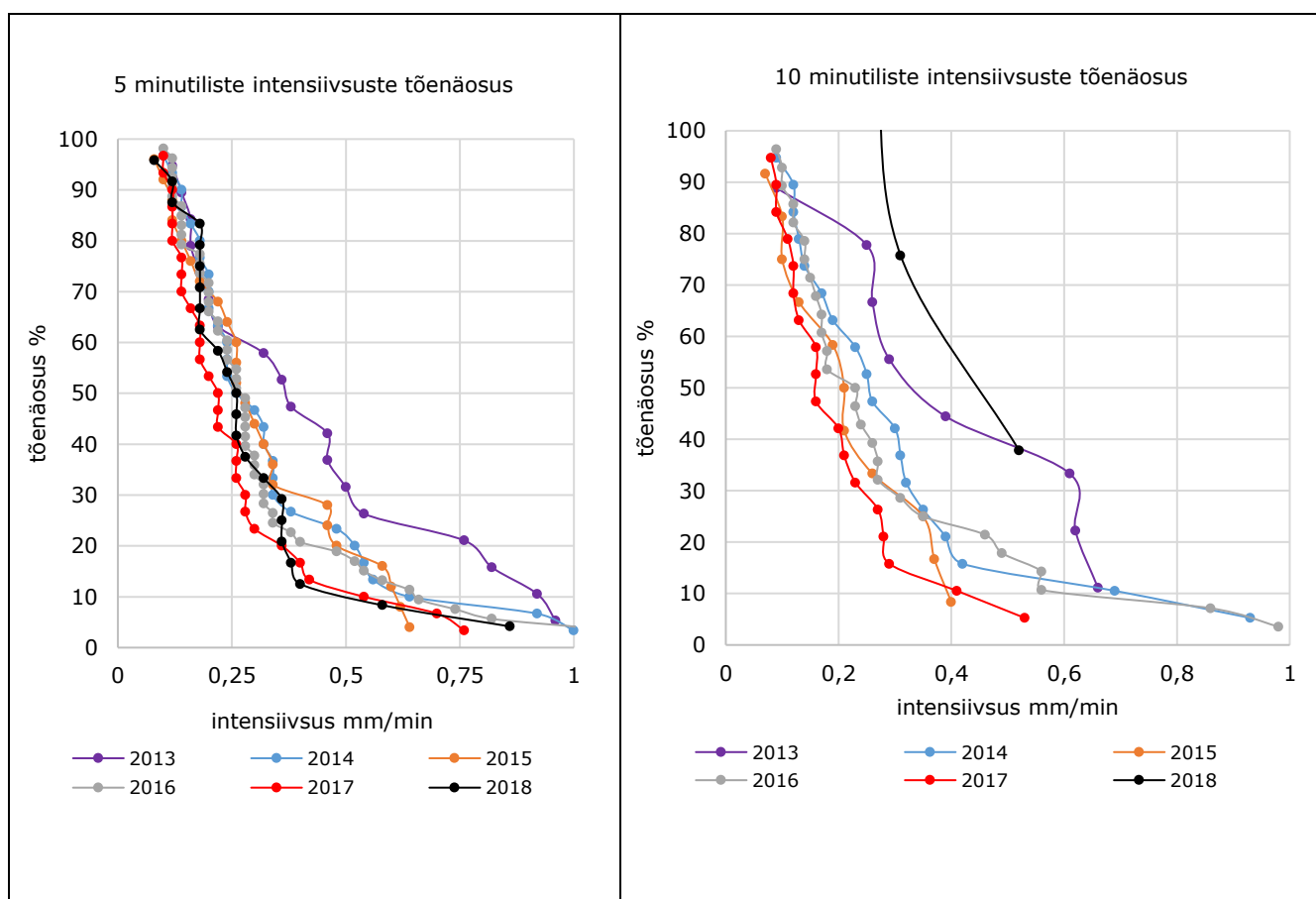
Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,35 ja 0,98 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,16 ja 0,31 mm/min.

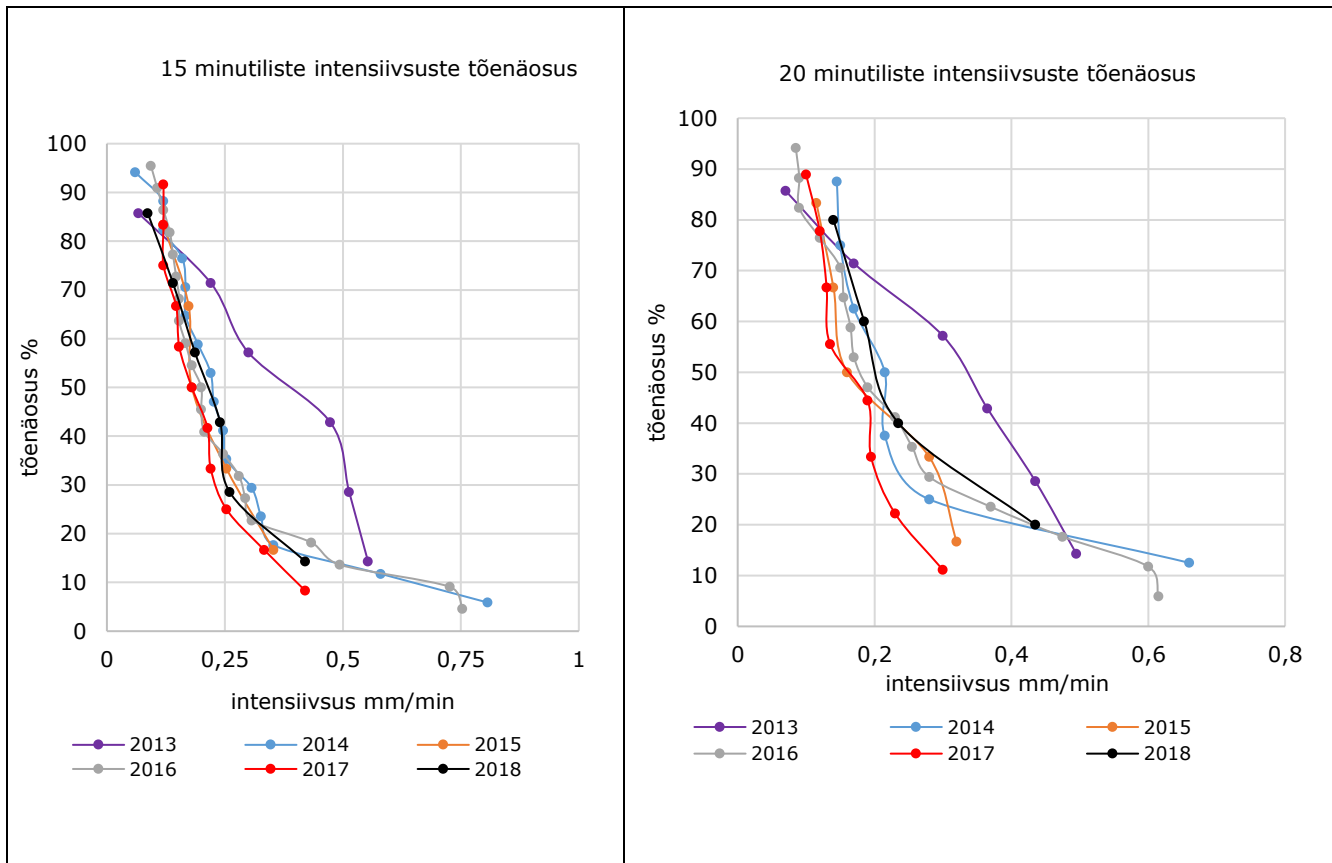
Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 48 (Lisa 7). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2017. aastal 0,30 kuni 0,66 mm/min 2014 aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,16-0,33 mm/min.

25 minuti vihmased oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 32 (Lisa 7) ja graafikuid välja ei toodud. 2016. aastal oli neid vihmased kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,57 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,20-0,28 mm/min.

30 minuti vihmased oli kogu vaatlusperioodil kokku 20 (Lisa 7). Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmased langesid samuti aastasse 2016. Maksimaalne intensiivsus oli 0,51 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,20-0,27 mm/min.

60 minuti sademeid oli kokku kahel korral 2016. aastal intensiivsusega 0,14 mm/min ja 2017. aastal 0,09 mm/min.





Joonis 13. Vihmade intensiivsus

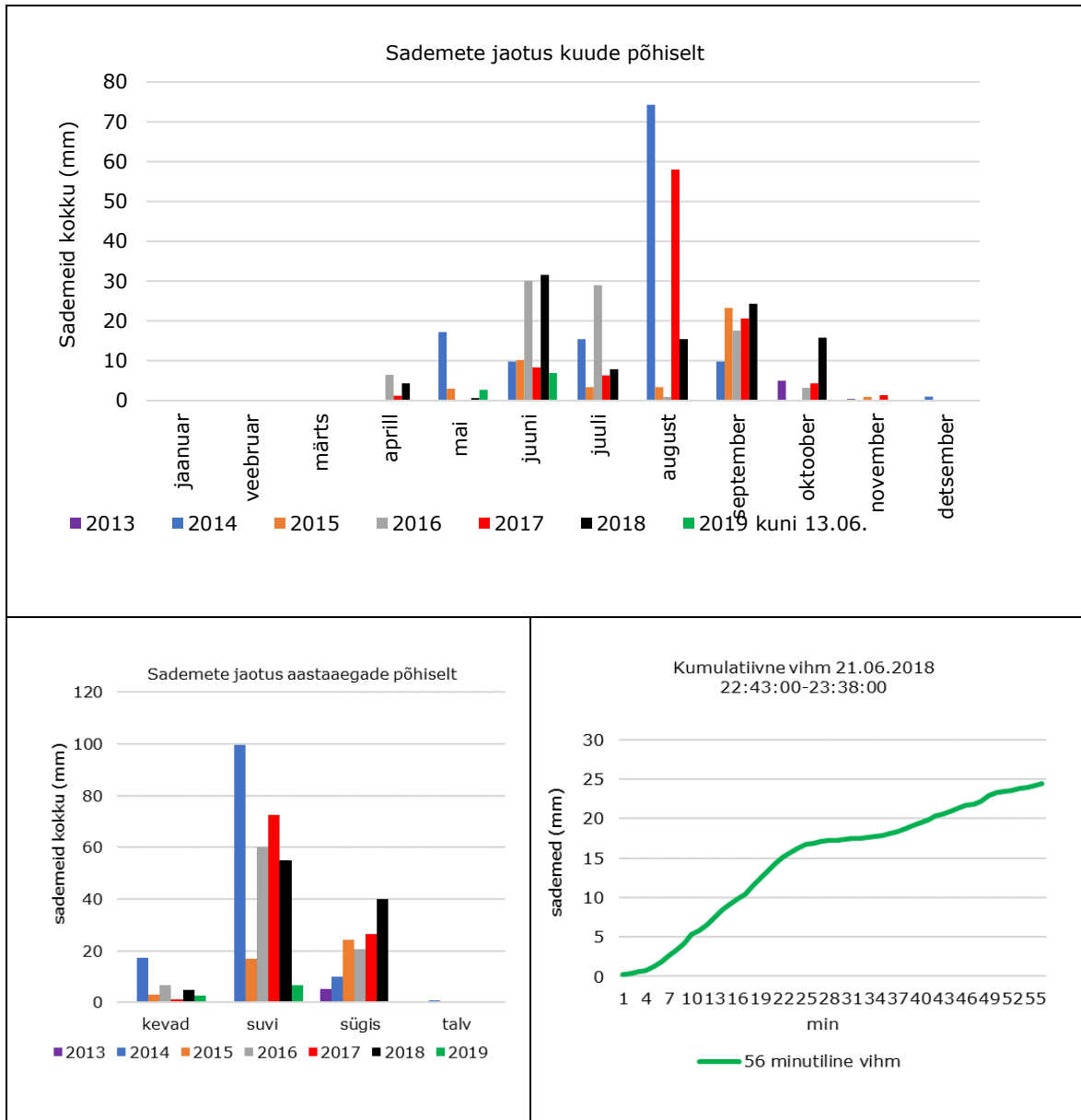
3.7 Rumbi 2B

Rumbi seirejaamas esimene vihm registreeriti 06.10.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused küllaltki erinevad. Suurimad sademed registreeriti septembrikuus (Joonis 14. üleval keskel). Jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid sademed alla 5 mm. 2014. mai kuus ja 2018. oktoobris jäid sademed alla 20 mm (Joonis 14 üleval keskel). Juuni, juuli ja august sademed jäid reeglina alla 20 mm välja arvatud 2016. ja 2018. juunikuul, 2016. juulikuul ning 2014. ja 2017. augustikuul siis oli sademede tunduvalt rohkem (Joonis 14 üleval keskel).

Joonis 14 all paremal on välja toodud Rumbi seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06.2018. õhtupoolikul. Sadanud 56 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku ligi 25 mm sademeid (Joonis 14 all paremal). Vihma algus oli rahulik kui oli möödunud 7 minutit tugevnes vihm ning 23 minutit hiljem muutus vihm uuesti rahulikumaks.

Joonis 14 all vasakul annab ülevaate sademete jaotusest aastaegade põhisel. Rumbi seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 14. all vasakul). 2014. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona

suvel oli sademete summa 100 mm (Joonis 14. all vasakul). 2018 sügiskuul sadas alla 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 14. all vasakul). Talvekuudel on sademete hulk olnud tagasihoidlik, sademeid on olnud minimaalselt.



Joonis 14. Rumbi 2B seirejaama sademed

Tabelis 7 on välja toodud Rumbi seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. 2013. aastal olid väärtused tagasihoidlikud, 2014. aastal olid väärtused juba veidi kõrgemad. 2018. aastal olid väärtused suuremad, kui näiteks 2017. aastal. Alates 15 minutist on varieeruvus suur, väärtused on jäänud 5,5-24,2 vahele.

