



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

IMBKATENDITE EHITUS NING TOIMIVUS EESTIS

CONSTRUCTION AND PERFORMANCE OF PERVIOUS PAVEMENTS IN ESTONIA

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Elor Eilaste

Üliõpilaskood : 165301EATI

Juhendaja: Andrus Aavik, Dotsent

Tallinn 2022

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.

"....." 2022

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Elor Eilaste (sünnikuupäev: 18.05.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
IMBKATENDITE E HITUS NING TOIMIVUS EESTIS,

mille juhendaja on

Andrus Aavik,

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: Elor Eilaste 165301EATI
Õppekava, peeriala: EATI02/15 - Teedehitus ja geodeesia
Juhendaja: Andrus Aavik, dotsent

Lõputöö teema:

IMBKATENDITE EHITUS NING TOIMIVUS EESTIS

CONSTRUCTION AND PERFORMANCE OF PERVIOUS PAVEMENTS IN ESTONIA

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade looduslähedastest ning säästlikest sademeveesüsteemidest ja nendega seotud imbteekatenditest, kui jätkusuutlikutest tehnoloogiatest sadevee probleemidega tegelemiseks.
2. Imbkatendite rajamine Inglismaal ja Ameerikas
3. Imbkatendite senine kasutamine Eestis.
4. Hinnata ning analüüsida erinevate imbkatendite toimivust ja tehnoloogiaid.
5. Võrrelda Eestis kasutatud eri tüüpi imbkatendite temperatuuritundlikkust ja hinnata selle mõju toimimisele.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa kirjutamine, andmete kogumine	01.11.2021
2.	95% valmis, lõputöö kaitsmistaotluse esitamine	13.12.2021
3.	Töö valmis, ettevalmistused kaitsmiseks, töö esitamine retsenseerimiseks	20.12.2021
4.	Lõppkaitsmine	11.01.2022

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 10.01.2022

Üliõpilane: Elor Eilaste 06.09.2021
/allkiri/

Juhendaja: Andrus Aavik 06.09.2021
/allkiri/

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. ÜLEÜLDINE TOIMETULEK SADEMEVEEGA	10
1.1 Sademeveest tulenevad probleemid linnalistel aladel.....	11
1.2 Linnaliste alade säästvad sademevee süsteemid - SuDS - Sustainable Urban Drainage Systems	13
1.3 Looduslähedased säästvad sademevee süsteemide lahendused - SuDS lahendused.....	15
1.3.1 Dreenasfaldist imbkatend.....	15
1.3.2 Moodulsüsteemist vihmavee imbväljakud	16
1.3.3 Vahedega sillutiskividest imbkatend	18
1.3.4 Vihmapeenar ja viibetiik.....	20
2. VETT LÄBILASKVATE LOODUSLÄHEDASTE SADEMEVEESÜSTEEMIDE KATSETAMINE MUJAL MAAILMAS	22
2.1 SuDS katendite uurimine Inglismaal laboritingimustes.....	23
2.2 Inglismaa uuringu teostamine	24
2.3 Inglismaa uuringu analüüs	26
2.4 Nelja tüüpi läbilaskva katte hüdroloogiline võrdlus California kirdeosas parkla uuringu näitel	27
2.5 California uuringu teostamine.....	29
2.6 California uuringu analüüs	31
3. SUDS - LOODUSLÄHEDASED SÄÄSTVAD SADEMEVEE SÜSTEEMID EESTIS	33
3.1 Jätkusuutlike looduslähedaste süsteemide ehitus (LIFE UrbanStorm Viimsi valla testalad)	33
3.1.1 Parkla dreenasfaltkatend - Testala 1	34
3.1.2 Parkla murukivi katend - Testala 2 ja Parkla killustikuga täidetud vahedega sillutiskivid - Testala 3	38
3.1.3 Immutuspeenar	40
3.1.4 Imbväljak immutusplokkidel	41
3.2 Taaskasutatud plastist asfalt - MacRebur	43
4. LIFE URBANSTORM VIIMSI VALLA TESTALADE 1-3 KATSETAMINE	47
4.1 Andmete kogumine testaladelt 1-3.....	49
4.2 Testala 1 - Dreenasfalt katendi tulemused	50
4.3 Testala 2 - Murukiviga katendi tulemused	53
4.4 Testala 3 - Sillutiskiviga katendi tulemused	54
4.5 Testalade võrdlus.....	56
4.5.1 Õhutemperatuuri mõju testaladele	57
4.5.2 Testalade kasutusest tulenevad probleemid.....	59
5. ETTEPANEKUD	61
KOKKUVÕTE	63