Tabel 7 Sademete aasta maksimaalsed väärtused Rumbi jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	1,2	1,2										
2014	7,8	12,3	18,7	14,1	14,7	10,1	10,9	12,2	13,4	14,5	15,4	16
2015	3,3	4,6	6,3	5,7	6,3	6,7	7,6	6,8				
2016	7,3	11,6	7,2	8,6	5,6	6,8						
2017	3,6	5,2	5,9	5,5	5,7	5,2	5,7	6,3	6,5	6,9	6,2	6,7
2018	4,8	8,6	12,6	15,5	16,7	17,4	18,3	20,2	22,1	23,3	24,2	
2019*	2	2,8	3,5									

poolik aasta*

Rumbi seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 15, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018. kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019 aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 131 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, ainult 2 (Lisa 8). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2015. aasta on olnud väheste sademetega. (Joonis 15. üleval vasakul). Sademete rohkusel aastatel 2014. ja 2017. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,20-0,30 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,24 mm/min 2013. aastal kuni 1,56 mm/min 2014. aastal. 2014. aasta kõrged maksimumid eristuvad 10 ja 15 minutiliste vihmade puhul (Joonis 11. üleval paremal). 2016. ja 2018. aasta kõrged maksimumid eristuvad 20 minutiliste vihmade puhul.

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,12 ja 1,25 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,13 ja 0,28 mm/min.

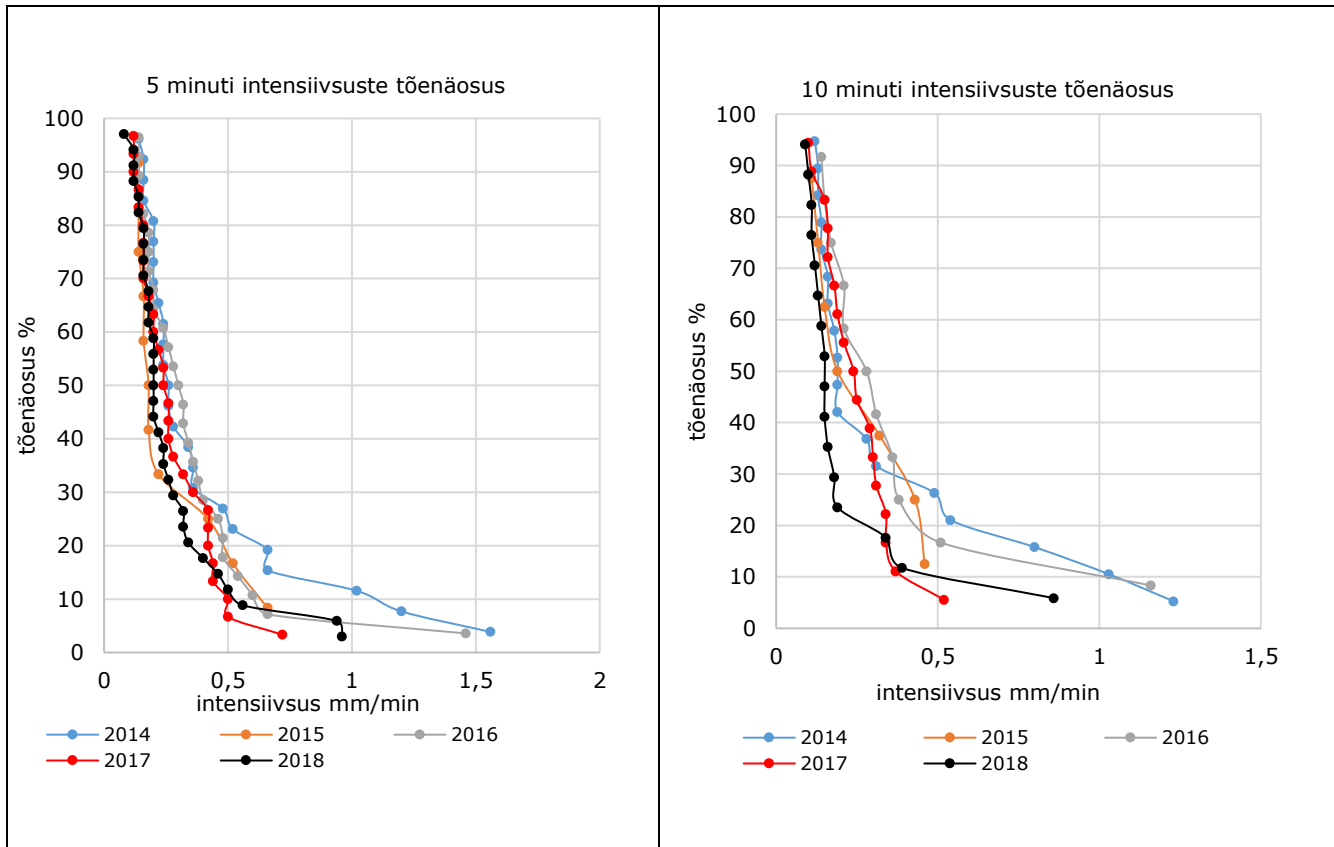
Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 32 (Lisa 8). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2017. aastal 0,28 mm/min kuni 0,78 mm/min 2018. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,13-0,21 mm/min.

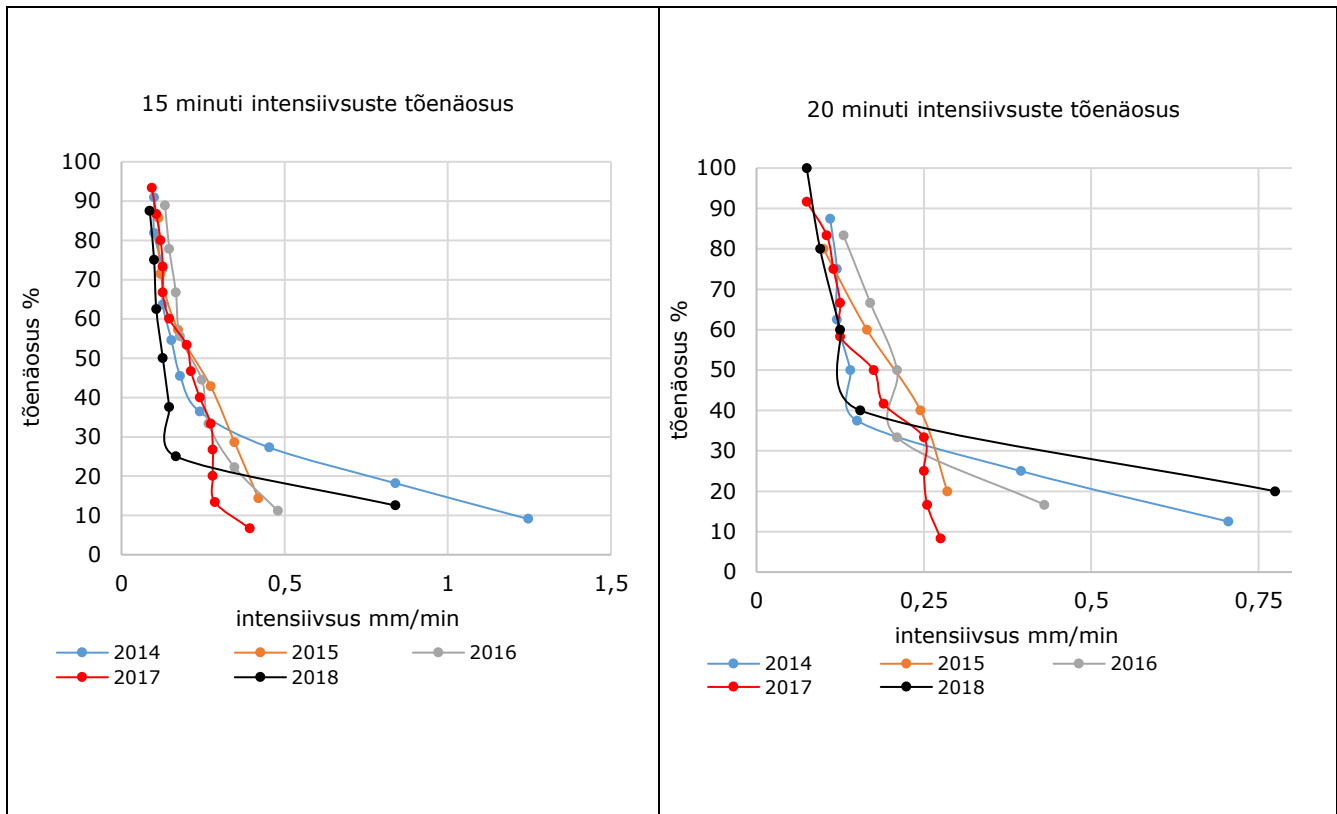
25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 17 (Lisa 8) ja graafikuid välja ei toodud. 2017. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,67 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,12-0,36 mm/min.

30 minuti vihmaseid oli kogu vaatlusperioodil kokku 11 (Lisa 8).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid aastatesse 2015. ja 2017. Maksimaalne intensiivsus oli 0,58 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,15-0,34 mm/min.

60 minuti sademeid oli kokku kahel korral 2014. aastal intensiivsusega 0,27 mm/min ja 2017. aastal 0,11 mm/min.





Joonis 15. Vihmade intensiivsus

3.8 Tammetõru 14C

Esimene vihm registreeriti Tammetõru seirejaamas 21.05.2018. aastal. Tammetõru seirejaama analüüsi on võetud 2018. ja 2019. aasta. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesolev magistritöö hõlmab andmeid kuni 13 juunini.

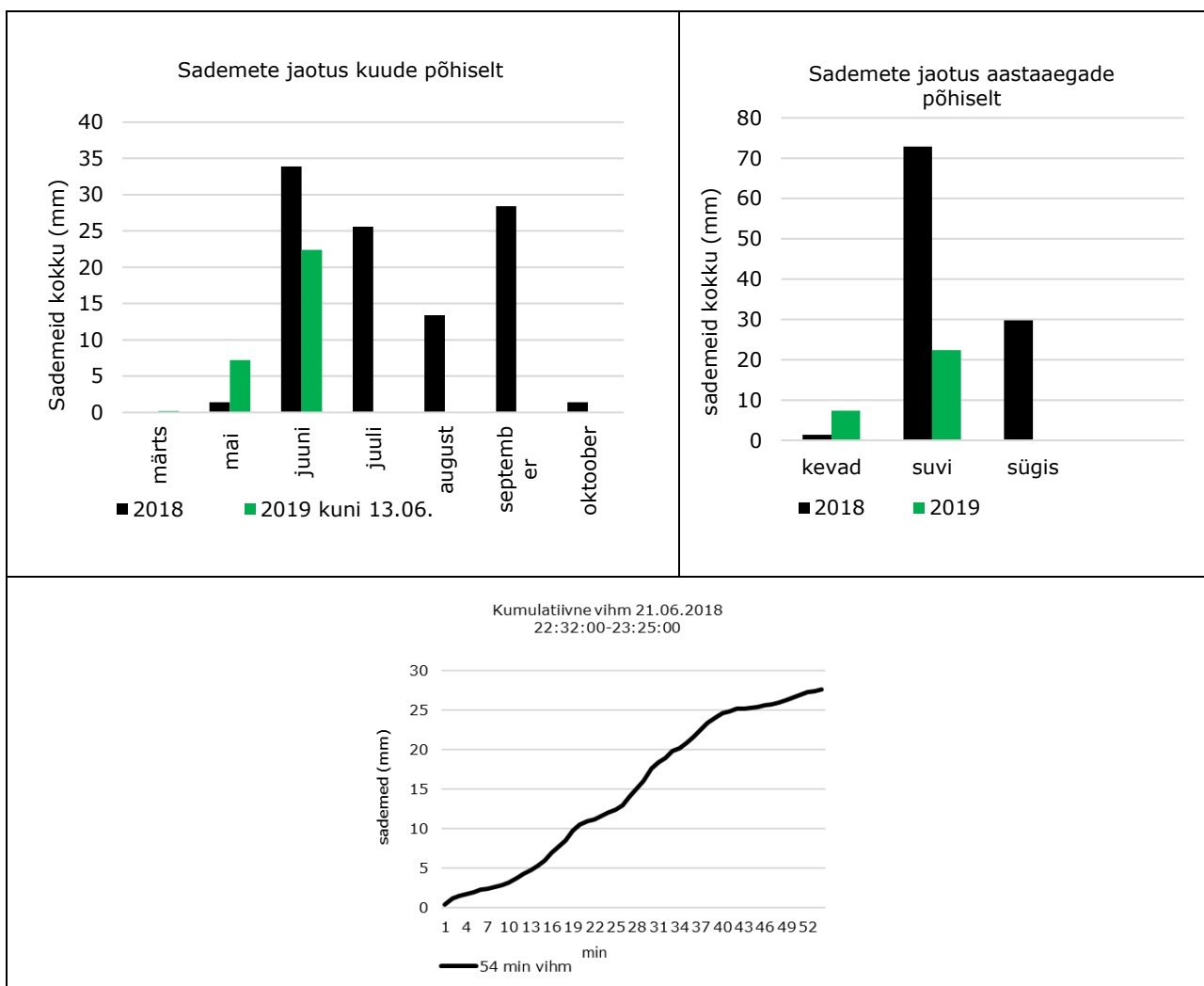
2019. aastal oli esimesed vihmad registreeritud alates maikuust.

Joonisel 16 üleval vasakul on välja toodud sademete jaotus kuude põhiselt. 2018. aastal sadas kõige rohkem juunikuus, 33,9 mm sademeid. Aasta hiljem samal kuul sadas 22,4 mm sademeid. Arvesse võttes, et 2019. aasta juunikuu andmed ei ole terve kuu ulatuses on tulemused küllaltki kõrged. Maikuus sadas 2018. aastal 1,4mm kui aasta hiljem sadas juba 7,2mm. Märtsis ja oktoobris jäid sademed alla 5 mm (Joonis 16. üleval vasakul). Augustis jäid sademed alla 15 mm ja septembris alla 30 mm (Joonis 16. üleval vasakul).

Joonisel 16 all keskel on välja toodud Tammetõru seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06. 2018. õhtupoolikul. Sadanud 54 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku üle 25 mm sademeid (Joonis 16. all keskel). Vihm oli tugev terve saju vältel.

Joonisel 16 üleval paremal on välja toodud sademete jaotus aastaegade põhiselt. Tammetõru seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 16. üleval paremal). 2018. aasta suvel oli sademete summa üle

70 mm (Joonis 16. üleval paremal). 2018. ja 2019. kevadkuudel sadas alla 10 mm sademeid, sügiskuudel sadas rohkem kui kevadel 30 mm.



Joonis 16. Tammetõru 14C seirejaama sademed

Tabelis 8 on välja toodud Tammetõru seirejaama kahe aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. 2018. tulemused on kõrged kui 2019. aastal, kuid 2019. aasta andmed on sarnaselt samasse vahemikku kui 2018. aasta tulemused. 2018. aasta 20 minuti tulemus 15,1 mm ning pooliku 2019. aasta andmetega on tulemus juba 9,6 mm.

Tabel 8. Sademete aastamaksimaalsed väärtused (mm) Tammetõru seirejaamas, 2018-2019

Aasta	Aeg, min										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2018	5,5	8,7	12,2	15,1	18,8	21,5	22,8	24,6	25,4	26,6	9,8
2019*	3,5	5,4	7,6	9,6	10,3	10,6	10,6	11,2			

poolik aasta*

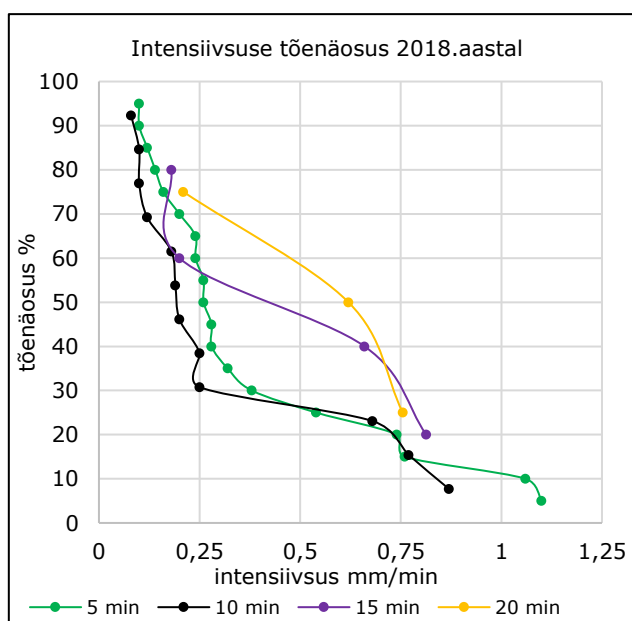
Tammetõru seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 17, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2018. aasta kohta. 2019 aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli 22 ja kõige vähem 55 minuti kestvaid vihmaseid, vaid 1 (Lisa 9). 5 minuti vihma 50%-lise tõenäosuse väärtus on 0,26 mm/min (Joonis 17). Maksimaalne intensiivsus 5 minuti vihmade puhul on 1,1 mm/min.

10 minutit kestvaid vihmaseid oli 17 (Lisa 9). 10 minuti vihma 50%-lise tõenäosuse väärtus on 0,19 mm/min (Joonis 17), maksimaalne intensiivsus on 0,87 mm/min.

15 ja 20 kestvaid vihmaseid oli kokku alla 10. 15 minuti vihma 50%-lise tõenäosuse väärtus on 0,3 mm/min ja 20 minuti vihma 50%-lise tõenäosuse väärtus on 0,62 mm/min. Maksimaalsed intensiivsused on vastavalt 0,81 ja 0,76 mm/min.

25, 30, 35, 40, 45, 50 ja 55 vihmaseid oli kahe aasta vaatlusperioodil kokku vähe ja graafikuid välja ei ole toodud. 55 minuti sademeid leidis ühel korral, intensiivsusega 0,18 mm/min.



Joonis 17. Vihmade intensiivsus

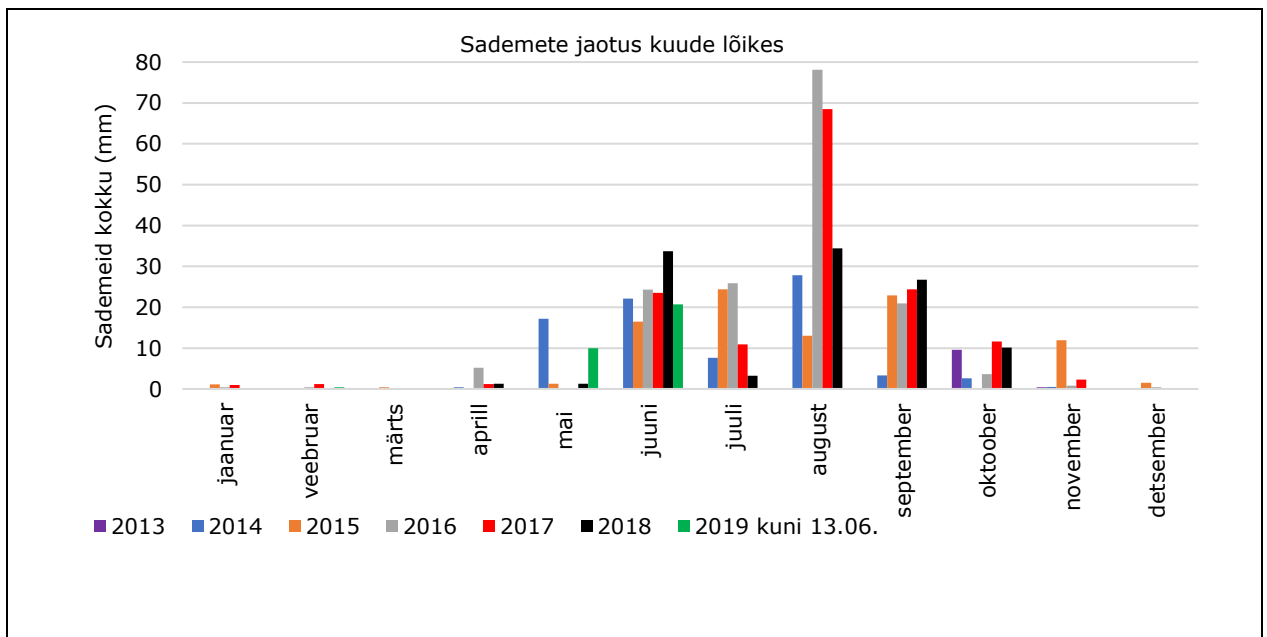
3.9 Tondi 90

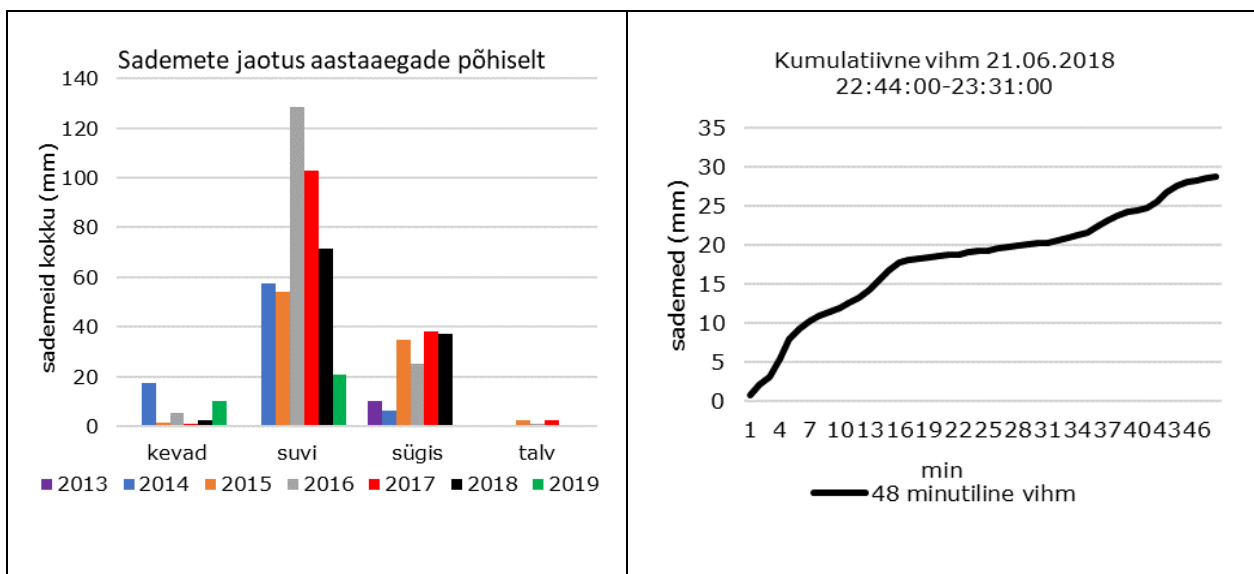
Tondi seirejaamas esimene vihm registreeriti 18.10.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused küllaltki erinevad. Suurimad sademed registreeriti augustikuus (Joonis 18. üleval keskel). Jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid

sademed reeglina alla 10 mm (Joonis 18. üleval keskel). Juuni, juuli ja septembri sademed jäid reeglina alla 30 mm (Joonis 18. üleval keskel).

Joonis 18 all paremal on välja toodud Tondi seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 21.06.2018. õhtupoolikul. Sadanud 48 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku ligi 30 mm sademeid (Joonis 18. all paremal). Vihma algus oli tugev peale 16 minutit sadu vähenes, vihma lõpp oli rahulikum.

Joonis 18 all vasakul annab ülevaate sademete jaotusest aastaegade põhiselt. Tondi seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid suvekuudel (Joonis 18. all vasakul). 2016. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa üle 120 mm. 2017. ja 2018. aasta sügiskuudel sadas alla 40 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 18. all vasakul). Talvekuudel on sademete hulk olnud väga väike, sademete summa on alla 5 mm.





Joonis 18. Tondi 90 seirejaama sademed

Tabelis 9 on välja toodud Tondi seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui 2016. aastal olid väärtused tagasihoidlikud, siis alates aastast 2017. on väärtused olnud tõusvas joones kuni 2019. aastani.

Tabel 9. Sademete aasta maksimaalsed väärtused Tondi seirejaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2013	1	1,3	1,3	2,1								
2014	3,3	6,3	5,4	6	7,2	7,5	7,7	8,8				
2015	4,9	9,2	4,8	5,6	6,5	7,4	5,1	6,3				
2016	3,9	6,4	8	9,3	9,7	6,9	7,7	7,6	8,3			
2017	3,3	4,7	5,6	6,5	6,6	7,1	7,5	9,3	10,2	11	11,3	11,8
2018	8,5	11,9	17	18,5	19,3	20,2	21,7	24,4	28,1			
2019*	3,7	6,1	7,8	5,1	5,9							

poolik aasta*

Tondi seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 19, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta. 2019. aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019. aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 184 ja kõige vähem 60 minutit kestvaid vihmaseid, ainult 2 (Lisa 10). Üldjuhul on 5 minuti vihmad madala intensiivsusega, 2015. aasta on olnud väheste sademetega. (Joonis 19. üleval vasakul). Sademete rohkusel aastatel 2016. ja 2017. vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,20-0,24 mm/min vahel. 5 minuti maksimaalsed intensiivsused varieerusid märgatavalt vahemikus 0,2 mm/min 2013. aastal kuni 1,7 mm/min 2018. aastal. 2016. ja 2018. aastate kõrged maksimumid eristuvad 10 ja 15 minutiliste

vihmade puhul (Joonis 19. üleval paremal ja allpool). 2016. ja 2017. aastate kõrged maksimumid eristuvad 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 19. paremal all).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on üsna sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,09 ja 1,19 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,15 ja 0,24 mm/min.

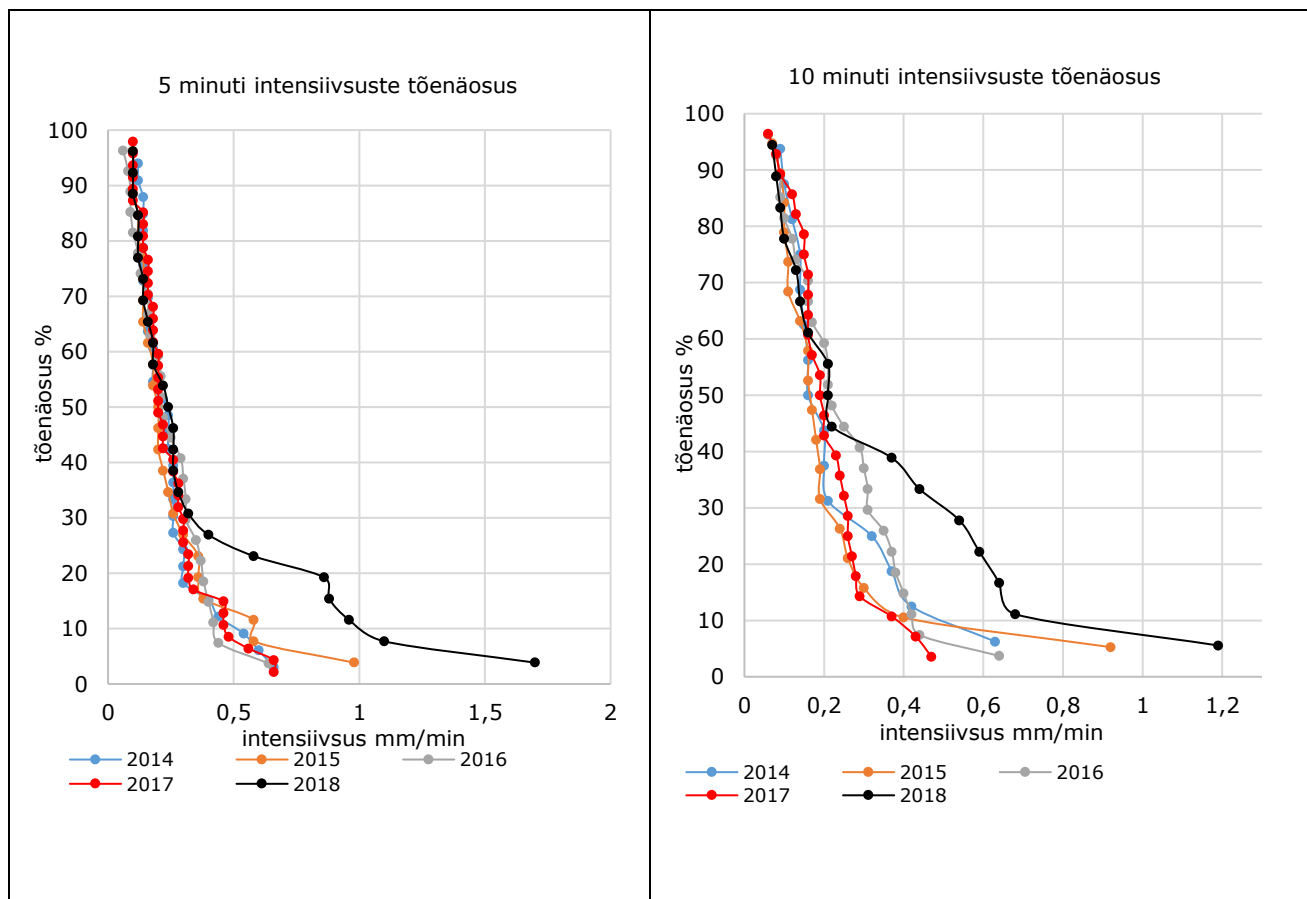
Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 30 (Lisa 10). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2015 aastal 0,28 mm/min kuni 0,93 mm/min 2018. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,17-0,24 mm/min.