SUMMARY	65
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETEELU	67
LISAD	69
Lisa 1. Transpordiameti saadetud juhises "Plastjätmete kasutamine asfaldisegudes"	70
Lisa 2. Viimsi valla testalade mõõtetulemused.....	71

SISSEJUHATUS

2021. aasta seisuga on Eesti teedel ja tänavatel arendatud klassikalisi sadevee süsteeme, mis juhivad vihmast tekkinud sademed katendi pindmiselt kihilt sadevee kaevu ja sealt sadeveetorustikku. Edasi liigub vesi kanalisatsiooni, äravoolu suublasse või merre. Tänapäevane probleem sellise lahenduse juures on see, et kliima muutub kiiremini, kui ehituses minnakse kaasa uuendustega, seega sellest tulenevalt ei suuda sadevee süsteemid ilmastiku kiireneva muutumisega enam sammu pidada.

Eesti kliimaproгноosi andmetest tulenevalt on viimastel kümnenditel juba praegu tõusnud temperatuur 0,2 - 0,3 °C aastas. Soojenemine on suurem nii talvel kui ka kevadel. Viimase 40 aastaga on märgitud ainult temperatuuri tõusu koguni 1 °C. [1] Kliimamuutuse ennustamiseks on välja töötatud kolm põhilist kliimastenaariumit. Kliimastenaarium annab teavet kliima ajalis-ruumilise muutlikkuse kohta, võttes arvesse nii atmosfääri-, maismaa- ja veesüsteemi füüsikaliste protsesside vahelisi suhteid kui ka heitestsenaariume. [2] Neid kirjeldatakse lühendiga RCP (Representative Concentration Pathways), mis on koostatud olemasoleva teaduskirjanduse ja metoodika põhjal, sõltumatute uurimiskeskuste poolt. RCP kliimastenaariumid arvestavad nii kliimamuutuse mõju ühiskonnale kui ka leevendavate meetmete kasutuselevõttu, tehnoloogia arengut ning maakasutuse muutusi ja arengut. [1]

RCP stsenaariumid

- RCP 2.6 stsenaarium on väga optimistlik. Selles arvestatakse head riikidevahelist koostööd ning eeldatakse, et riigil on arenenud süsiniksidumise tehnoloogiat. [2]
- RCP 4.5 on mõõdukas stsenaarium, milles eeldatakse riikide poolt olulisi leevendavaid meetmeid kliimamuutuste vastu. [2]
- RCP 8.5 on pessimistlik prognoos, kus toimub nõrk riikidevaheline koostöö ning valdavalt põhineb majandus süsinikul. [2]

Eesti liigub hetkel RCP 4.5 ja RCP 8.5 tegevuskava suunas. Kõige negatiivsema riikliku kliimastenaariumi, RCP 8.5 kohaselt on lisaks temperatuurile muutunud ka sademete hulk. Sademeid on Eestis 20. sajandi teisel poolel suurenenud 5-15% ning nende kasvu prognoositakse ka edaspidi. RCP 8.5 lähtuvalt suureneb aastatel 2041-2070 Eesti keskmine sademete hulk 14%, suveperioodidel koguni 18%. Prognoos näeb ette intensiivsete vihmasadude sagenemist. Intensiivseteks sadudeks nimetatakse vihmahooge, mille ööpäevane sademete hulk ületab 30mm/ööpäevas. RCP 8.5 andmetel suureneb perioodil 2041-2070 intensiivsete ööpäevaste sademete hulk kevadel 209%,

suvel 139%, sügisel 174% ning talvel 231%. [3] Ning juba järgmise kümnendi jooksul ennustatakse intensiivsete vihmasadude esinemist keskmiselt 99% rohkem.