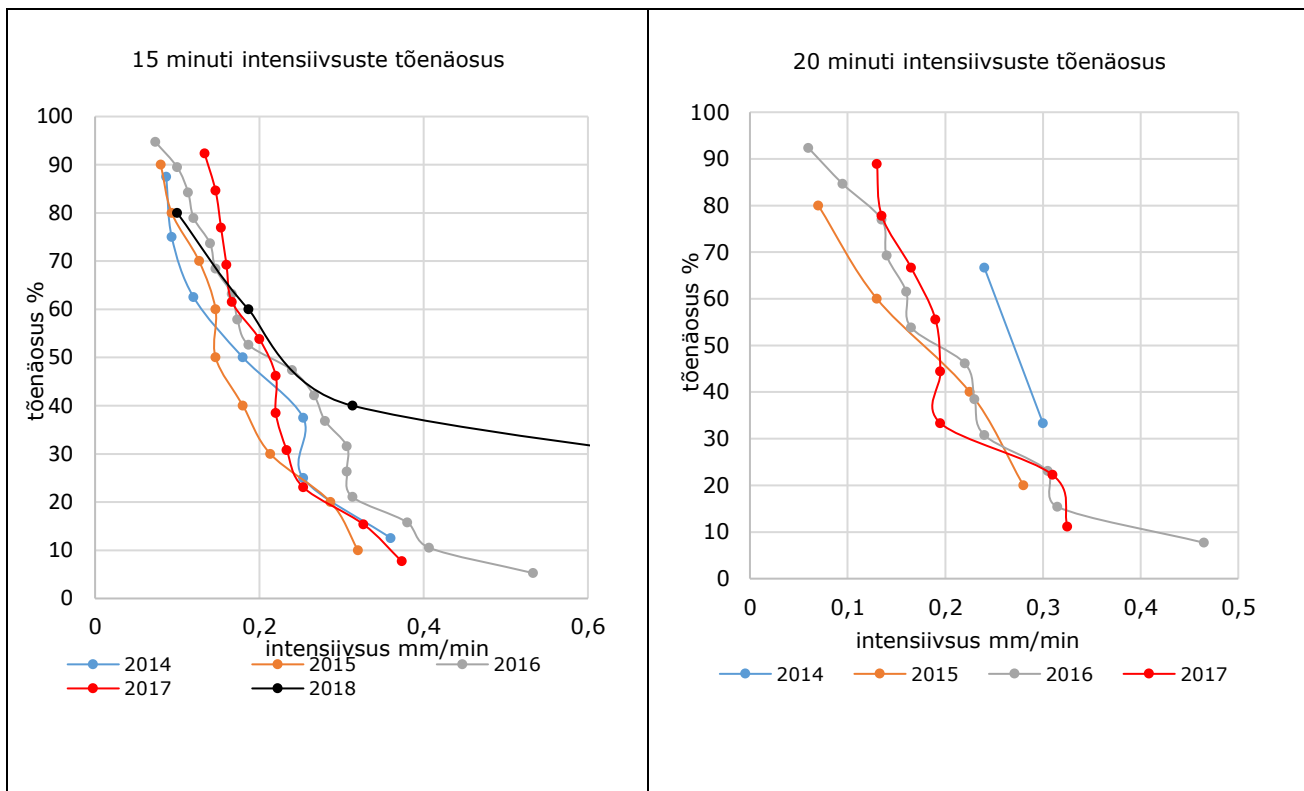
25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 22 (Lisa 10) ja graafikuid välja ei toodud. 2016. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,77 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,14-0,77 mm/min.

30 minuti vihmaseid oli kogu vaatlusperioodil kokku 14 (Lisa 10).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid aastasse 2017. Maksimaalne intensiivsus oli 0,67 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,16-0,67 mm/min.

60 minuti sademeid oli kokku kahel korral 2017. aastal intensiivsusega 0,13 mm/min ja 0,20 mm/min.





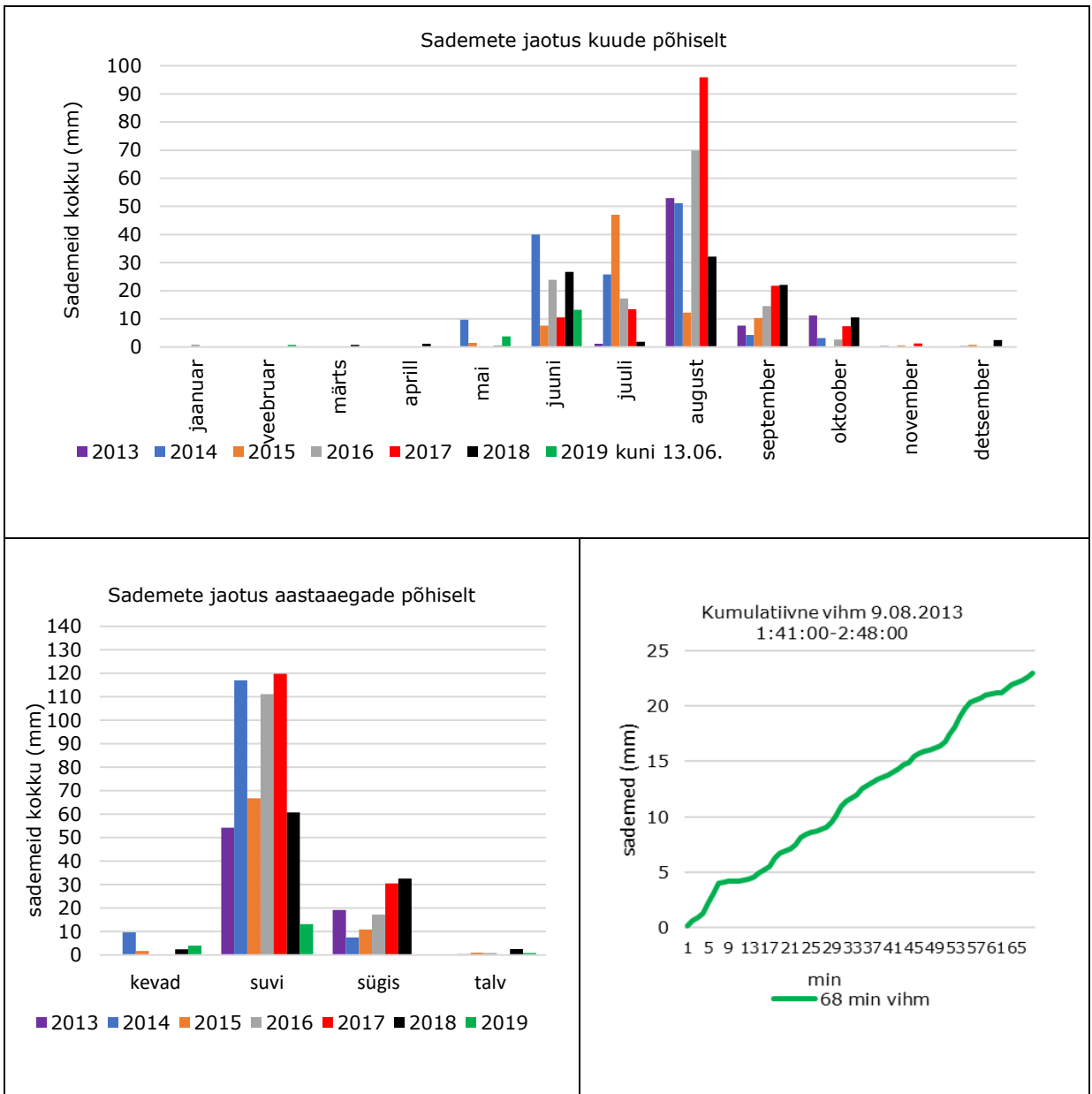
Joonis 19. Vihmade intensiivsus

3.10 Voolu 13

Voolu seirejaamas esimene vihm registreeriti 26.07.2013. aastal. Kuna 2019. aasta andmed ei olnud kogu aasta kohta, siis käesoleva magistritöö käigus teostatud analüüsid sisaldavad andmeid vaid kuni 13 juunini. Aastate lõikes on tulemused küllaltki erinevad. Suurimad sademed registreeriti just augustikuus (Joonis 20. üleval keskel). Jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, oktoobris, novembris ja detsembris jäid sademed reeglina alla 10 mm (Joonis 20. üleval keskel). Juuni, juuli ja septembri sademed jäid reeglina alla 30 mm (Joonis 20. üleval keskel).

Joonis 20 all paremal on välja toodud Voolu seirejaama kõige pikem vihm, mis registreeriti 09.08.2013. öösel. Sadanud 68 minuti jooksul mõõdeti seirejaamas kokku ligi 25 mm sademeid (Joonis 20. all paremal). Vihm oli terve saju vältel tugev.

Joonis 20 all vasakul annab ülevaate sademete jaotusest aastaegade põhiselt. Voolu seirejaamas registreeritud tulemuste põhjal esineb kõige rohkem sademeid just suvekuudel (Joonis 18. all vasakul). 2017. aasta suvi oli kõige suurema sademete hulgaga, toona suvel oli sademete summa 120 mm. 2017. ja 2018. aasta sügiskuudel sadas üle 30 mm sademeid, kevadkuudel oli sademete hulk väiksem kui suvel ja sügisel, kuid rohkem kui talvekuudel (Joonis 20. all vasakul). Talvekuudel on sademete hulk olnud väga väike, sademete summa on alla 5 mm.



Joonis 20. Voolu 13 seirejaama sademed

Tabelis 10 on välja toodud Voolu seirejaama 7 aasta 5 kuni 60 minuti maksimaalsed väärtused. Kui aastad 2013. ja 2014. on olnud tagasihoidlikud, siis alates 2015. aastast on olnud väike tõus välja arvatud 2016. aastal kui tulemused on veidi langenud, peale 2016. aastat on intensiivsused veidi tõusnud.

Tabel 10 Sademete aasta maksimaalsed väärtused Voolu jaamas, 2013-2019

Aasta	Aeg, min										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2013	6,3	8,8	2,2	2,7	3,3	3,7	4,1	4,6	4,9		
2014	4,4	7,5	8,5	5,2	5,9	5,3	5,8	6			
2015	3,9	7,3	9,6	11,2	12	12,6	4,5				
2016	3,9	6,2	7,4	5,1	5,8	3,8					
2017	5,4	9,6	12,8	15,2	17,2	18,5	20,1	21,7	22,6	8,7	9,2
2018	7	9,9	11,6	13,3	14,7	16,6	19	20,3	21,5	22,4	
2019*	3,4	5,8	6,6	4,4	5,1						

poolikaasta*

Voolu seirejaamas mõõdetud sademete maksimaalsed intensiivsused (mm/min) on toodud joonisel 21, esitatud on 5, 10, 15 ja 20 minuti intensiivsuste esinemise tõenäosused. Arvutus, võrdlus on tehtud 2013-2018 kohta.. 2019 aastat ei ole graafikul kujutatud, sest 2019 aasta andmed olid poolikud (kuni 13.06.2019).

Vaadeldud ajavahemikul esines kõige rohkem 5 minutit kestvaid vihmaseid, neid oli üle 170 ja kõige vähem 55 minutit kestvaid vihmaseid, ainult 1(Lisa 10). Sademete rohkusel aastatel 2013 ja 2018 vihmad on mõnevõrra kõrgema intensiivsusega, kuigi 50%-lise tõenäosusega väärtused varieeruvad üsna vähe 0,16-0,30 mm/min vahel. Maksimaalsed intensiivsused 5 minuti varieerusid märgatavalt vahemikus 0,78 mm/min 2015 aastal kuni 1,26 mm/min 2013. aastal. Aastatel 2014 ja 2017. kõrgeid maksimumid eristuvad 10 ja 15 minutiliste vihmade puhul (Joonis 21. üleval paremal ja allpool). 2017 ja 2018 aastate kõrgeid maksimumid eristuvad 20 minutiliste vihmade puhul (Joonis 21. paremal all).

Vihmad kestvusega 10 ja 15 minutit on küllaltki sarnase iseloomuga, maksimaalsed intensiivsused on 0,15 ja 0,96 mm/min vahel ja 50%-lise tõenäosusega väärtused vahemikus 0,11 ja 0,39 mm/min.

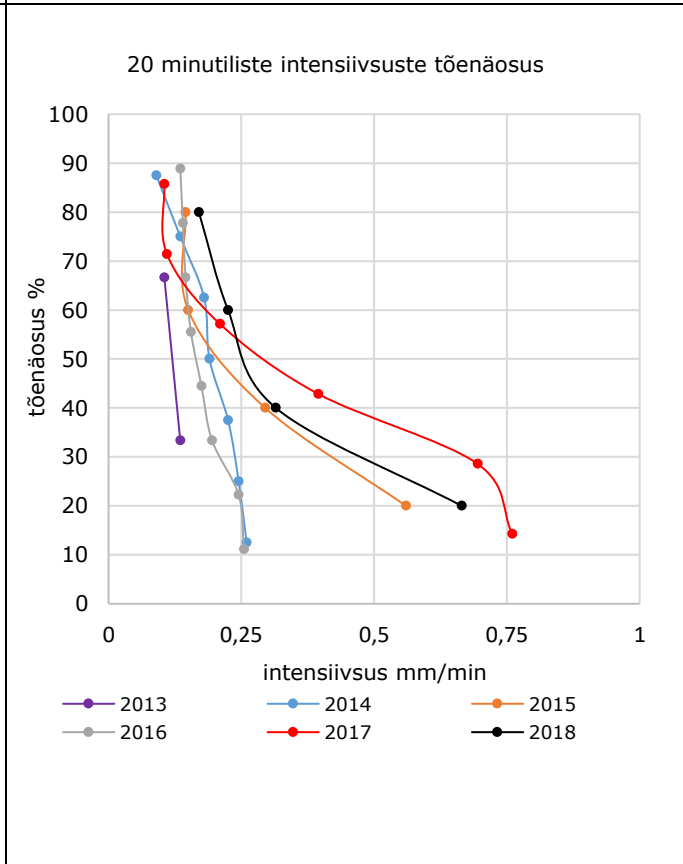
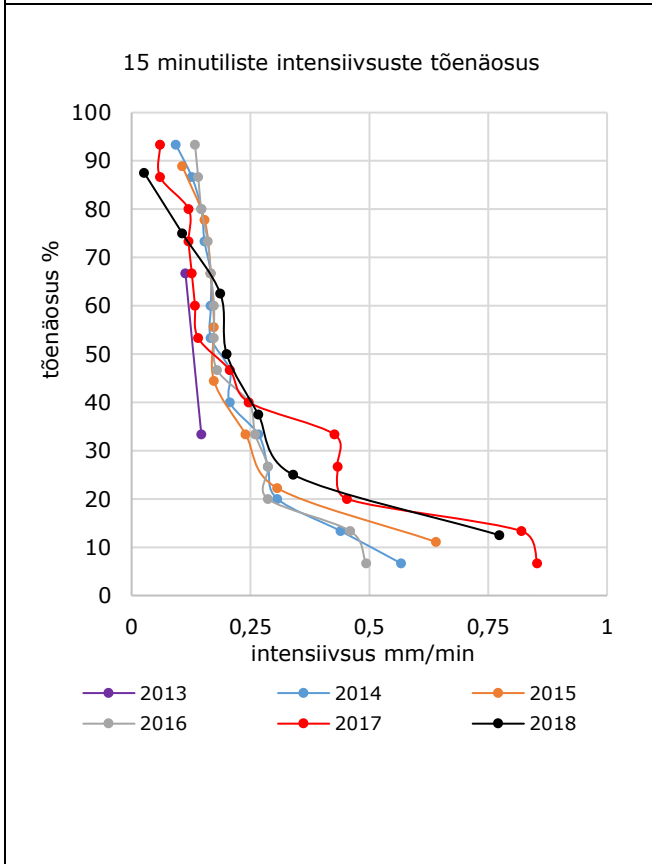
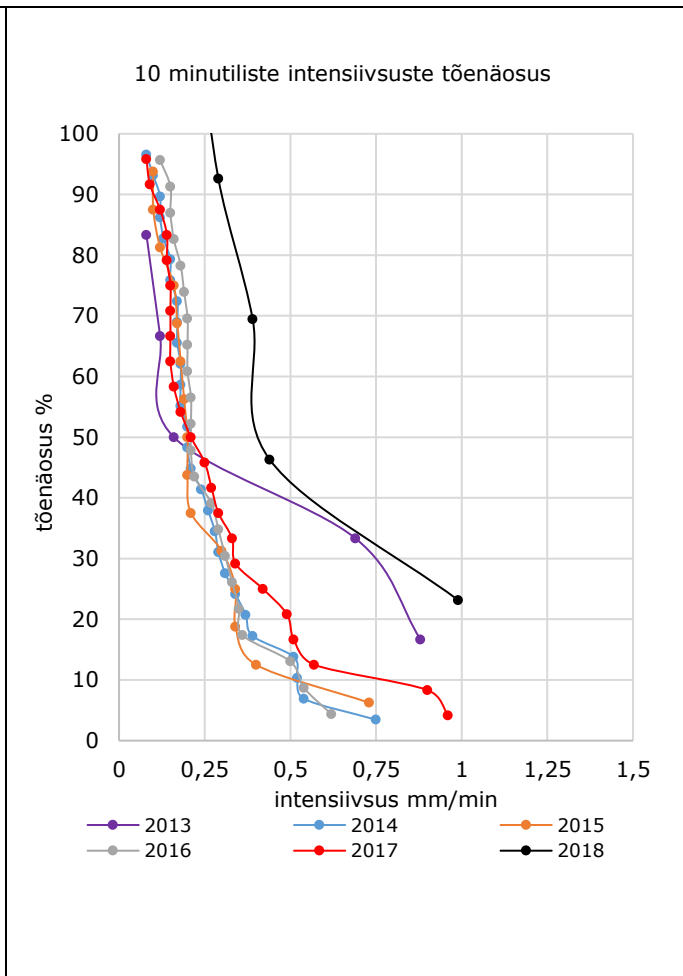
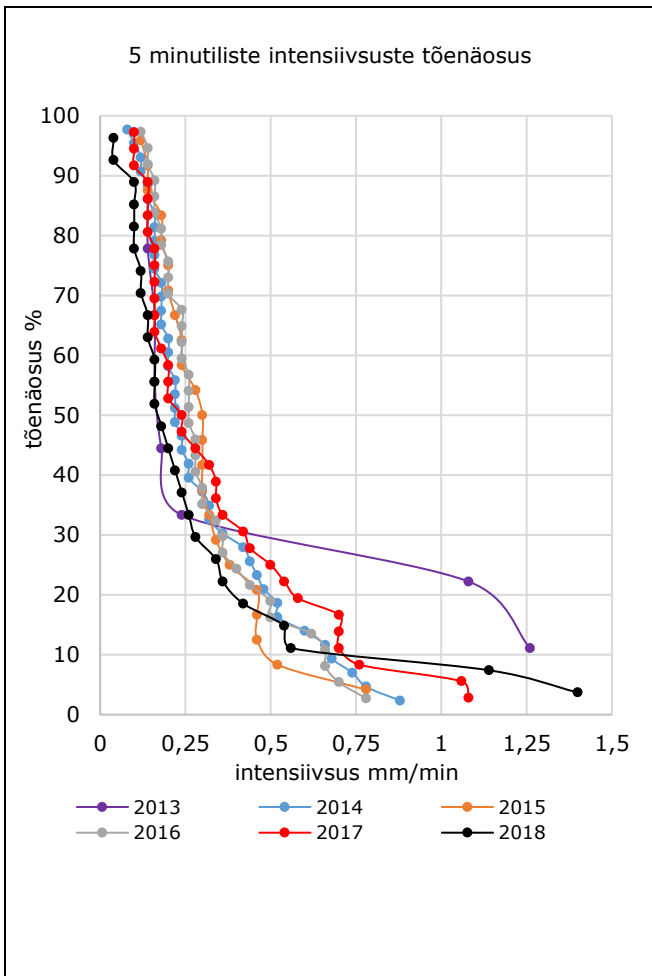
Vihmad, mis kestsid 20 minutit oli uuritud ajavahemikul 33 (Lisa 11). Maksimaalsed väärtused varieerusid 2013. aastal 0,14 kuni 0,76 mm/min 2017. aastal. 50%-lise tõenäosusega intensiivsuste väärtused jäid vahemikku 0,11-0,27 mm/min.

25 minuti vihmaseid oli aastate lõikes vähe, kogu vaatlusperioodil kokku 22 (Lisa 11) ja graafikuid välja ei toodud. 2016. aastal oli neid vihmaseid kõige rohkem. Maksimaalne intensiivsus oli 0,69 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,12-0,26 mm/min.

30 minuti vihmaseid oli kogu vaatlusperioodil kokku 11 (Lisa 11).

Kõige rohkem 30 minutilise maksimaalsete intensiivsuste vihmad langesid aastasse 2017. Maksimaalne intensiivsus oli 0,62 mm/min ja 50%-lise tõenäosusega intensiivsused olid vahemikus 0,12-0,18 mm/min.

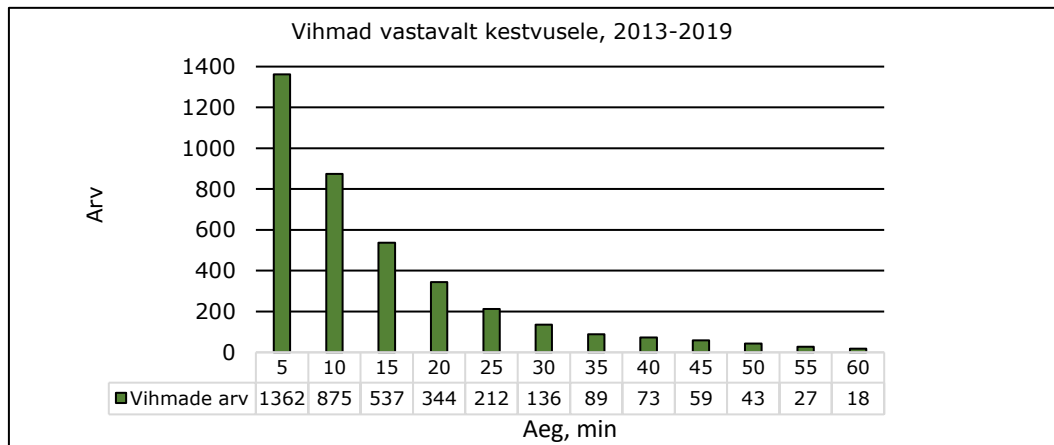
55 minuti sademeid oli kokku ühel korral 2017. aastal, intensiivsusega 0,16 mm/min.



Joonis 21. Vihmade intensiivsus

3.11 Kõikide seirejaamade analüüs

Vihmade esinemine kõikides vaatlusjaamades aastatel 2013-2019 on välja toodud joonisel 22. Kõige rohkem oli vaatlusperioodi ajal 5 minuti ja kõige vähem 60 minuti vihmaseid (Joonis 22).

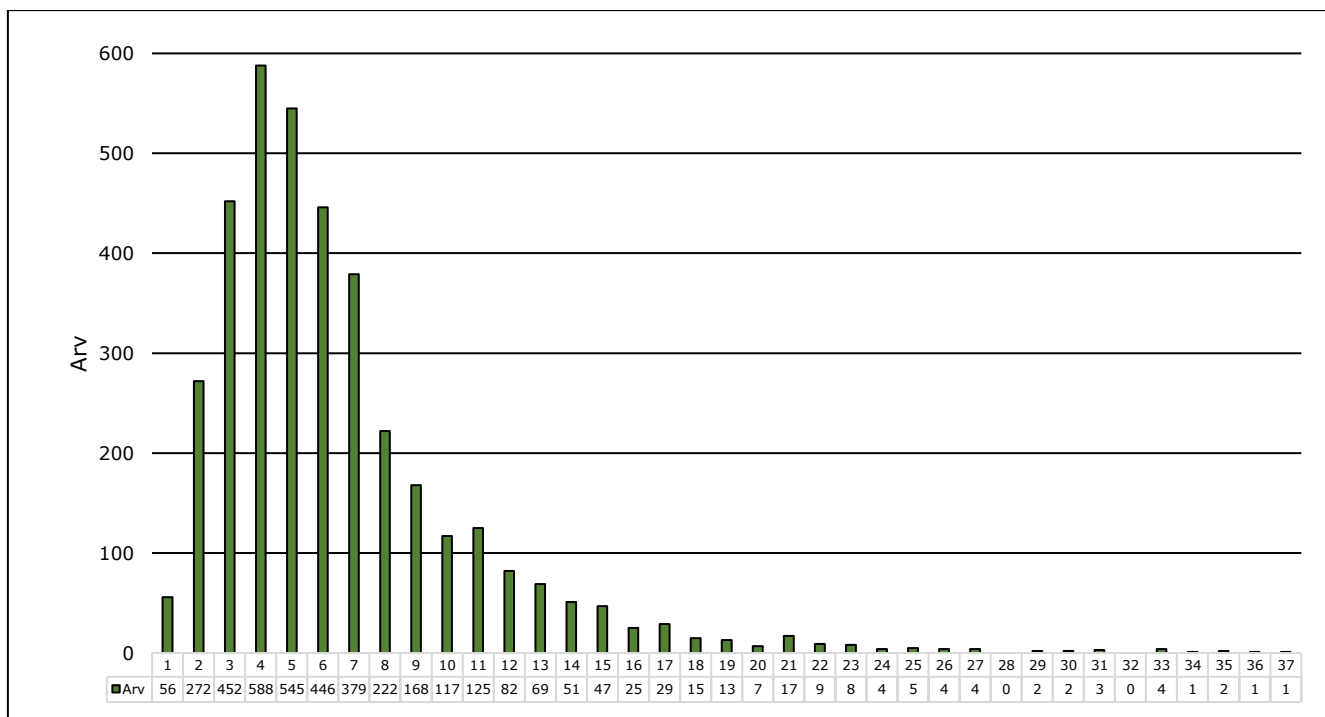


Joonis 22. Vihmade esinemine kõikides vaatlusjaamades, 2013-2019

Lühiajaliste vihmade (5-10 minuti) osakaal on üle poole kogu vaatlusperioodil sadanud vihmadest. Pikaajalisi vihmaseid (60 minuti) oli seitsme aasta jooksul ainult 18 (Joonis 22). 20 minutilisi vihmaseid terve vaatlusperioodi ajal on olnud kokku 344, mida on vähem kui 10 ja 15 minutilisi vihmaseid aga rohkem kui 25-60 minutilisi vihmaseid.

Joonisel 23 on välja toodud kõikide vaatlusjaamade sademete intensiivsuste jaotus aastatel 2013-2019. Iga intensiivsuse vahemiku kohta vastab kindel järjekorra number, mis on välja toodud Tabelis 11. Intensiivsuste vahemikud jäid 0,05-2,34 mm/min vahele (Tabel 11, jrk nr 1-37). Kõige rohkem oli vihmaseid intensiivsuse vahemikus 0,134-0,166 mm/min (Tabel 11, jrk nr 4). Kõige vähem oli vihmaseid intensiivsuse vahemikus 1,7-1,75 mm/min, 1,96-2 mm/min ja 2,34 mm/min (Tabel 11, jrk nr 34, 36, 37) ning kahele intensiivsuse vahemikule ei vastanud ühtegi vihma (Joonis 23, Tabel 11 jrk 28, 32).

Kõige väiksem intensiivsuse vahemik oli 0,05-0,075 mm/min, kus oli 56 vihma. Kõige suurem intensiivsuse vahemik oli 2,34 (Tabel 11, jrk 37), mis esines vaid ühel korral (Joonis 22). Üksikud vihmaseid jäid vahemikku 1,01-2,34 mm/min (Tabel 11, jrk nr 22-37).