Ajas intensiivistuvate sademete hulga kasvuga tekkivad probleemid hakkavad võimenduma just linnalises keskkonnas, kus hetkel on linna arenduse tõttu pidevalt kasvanud vett mitteläbilaskvate pindade osakaal. Juba hetkel on tihedate hoovihmadega süsteemid, mis selle veehulga suudaksid linnakeskkonnas vastu võtta, ülekoormatud. Murekohti näeme igal aastal Tallinnas üle ujutatud tänavatel. "Maanteeameti tegevuskava üleujutusosalade ja võimalike kliimamuutuste tuvastamiseks I osa" leiame, et üleujutus on harilikult veega katmata maa-ala ajutine kattumine veega, kaasa arvatud selline üleujutus, mis on põhjustatud veekogu tõusust. Eesti kontekstis on üleujutus eelkõige sademete tõttu (vihm, lumesulavesi) üle kallaste tõusev vooluveekogu ja mereveetaseme tõus. [4]

Kliimamuutustega kohanemiseks on hakatud Euroopas üha enam rajama säästvaid sademevee süsteeme, edaspidi SuDS lahendusi, mis suudavad valingvihma vastu võtta süsteeme vähem koormates. Seda on teinud ka Viimsi vald, kus on välja töötatud Viimsi valla kliimamuutustega kohanemise arengukava, mille raames plaanitakse ning ehitatakse välja uudsete lahendustega platse ja väljakuid. Imblahenduste eesmärgiks on vähendada sademevee vooluhulka ja pikendada kokkuvoolu aega, et mitte koormata sademevee süsteeme ning lahendada liigse vee kasutust looduslähedaselt ja puhtalt. [3]

Käesoleva lõputöö eesmärk on uurida ja analüüsida looduslähedasi sadeveesüsteeme linnalises keskkonnas ja uurida nende otstarbekust ning tulevikuperspektiive. Eesmärgiks on keskenduda Viimsi vallas ehitatud säästlike ja kliimamuutustele vastupidavate platside ehitusele ja toimimisele ning hinnata, kas looduslähedaste sademevee süsteemide ehitamine peaks Eesti tänavaid ja parklaid rekonstrueerides muutuma tavaks.

Autor sai võimaluse osaleda Viimsi valla pilootprojekti esimese staadiumi ehituses, mille lõpplahendus nägi ette kolme toimiva testala valmimist ning korrektset toimimist. Ehitustööde teostamisel tekkis tihtipeale küsimusi korrektsete ehitusvõtete ning kattelahenduste toimivuse osas. Lisaks esines ka uudseid lahendusi, mida ehituse käigus oli keeruline lahendada, kuna antud tehnoloogia on praeguse generatsiooni ehitajatele uudne. Valminud parkla ehitus õnnestus nii kvaliteedi kui ka sademevee korrektse vastuvõtmise osas, kuid siiski tekkis huvi säästvate sademeveesüsteemide kohta - kuidas imkatendeid paremini rajada ning kui efektiivselt need Eesti oludes töötavad ning kuidas sademevetega toime tulevad.

Võtmesõnad: sademevesi, sademeveesüsteemid, dreniv katend, drenasfalt, murukivi, sillutuskivi, viibetiik, filterriba, immutuskast, imbkatend

1. ÜLEÜLDINE TOIMETULEK SADEMEVEEGA

Sademeveega toimetulekuks on linnalises keskkonnas üldjuhul kolm võimalust.

Esimene lahendus, mida tänapäeval ehituses ning projekteerimises enam ei praktiseerita, on ühisvoolne kanalisatsioon, milles sademevesi suunatakse samasse torustikku, kus voolab reovesi. Antud lahendus on iganenud ning tekitab probleeme reoveepuhastusjaamadele ning koormab keskkonda. Sademevee ja pinnasevee sattumine reovee kanalisatsiooni jahutab vee maha ning see häirib puhastusjaamade tööd. Ühisvoolsest kanalisatsioonist tohib vihmavalingu korral sademevett suublasse juhtida juhul, kui süsteem töötab vahekorras 1/4. See tähendab, et reovesi on lahjendatud sademeveega - üks osa reovett ning kolm osa sademevett. [5]

Teise variandina tuleb tänapäeval reovee süsteem lahendada uutel ehitustel või rekonstrueerimise käigus lahkvoolseks. Lahkvoolses kanalisatsioonis voolavad reovesi ja sademevesi eraldi süsteemides ning neid käideldakse samuti erinevalt. Lahkvoolse lahenduse puhul suunatakse sademevesi lõpuks suublasse. [5]

Kolmas viis on enamuse sademevett immutada selle tekkekohas. Sellises lahenduses on sobilik kasutada looduslähedasi lahendusi, mille lõpptulemusena jõuab minimaalne veehulk sademevee torustikku, kuid enamik sellest kasutatakse kohapeal maapinda immutades, sademevett taaskasutades jms.