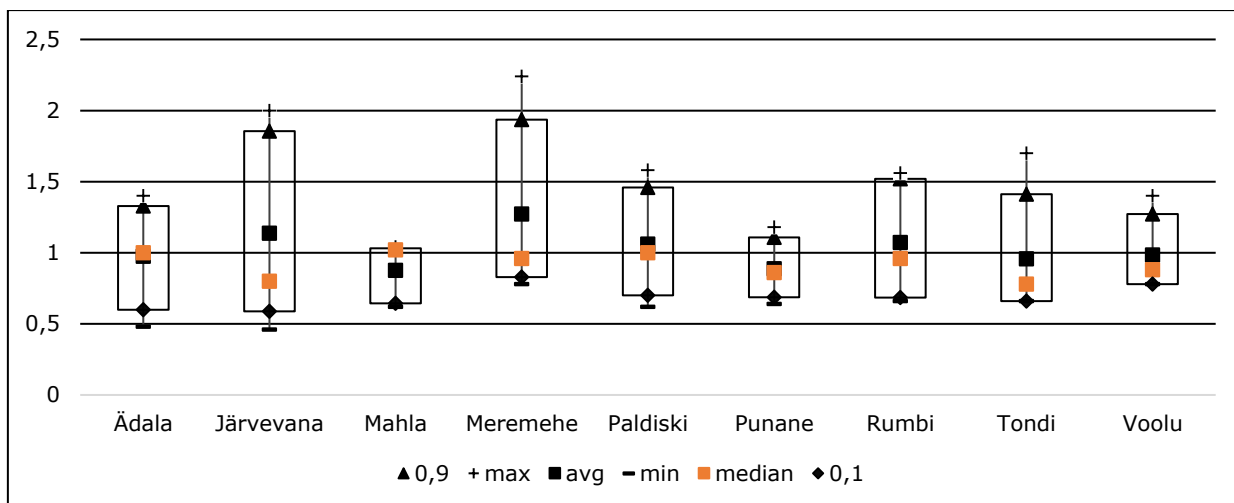


Joonis 23. Kõigi vaatlusjaamade sademete intensiivsuste jaotus, 2013-2019

Tabel 11. Joonise 23 juurde

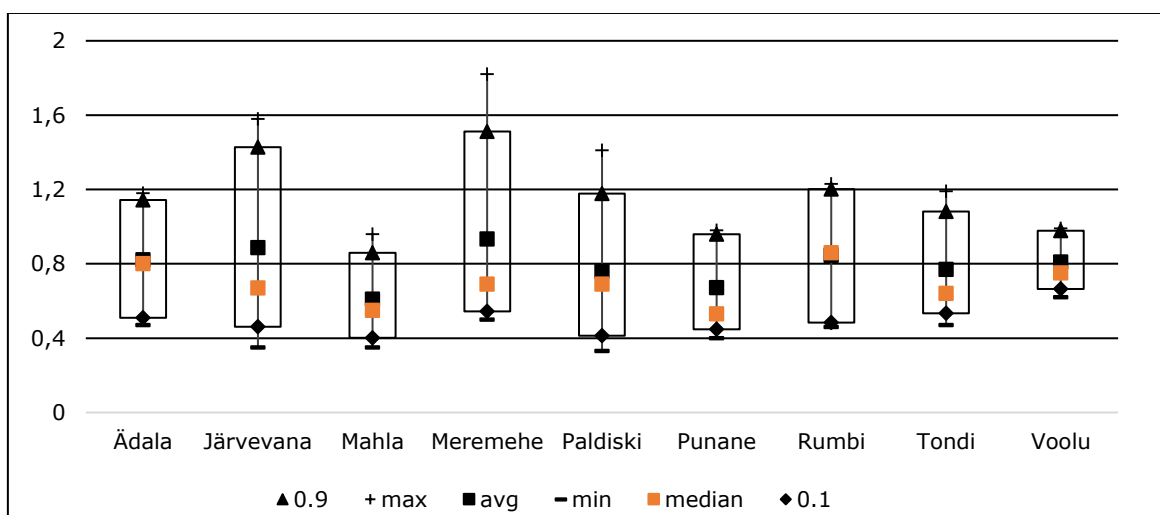
Jrk nr	Intensiivsus, mm/min	Jrk nr	Intensiivsus, mm/min	Jrk nr	Intensiivsus, mm/min
1	0,050-0,075	14.	0,61-0,65	27.	1,26-1,3
2	0,076-0,100	15.	0,66-0,7	28.	1,31-1,35
3	0,101-0,133	16.	0,71-0,75	29.	1,36-1,4
4	0,134-0,166	17.	0,76-0,8	30.	1,41-1,45
5	0,167-0,20	18.	0,81-0,85	31.	1,46-1,5
6	0,21-0,25	19.	0,86-0,9	32.	1,51-1,55
7	0,26-0,3	20.	0,91-0,95	33.	1,56-1,6
8	0,31-0,35	21.	0,96-1	34.	1,7-1,75
9	0,36-0,4	22.	1,01-1,05	35.	1,76-1,8
10	0,41-0,45	23.	1,06-1,1	36.	1,96-2
11	0,46-0,5	24.	1,11-1,15	37.	2,34
12	0,51-0,55	25.	1,16-1,2		
13	0,56-0,6	26.	1,21-1,25		

Joonisel 24 on välja toodud 5 minuti intensiivsus erinevused seirejaamades aastatel 2014-2018. Kõige kõrgem 5 minuti maksimaalne intensiivsus esines Meremehe seirejaamas, 2,24 mm/min (Joonis 24). Kõige madalam maksimaalne intensiivsus oli Mahla seirejaamas, 1,04 mm/min (Joonis 24). Ädala, Paldiski ja Punase seirejaamades langes keskmine intensiivsus ja mediaan kokku, see tähendab, et nendes seirejaamades jagunesid väärtused võrdselt. Järvevana, Meremehe ja Tondi seirejaamades olid intensiivsused aasta lõikes väga erinevad (Joonis 24). Kõige madalam 5 minuti intensiivsus on olnud Järvevana seirejaamas, 0,46 mm/min (Joonis 24).



Joonis 24. 5 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

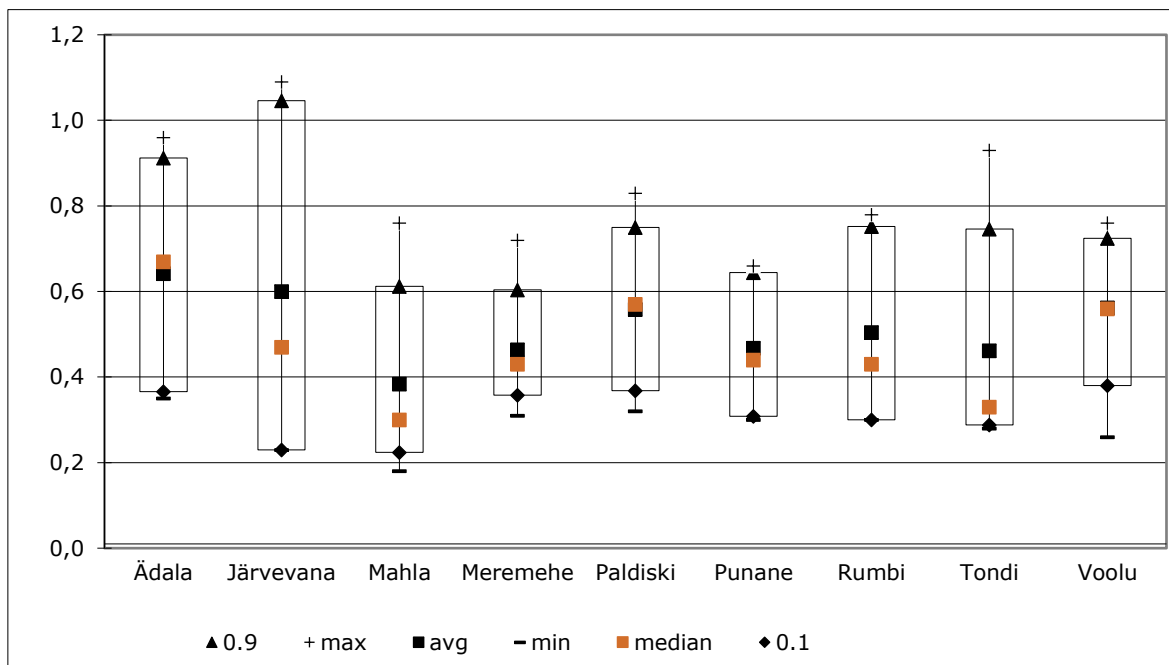
Kõige kõrgem 10 minuti maksimaalne intensiivsus on olnud Meremehe seirejaamas, 1,82 mm/min (Joonis 25). Kõige madalam maksimaalne intensiivsus on olnud Mahla seirejaamas, intensiivsusega 0,96 mm/min. Teistes seirejaamades on maksimaalsed intensiivsused jäänud alla 1,6 mm/min. Ädala, Mahla, Paldiski, Rumbi ja Voolu seirejaamades langesid keskmised ja mediaanid kokku, see tähendab, et nendes jaamades on olnud intensiivsuste kõikumisi vähe. Teistes seirejaamades on olnud aastaid, kus intensiivsus on niivõrd madalal, millest tulenevalt mediaan ja keskmine jäävad üksteisest kaugemale (Joonis 25). Kõige madalama intensiivsusega on olnud Paldiski seirejaama vihmad, 0,33 mm/min (Joonis 25).



Joonis 25. 10 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

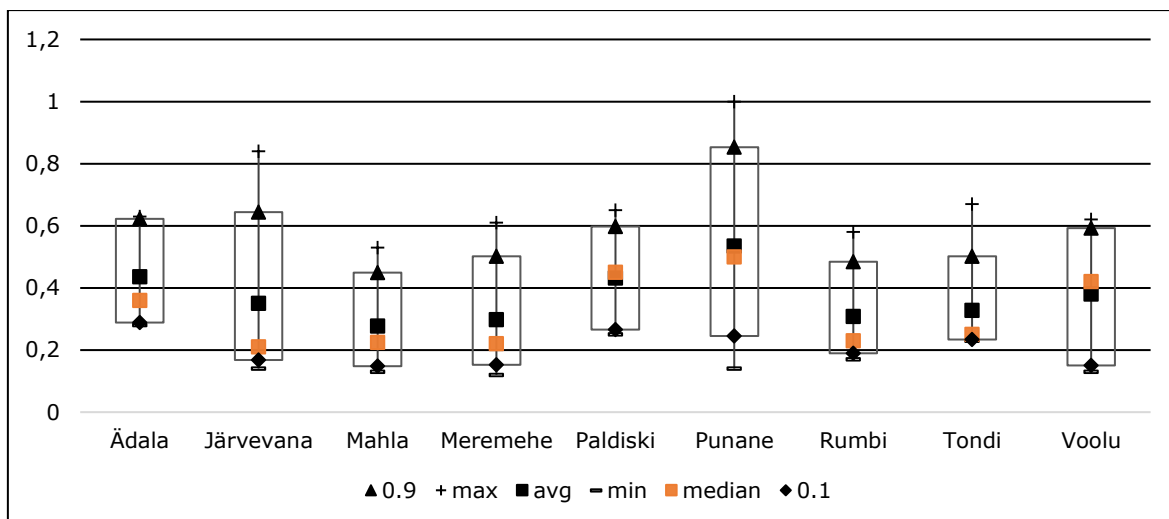
Joonisel 26 on välja toodud 20 minuti intensiivsuste erinevused seirejaamades aastatel 2014-2018. Vaadeldud ajavahemikul oli kõige kõrgem intensiivsus Järvevana seirejaamas, kus maksimaalne intensiivsus on olnud 1,1 mm/min (Joonis 26). Teistes seirejaamades on jäänud maksimaalsed intensiivsused alla 1,0 mm/min (Joonis 26).

Ädala, Meremehe, Paldiski, Punase ja Voolu seirejaamades on 2014-2018 aasta intensiivsused stabiilsed, nende mediaan ja keskmine on kokku langenud (Joonis 26). Madalaim intensiivsus on olnud Mahla seirejaamas, 0,2 mm/min. Teistes seirejaamades on jäänud madalaim intensiivsus 0,2 ja 0,4 mm/min vahele.



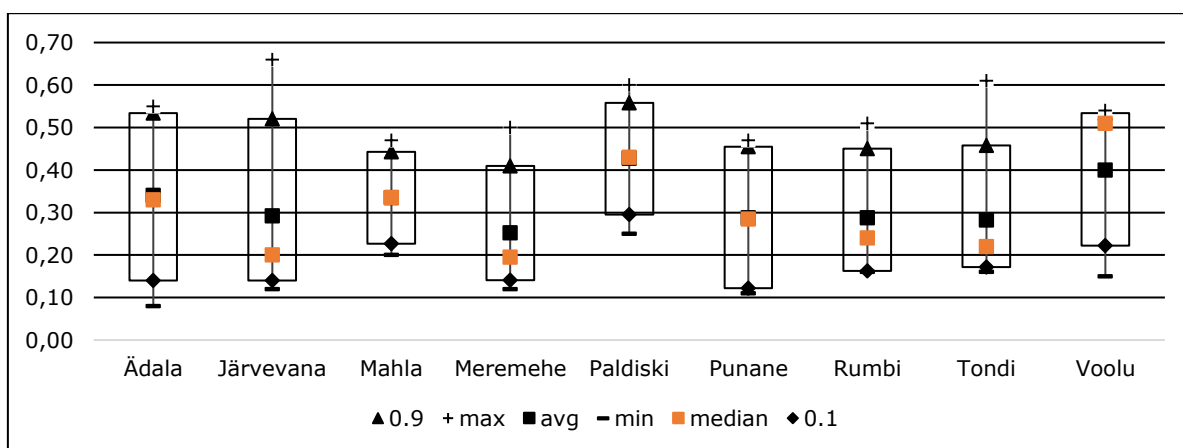
Joonis 26. 20 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

Joonisel 27 on välja toodud 30 minuti intensiivsuste erinevused seirejaamades aastatel 2014-2018. 30 minuti maksimaalne ja minimaalne intensiivsus on olnud Punase seirejaamas, vastavalt väärtustega 1,0 ja 0,14 mm/min (Joonis 27). Teistes jaamades on reeglina jäänud intensiivsused alla 0,8 mm/min (Joonis 27). Paldiski, Punase ja Voolu seirejaamades on olnud aastate vahelisi intensiivsuse kõikumise vähe, millest tulenevalt on nendes jaamades mediaan ja keskmine samas vahemikus (Joonis 27). Minimaalne intensiivsus on olnud Meremehe seirejaamas, väärtusega 0,12 mm/min (Joonis 27).



Joonis 27. 30 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

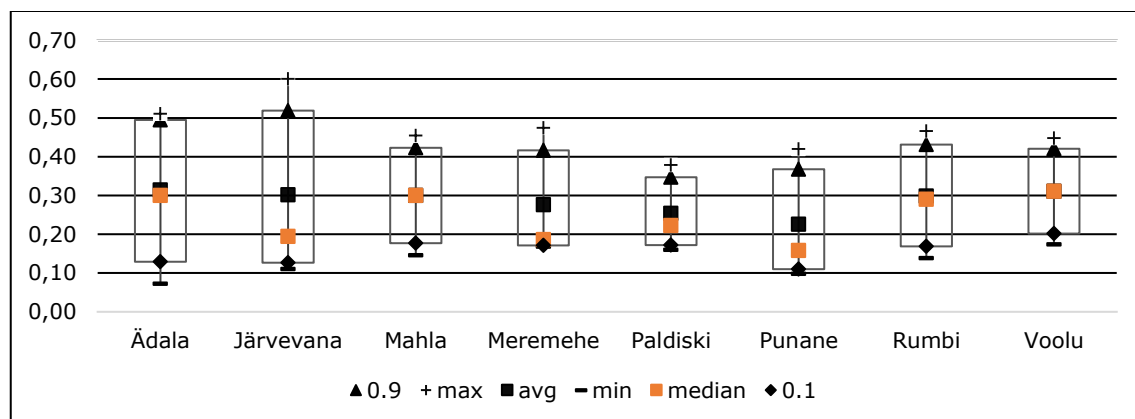
Joonisel 28 on välja toodud 40 minuti intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018. Kõige kõrgem intensiivsus on olnud Järvevana seirejaamas, 0,66 mm/min (Joonis 28). Teistes jaamdes on maksimaalsed väärtused jäänud reeglina alla 0,6 mm/min (Joonis 28). Ädala, Mahla, Paldiski, Punase seirejaamades on intensiivsuste keskmised ja mediaanid langenud kokku, jäädes 0,29 ja 0,43 mm/min vahele nendes jaamas on olnud intensiivsuste kõikumis vähe (Joonis 28). Kõige madalama intensiivsuse väärtusega on olnud Ädala seirejaamas, 0,08 mm/min, teistes vaatlusjaamades olid väärtused üle 0,10 mm/min (Joonis 28).



Joonis 28. 40 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

Joonisel 29 on välja toodud 50 minuti intensiivsuste erinevused seirejaamades aastatel 2014-2018. Kõige suurem maksimaalne väärtus on jällegi olnud Järvevana vaatlusjaamas, intensiivsus 0,6 mm/min (Joonis 29). Teistes seirejaamades on maksimaalsed intensiivsused jäänud reeglina alla 0,5 mm/min (Joonis 29). Ädala, Mahla, Rumbi ja Voolu seirejaamades on keskmised ja mediaanid langenud kokku, väärtused on jäänud 0,29 ja 0,31 vahele. Nendes jaamades on olnud variatsioon väike

(Joonis 29). Kõige minimaalsem väärtus on olnud Ädala seirejaamas, intensiivsus 0,07 mm/min, teistes jaamades on väärtused jäänud 0,11 ja 0,17 mm/min vahele (Joonis 29).



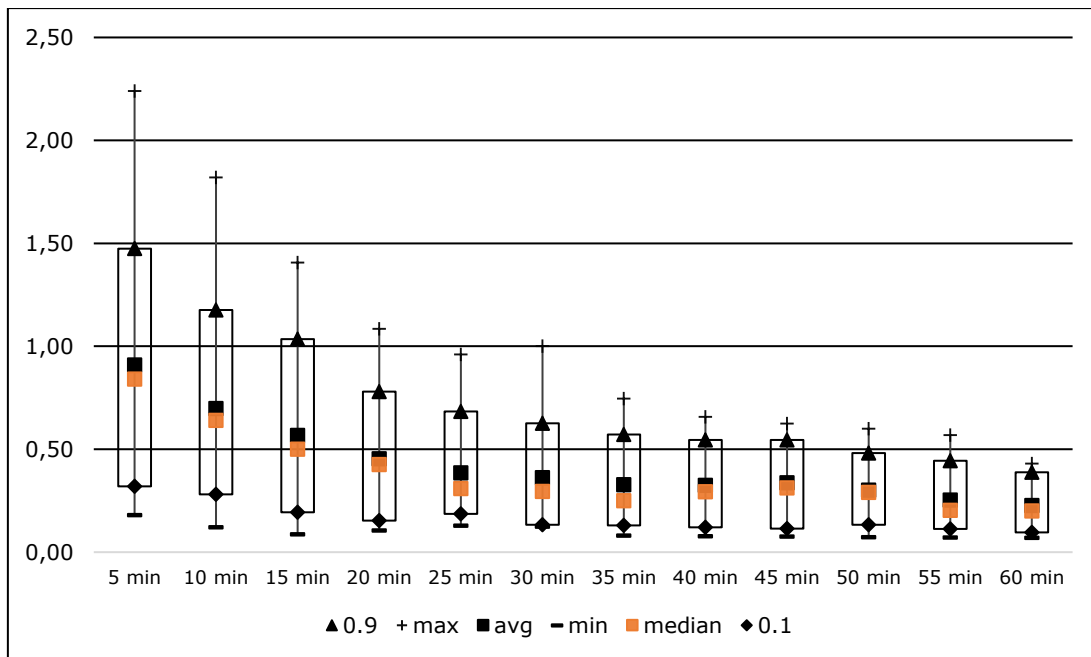
Joonis 29. 50 minuti maksimaalsete intensiivsuste erinevused aastatel 2014-2018

Joonisel 30 on välja toodud 5 kuni 60 minuti vihmade maksimaalsed väärtused ajavahemikul 2013-2019. Kõige kõrgemad on intensiivsused 5 minutit kestvate vihmade korral. Kõige kõrgem intensiivsus kogu vaatlusperioodil oli 2017. aasta Meremehe seirejaama 5 minuti vihmal, väärtusega 2,24 mm/min (Joonis 30). 10 ja 15 minuti maksimaalsed intensiivsused olid samuti 2017. aasta Meremehe seirejaamas, väärtustega 1,82 mm/min ja 1,41 mm/min (Joonis 30). 2016. aasta Järvevana seirejaama 20 minuti intensiivsus oli kõrgeim kogu vaatlusperioodil, väärtusega 1,09 mm/min (Joonis 30).

25 ja 35 minuti vihmade maksimaalne intensiivsus oli 2018. aastal Järvevana seirejaamas, vastavalt 0,96 mm/min ja 0,75 mm/min ning 30 minuti maksimaalne intensiivsus oli 2018. aastal Punase seirejaamas mis oli kõrgem, kui 25 minuti intensiivsus 1,0mm/min.

40 ja 50 minuti maksimaalne intensiivsus oli 2018. aastal Järvevana seirejaamas, väärtusega 0,66 ja 0,60 mm/min. 45 minuti maksimaalne intensiivsus oli 2018. aastal Tondi seirejaamas väärtusega 0,62 mm/min (Joonis 30).

55 minuti maksimaalseks intensiivsuseks oli 2018. aasta Järvevana seirejaama 0,57 mm/min. 60 minuti maksimaalne intensiivsus oli Meremehe 2018. aastal väärtusega 0,43 mm/min (Joonis 30).



Joonis 30. maksimaalsed intensiivsused vaatlusperioodil 2013-2019

Kõige kõrgemad on intensiivsused 5 minutit kestvate vihmade korral, siis järgnevad 10, 15 ja 20 minuti vihmad vähenevas järjekorras. Üsna vähe erinevad maksimaalsete intensiivsuste keskmised 25, 30, 40, 45 ja 50 minutistel vihmadel. Kõige madalam on intensiivsus 55 ja 60 minuti vihmadel (Joonis 30). 5-60 minutit kestvate vihmade keskmine ja mediaan langevad kokku, kuna intensiivsused jagunevad ühtlaselt (Joonis 30).

KOKKUVÕTE

Käesolevas magistritöös uuriti AS-i Tallinna Vesi seirejaamadest kogutud sademete andmeid. Vaatlusperioodiks olid aastad 2013-2019. Analüüs viidi läbi seirejaamade kaupa. Seirejaamad paiknevad erinevates asukohtades ning sellest tulenevalt on vihmade jaotus erinev.

Vaatluse alla tuli sademete jaotus kuude põhiselt, aastaegade põhiselt ning analüüsiti sademete intensiivsuseid.

Kõige rohkem registreeriti sademeid suvel, augustikuus, kuid oli ka erisusi.

Näiteks 2016 aasta juulikuus oli Järvevana ja Punase seirejaamades kõige rohkem sademeid. Paldiski ja Tondi seirejaamas oli 2016 aasta augustikuu kõige sajurikkam. Rumbi seirejaamas oli 2014. aasta augustikuu kõige sajurikkam. 2018. aasta juulikuus sadas Tammetõru seirejaamas kõige rohkem.

Ädala, Mahla, Meremehe ja Voolu seirejaamades registreeriti 2017. aasta augustikuus kõige rohkem sademeid. Punase seirejaamas registreeriti kõige pikem vihm, vihma pikkus 1 tund 38 minutit.

Sügiskuud on olnud samuti sajurikkad, aga on sadanud vähem kui suvel, kuid rohkem kui kevadel ja talvel. Sügiskuudes on septembrikuu kõige sajurikkam. Kevadel on sadanud vähem kui talvel.

Riigi Ilmateenistuse andmetel on olnud 2014, 2016, 2017. ja 2018. aastate augustikuud ühed sajurikkamad võrreldes teiste kuudega. 2015. aastast alates on aprill olnud sajurikkam ning märtsi- ja maikuu olnud sademetevaesed. Aastate lõikes on sügiskuude sajurikkamateks kuudeks olnud nii september, oktoober ja november.

Talvekuude lõikes on aasta sademete hulk reeglina jäänud samaks, kas normide piires või veidi üle selle [25].

Sarnased tulemused tulevad välja ka käesolevas magistritöös, kus aastad 2017. ja 2018. on olnud sademete rohked ning augustikuus on sadanud rohkem.

Kõige rohkem oli 7 vaatlusaasta ajal 5 minuti ja kõige vähem 60 minuti vihmasid. Lühiajaliste vihmade (5-10 minuti) osakaal on üle poole kogu vaatlusperioodil sadanud vihmadest. Pikaajalisi vihmasid (60 minuti) oli seitsme aasta jooksul ainult 18. Vaatlusperioodil oli 20 minutilisi vihmasid kokku 344, mida on vähem kui 10 ja 15 minutilisi vihmasid aga rohkem kui 25-60 minutilisi vihmasid.

Kõige kõrgemad on intensiivsused 5 minutit kestvate vihmade korral, siis järgnevad 10, 15 ja 20 minuti vihmad vähenevas järjekorras. Näiteks 5 minuti maksimaalne intensiivsus jäi 1,02-2,24 mm/min vahele. 10 minuti maksimaalne intensiivsus jäi vahemikku 0,96-1,82 mm/min ja 20 minuti maksimaalne intensiivsus 0,7-1,1 mm/min vahel. Üsna vähe erinevad maksimaalsete intensiivsuste keskmised 25, 30, 40, 45 ja

50 minutilistel vihmadel, näiteks 50 minuti maksimaalne intensiivsus oli 0,60 mm/min. Kõige madalam on olnud intensiivsus 55 ja 60 minuti vihmadel, näiteks 60 minuti maksimaalne intensiivsus oli kõige madala väärtusega 0,43 mm/min.

Kümnest seirejaamast eristusid kõige rohkem Järvevana ja Meremehe seirejaamad. Nendes seirejaamades registreeriti kõige kõrgemad maksimaalsed intensiivsused. Järvevana seirejaamas esines 20, 25, 35, 40, 50, 55 minuti maksimaalsed intensiivsused. 20 minuti intensiivsus oli madalam, kui 5 ja 10 minuti intensiivsus, väärtusega 1,09 mm/min.

Meremehe seirejaamas esinesid 5, 10, 15 ja 60 minuti maksimaalsed intensiivsused. 5 minuti maksimaalne väärtus 2,24 mm/min, oli seitsme aasta kõige kõrgem intensiivsus ja 10 minuti maksimaalne intensiivsus oli 1,82 mm/min.

Käesoleva magistritöö raames analüüsiti 2013 kuni 13.06.2019 aasta Tallinna sademeid. Vaatama lühikesele vaatlusreale näitavad uuringu tulemused üsna hästi, kuidas jaotuvad sademed Tallinna linnas, missugused on valdavad vihmad, nende kestvus ja intensiivsus. Selleks, et hinnata suundumust, vihmade korduvust, peaksid sademete aegread olema pikemad. Toetudes pikemaajalistele andmetele on võimalik täpsemalt määrata sademevee arvutusaravool, mis on aluseks sademeveesüsteemide dimensioonimisel. Samuti tõhustada reoveepuhastusjaama ja pumplate opereerimist vähendamaks uputusohtu.

SUMMARY

In this master's thesis the main objective was to examine the monitoring data that was gathered from AS Tallinna Vesi. The survey period included data between 2013 to 2019. The analysis was performed one by one in every monitoring station and later all the data that was gathered, was compared between all the monitoring stations. All the monitoring stations are located in different places, therefore the distribution of the rainfall is different. The observed precipitation was divided by months, by seasons and the intensity of precipitation was analyzed.

The highest rainfall's were registered in month of August. For example, in July, 2016 the highest amount of precipitation rained down in Järvevana's and Punase monitoring stations. August of 2016 saw the highest rainfall at the Paldiski and Tondi's monitoring stations. In Rumbi's monitoring station the most popular was the August in the year of 2014 and in Tammetõru's station the July of 2018. In Ädala's, Mahla, Meremehe and Voolu stations the highest precipitation's were registered in August, 2017. The longest lasting rain was registered in Punase monitoring station, it lasted 1 hour and 38 minutes.

If comparing by seasons then all the monitoring stations were led by summer months. Monitoring stations have different distribution of precipitation, with some monitoring stations having more precipitation in July and some in August. The autumn months are also rainy, however they are not that rainy as summer months, but have more precipitation than spring and winter months. In the autumn months, the most rainy were the months of September, compared to October and November.