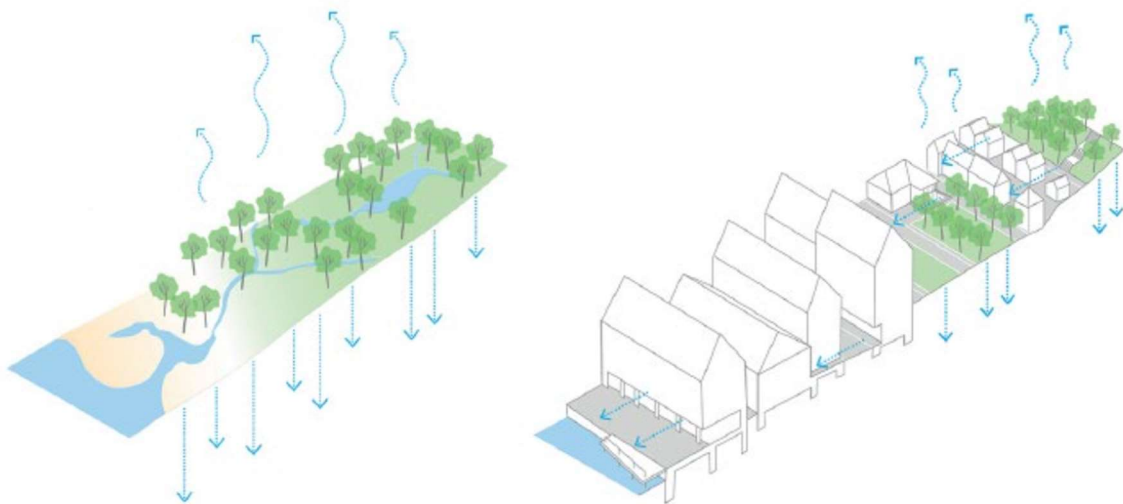
Sademevesi on sademetena langenud ning ehitiste, sealhulgas kraavide kaudu kogutav ja ära juhitud vesi. [6] Sademevee käitlemisel tuleb eelistada lahendusi, mis võimaldavad sademeveest vabaneda selle tekkekohas, vältides sademevee reostumist. [7] Vee seaduse eesmärk on suunata looma lahendusi selliselt, et lahendused oleksid võimalikult jätkusuutlikud ning keskkonda vähe koormavad. Sademeveest vabanemiseks kasutatavad looduslähedased lahendused nagu rohealad, viibetiigid, vihmaaiad, imbkraavid ja muud lahendused, mis võimaldavad sademeveest vabaneda eelkõige maastikukujundamise kaudu, vältides sademevee reostumist, ei käsitleta sademevee suublasse juhtimisena. [8] See tähendab, et sellise lahenduse loomise jaoks pole tarvis veeluba.

Veeluba on tarvis juhtudel, kui sademevett juhitakse suublasse mistahes alalt, kus on sademevee saastumise risk. Sellisel juhul tuleb hinnata saasteainesisalduse kogust vees ning loa saamiseks peab saasteainesisaldus jääma normi piiresse. Põhisaasteainete piirväärtused sademeveele on järgmised: heljumisisaldus (HA) ≤ 40 mg/l; naftasaadused 5mg/l; biokeemiline hapniku tarve (BHT7) 15 mg/l. [9]

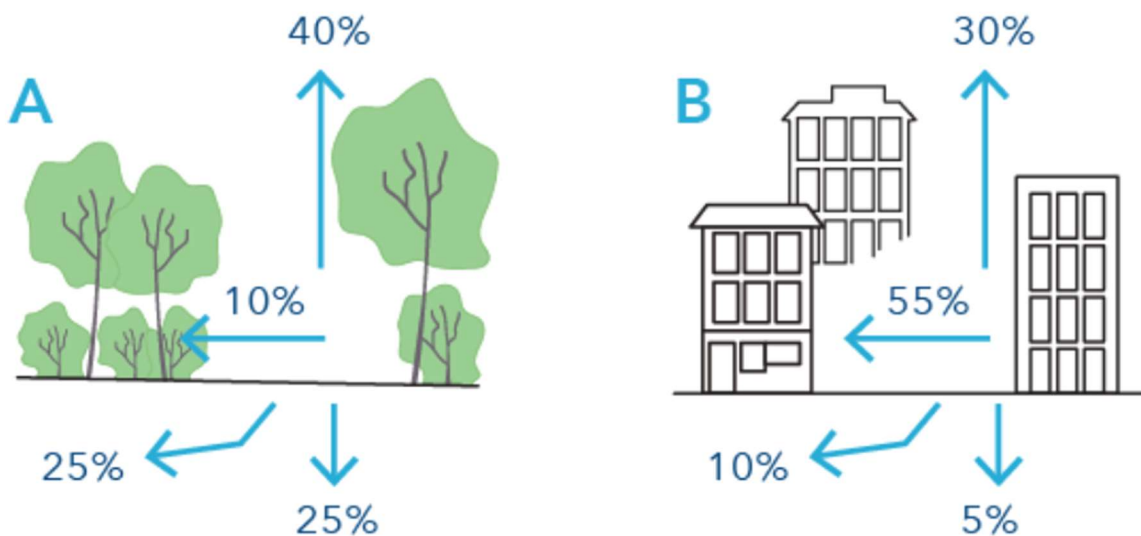
1.1 Sademeveest tulenevad probleemid linnalistel aladel