According to Estonian Weather Service, the month of August in year's 2014, 2016, 2017 and 2018, have been the most rainy periods when compared to other months. Since 2015, the most rainy season has been the month of April, March and May have been poor in precipitation. September, October and November have seen the most precipitation's in Autumn months. During the winter months, the annual rainfall has generally remained the same, either within or slightly above the norms.

Similar results can be found in this Master's thesis, where the years 2017 and 2018 have been heavy with rainfall and more rainfall in August. During the 7 years of observation the highest amount were 5 minute rainfalls and the lowest was 60 minute rainfalls. More than half of the reference period rainfalls were short-term rainfalls, lasting 5-10 minutes. There were only 18 long lasting (60 minutes) rainfalls in seven years. During the reference period, there were 344 total rains with 20-minute period, which is less than 10 and 15-minute rains, but more than 25-60 minutes.

The intensities were highest for 5 minutes rainfalls, followed by 10, 15 and 20 minutes in descending order. For example, the maximum intensity of 5-minute rainfall was in the range 1.02-2.24 mm / min. The maximum intensity for 10 minutes was between 0.96-1.82 mm / min and the maximum intensity for 20 minutes was 0.7-1.1 mm / min. There is little difference between maximum intensities for the 25, 30, 40, 45 and 50 minute rains, example the 50 minutes maximum intensity was 0,60 mm/min. The intensity has been the lowest with 55 and 60 minutes rain, example the 60 minutes maximum intensity was the lowest 0,43 mm/min.

Of the ten monitoring stations surveyed, Järvevana and Seaman monitoring stations were the most highest maximum intensities were found at these monitoring stations. For example, the Järvevana monitoring station had maximum intensities of 20, 25, 35, 40, 50, 55 minutes. The intensity for 20 minutes was lower than the intensity for 5 and 10 minutes value 1,09 mm/min.

The Seaman's monitoring station had maximum intensities of 5, 10, 15 and 60 minutes. Example 5 minutes maximum intensity was 2,24 mm/min, was the highest intensity for seven years and the maximum intensity for 10 minutes was 1,82 mm/min.

In this master's thesis the precipitation from 2013 to 13.06.2019 were analyzed. Despite the short observation line, the results of the survey show quite well how the rainfall is distributed in the city of Tallinn, what the prevailing rainfalls are and its duration and intensity. In order to investigate the intensity of precipitation further, the time series of precipitations should be longer. Based on longer-term data, it is possible to more accurately determine stormwater runoff, which is the basis for stormwater system dimensioning. Also improve the operation of the wastewater treatment and pumping stations to reduce the risk of flooding.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Eesti seitsmes kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta, Eesti, Detsember 2017 [Online]
https://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimaaruanne-2017_est.pdf (21.12.2019)
- [2] Keskkonnaagentuur, 2019 [Online]
https://www.ilmateenistus.ee/wpcontent/uploads/2019/05/100_aastat_Eesti_ilma_teenistust.pdf (21.12.2019)
- [3] K. Päädam, P. Post Temporal variability of precipitation extremes in Estonia 1961–2008, OCEANOLOGIA, 53 (1-TI), 2011. pp. 245–257
- [4] EVS 848:2013 „Väliskanaliseerimisvõrk“
- [5] . May, D. B., 2011. Prediction of Urban stormwater quality at unmonitored catchments using artificial neural networks [Online]
<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=4413&context=theses>
- [6] Robson, M., Spence, K., Beech, L., 2006. Stream quality in a small urbanised catchment. Science of The Total Environment, Volume 357, Issues 1–3, Pages 194-207
- [7] Lowe, R., Thorndahl, S., Mikkelsen, P.S., Rasmussen M. ., Madsen, H., 2014. Probabilistic online runoff forecasting for urban catchments using inputs from rain gauges as well as statically and dynamically adjusted weather radar. Journal of Hydrology 512, 397–407.
- [8] The University of western Ontario department of civil and environmental engineering „Water Resources Research Report“ Computerized Tool for the Development of Intensity-Duration-Frequency Curves under a Changing Climate Technical Manual v.1.4, Roshan K.Srivastav, Andre Schardong, Slobodan P.Simonovic
- [9] Colorado State University, Hydrologic Science and Engineering Civil and Environmental Engineering Department Fort Collins, CIVE322 BASIC HYDROLOGY, Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves Example
- [10] Frequency Analysis by Gumbel Method: Principle and Steps [Online]
<http://www.yourarticlelibrary.com/water/frequency-analysis/frequency-analysis-by-gumbel-method-principle-and-steps/60635> (20.10.2019)

- [11] Normal distribution by James Chen May 7, 2019 [Online]
<https://www.investopedia.com/terms/n/normaldistribution.asp> (21.12.2019)
- [12] Oregon State University, terminology [Online]
<https://streamflow.engr.oregonstate.edu/analysis/floodfreq/> (21.10.2019)
- [13] Extreme Value Type I Distribution, Engineering statistics handbook, [Online]
<https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366g.htm> (12.12.2019)
- [14] Data-driven clustering of rain events: microphysics informatsioon derived from macro-scale observations, Mohamed Djallel Dilmi, Cecile Mallet, Laurent Barthes and Aymeric Chazottes, 25. April 2017, Pages 1558-1570
- [15]Veeseadus, Riigi Teataja, 2019 [Online]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/121122019017?leiaKehtiv> (2019)
- [16] Määrus 99, Riigi Teataja, 2013, Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed¹ [Online]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019042?leiaKehtiv> (2019)
- [17] 6 Common Probability distributions every data science professional should know, Analytics Vidhya, 18. september 2017, [Online]
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/6-probability-distributions-data-science/> (10.12.2019)
- [18] Hulevesiopas, Suomen Kuntaliitto ry, Hulevesioppaan päikvitetyt luvut lainsäädännön muutosten osalta, Kuntaliitto Kommunförbundet 2012, 2017 Helsinki, Pages 91-140
- [19] Tallinna Vesi Ettevõttest (2019) [Online] <https://tallinnavesi.ee>
- [20] Standard vs Tipping Bucket Rain Gauges , ThoughtCo. Jenni Worboys 2019 [Online]
<https://www.thoughtco.com/standard-vs-tipping-bucket-rain-gauges-3444381>
- [21] A New Method for Automated Dynamic Calibration of Tipping-Bucket Rain Gauges, [Online]<https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/15200426%281997%29014%3C1513%3AANMFAD%3E2.0.CO%3B2> 2018 (2019)
- [22] Types of Rain Gauges for Measuring Rainfall Data, The Constructor Civil Engineering Home 2019 [Online] <https://theconstructor.org/water-resources/types-of-rain-gauges/12801/> (2019)

- [23] Intercomparison of snowfall measured by weighing and tipping bucket precipitation gauges at Jumla Airport, Nepal, Ramchandra Karki 2012, [Online]
https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-109_TECO-2012/Session2/O2_02_Karki_Intercomparison_of_Snowfall_Measurements_Nepal.pdf
(2019)
- [24] Powerpoint esitlus, Tallinna Vesi kokkuvõte, Harku jaama võrdlus AS-i Tallinna Vesi andmetega
- [25] Meteoroloogia aastaraamatud, Riigi Ilmateenistus, 2013-2018 [Online]
<http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/publikatsioonid/aastaraamatud/> (2019)

LISAD

Lisa 1. Seirejaamades kasutusel olev sademete mõõteseade

Lisa 2 Tabel 12. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Ädala jaamas vaatlusperioodil, 2014-2019

Lisa 3 Tabel 13. Kõige suuremate keskmiste intensiivsustega korduvus Järvevana jaamas vaatlusperiood, 2013-2019

Lisa 4 Tabel 14. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Mahla jaamas vaatlusperioodil, 2013-2019

Lisa 5 Tabel 15. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Meremehe jaamas vaatlusperioodil, 2013-2019

Lisa 6 Tabel 16. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Paldiski jaamas vaatlusperioodil, 20113-2019

Lisa 7 Tabel 17. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Punane jaamas vaatlusperioodil, 20113-2019

Lisa 8 Tabel 18. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Rumbi jaamas vaatlusperioodil, 20113-2019

Lisa 9 Tabel 19. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Tammetõru jaamas vaatlusperioodil, 2018-2019

Lisa 10 Tabel 20. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Tondi jaamas vaatlusperioodil, 2018-2019

Lisa 11 Tabel 21. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Voolu jaamas vaatlusperioodil, 2018-2019

Lisa 12 Tabel 22. Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus kõikides jaamades vaatlusperioodil, 2013-2019

Lisa 1. Seirejaamades kasutusel olev sademete mõõtesead

FLOW Portable Rain Gauge



- Extremely long battery life of up to 5 years
- Type 202 with heating suitable also for winter operation
- Data transmission via GPRS to D2W Internet portal with comprehensive options for evaluation through monitoring and data forwarding to alarms

Rain gauge with stand ZMS 156 for field use or with ground plate, data logger and power adapter (optional)

Rain Gauge

The Rain Gauge detects liquid precipitation (rain) falling on the ground. The model equipped with an integrated heating detects solid precipitation (snow or hail) as well.

The measurement is based on the tipping scale principle, where a Reed switch triggers an impulse per 0.1 mm of precipitation. This pulse is passed on to an external counter or can be routed to a PLC for logging purposes. The model with integrated data logger saves the impulses corresponding to date, time and rain level. Thanks to the powerful internal rechargeable battery, this data logger operates self-sufficient and independent from mains power for an extremely long period. The logger automatically logs in with the most powerful GSM network and transmits measurement values to the NIVUS Internet portal Device to Web >D2W< at a fixed price.

D2W provides a variety of options for evaluation through status monitoring and data forwarding to alarms. For operation during winter the model Type RM 202 with electronically controlled heating powered by an external power supply is available. The rain gauge body is made of stainless steel and comes with a sieve preventing the drop collector stage from pollution through foliage or bird excrements.

Special orders are subject to change. 10/08/08 ver.00000000 Rev.05 - 20.07.2015

Instrumentation For Water Industry
 NIVUS GmbH • Im Taele 2 • 75031 Eppingen, Germany • Internet: www.nivus.com
 Phone: +49 (0)7262/9191-0 • Fax: +49 (0)7262/9191-999 • E-Mail: info@nivus.com



Tabel 17. Kõige suuremate keskmiste intensiivsustega korduvus Järvevana jaamas vaatlusperiood, 2013-2019

MIN	INTENSIIVSUS, mm/min																																							
	0,050-0,075	0,076-0,100	0,101-0,133	0,134-0,166	0,167-0,20	0,21-0,25	0,26-0,30	0,31-0,35	0,36-0,40	0,41-0,45	0,46-0,50	0,51-0,55	0,56-0,60	0,61-0,65	0,66-0,70	0,71-0,75	0,76-0,80	0,81-0,85	0,86-0,90	0,91-0,95	0,96-1,00	1,01-1,05	1,06-1,10	1,11-1,15	1,16-1,20	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	1,41-1,45	1,46-1,50	1,51-1,55	1,56-1,60	1,70-1,75	1,76-1,80	1,96-2,00	2,34			
5	5	16	32	17	15	23	9	8	3	6	1	4	1																											
10	5	10	12	9	14	15	4	3	3	3	1	2		2	1	1										1									1					
15	5	3	11	5	11	5	3	1	4	1	1	1		1												1														
20		5	5	5	3	5	1	2	2		1										1		1				1													
25		2	2	5	2	1	2	2	1												1																			
30			3	1		2	1	2									1																							
35		1	1		2			2								1																								
40			2		2		1	1							1																									
45			1		1		2							1																										
50			1		1		1							1																										
55							1							1																										
60							1																																	
...																																								

Tabel 18.Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Mahla jaamas vaatlusperioodil, 2013-2019

MIN	INTENSIIVSUS, mm/min																																							
	0,050-0,075	0,076-0,100	0,101-0,133	0,134-0,166	0,167-0,20	0,21-0,25	0,26-0,30	0,31-0,35	0,36-0,40	0,41-0,45	0,46-0,50	0,51-0,55	0,56-0,60	0,61-0,65	0,66-0,70	0,71-0,75	0,76-0,80	0,81-0,85	0,86-0,90	0,91-0,95	0,96-1,00	1,01-1,05	1,06-1,10	1,11-1,15	1,16-1,20	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	1,41-1,45	1,46-1,50	1,51-1,55	1,56-1,60	1,70-1,75	1,76-1,80	1,96-2,00	2,34			
5	2	4	11	34	20	21	25	11	12	3	9	1	8	2	2	2			1			3					1													
10	1	5	20	18	18	17	3	8	4	4	4	1			1	1	1				1																			
15	1	6	18	9	10	10	4	7	2	1	2			1						1																				
20		6	12	9	6	8	3	1	1				1			1																								
25		4	4	4	6	1	2					1		1																										
30	1	4	2	3	5		1					1	1																											
35		3	2	1	2								2																											
40		1	1	1	2								2																											
45		1	1	1									2																											
50		1	1	1									2																											
55		1		1										1																										
60		1												1																										
...																																								

Tabel 19.Kõige suuremate keskmiste intensiivsuste korduvus Meremehe jaamas vaatlusperioodil, 2013-2019

MIN	INTENSIIVSUS, mm/min																																							
	0,050-0,075	0,076-0,100	0,101-0,133	0,134-0,166	0,167-0,20	0,21-0,25	0,26-0,30	0,31-0,35	0,36-0,40	0,41-0,45	0,46-0,50	0,51-0,55	0,56-0,60	0,61-0,65	0,66-0,70	0,71-0,75	0,76-0,80	0,81-0,85	0,86-0,90	0,91-0,95	0,96-1,00	1,01-1,05	1,06-1,10	1,11-1,15	1,16-1,20	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	1,41-1,45	1,46-1,50	1,51-1,55	1,56-1,60	1,70-1,75	1,76-1,80	1,96-2,00	2,34			
5		6	9	32	21	17	15	9	9	9	3	6	5	3	3		4		1		1																		1	
10	5	8	12	16	8	8	11	8	5	3	5	2		1	2		1				1																			
15	4	9	7	10	4	12	7	3	2		3	2	1	1					1																					
20		4	6	4	4	8	5	1		5		1				1																								
25		5	6	2	4	6	2	1	1																															
30		4	3		4	3		2																																
35		1	2		2	2		1				1																												
40			1		2			1			1																													
45			1		2		1				1																													
50					2		1				1																													
55				1			1				1																													
60			1				1				1																													
...																																								