Looduslikul maastikul suudab vihmavesi imenduda pinnasesse, liikuda madalamale soisele alale, aurustuda, edasi juba omastatakse taimede poolt ning osa jõuab ka veekogudesse. Linnastumise kasv ning vett mitteläbilaskvate pindade osakaalu suurenemine tingib muutusi loomulikus veeringes. Eelnevalt nimetatud tegurite tõttu on suurenenud sademevee äravool, vähenenud vee imbumine maapinda ning muutunud halvemaks sademevee kvaliteet, mis jõuab pinnasesse ja veekogudesse. (Joonis 1.1) [10]

Inimtekkelise keskkonna ja loodusliku keskkonna vahelist erinevust sademevee kasutamise mõistes on skemaatiliselt välja toodud ka teavikus "Looduslähedased sademeveesüsteemid: Eesti kliimasse sobivad sademevee lahendused". [10]



Joonis 1.1. Linnastumise tagajärjel toimuvad veeringe muutused (paremal). Veeringe toimumine looduslikult (vasakul) [10]



Joonis 1.2. Looduslikus keskkonnas sademevee pinnasesse imbumine, omistamine taimede poolt ja üleujutusi põhjustav äravool (skeemil A) ning linnastunud alal (B) protsentides. [10]

Liigsetest vihmadest tulenevaid muresid (joonis 1.2) on võimalik lahendada näiteks uuendades linnade kanalisatsioonisüsteeme ehk suurendades torustiku vastuvõtuvõimet, kuid selline lahendus on kulukas ning ei tundu kuidagi jätkusuutlik. [10] Lisaks kulukusele on kanalisatsioonisüsteemide vastuvõtuvõime suurendamine piiratud lahendus, see tähendab et uute liitumiste lisamine olemasolevale süsteemile on piiratud, kui sademevee ärajuhtimiseks kaetava ala veehulk jõuab maksimaalseni, mida torustik suudab vastu võtta. Selle ohu vältimiseks tuleb teostada veelgi suuremaid rekonstrueerimistöid vahetades olemasolevad lahendused veelgi suuremate vastu või lisades kriitilistesse kohtadesse juurde muid lahendusi. Viimsi valla arendatud Life UrbanStorm projekti raames pakutakse välja et mõistlikum on kasutada alternatiivset looduslähedast lahendust. [10]

Väljatöötatud "Jätkusuutlike ja kliimamuutustele vastupidavate linnaliste sademeveesüsteemide arendamine omavalitsustes – LIFE UrbanStorm" programmi raames pakutakse välja, et alternatiivsete lahenduste kasutamine parandab linna keskkonna veekäitluse tõhusust, annab asulale lisaväärtust parkide, haljasalade ning rohealade näol, ühtlustab veerežiimi, aeglustab vee äravoolu ning puhastab vett. Imbkonstruktsioonid on pikas perspektiivis jätkusuutlikumad, kui investeerimine kanalisatsioonivõrgu uuendamisse, hooldamisse ja ehitamisse. [11]

1.2 Linnaliste alade säästvad sademevee süsteemid - SuDS - Sustainable Urban Drainage Systems

Viimase 30-40 aasta jooksul on maailmas välja töötatud uued tehnoloogiad, et tulla toime väljakutsetega, millega linnaliste alade äravoolusüsteemid peavad silmitsi seisma. Säästvad sademevee süsteemid on uudne ja täiendav lahendus praegu ehitatavatele traditsioonilistele viisidele. SuDS-tehnoloogiat peetakse uuenduslikuks sademevee juhtimise ja linnaplaneerimise viisiks, mille eesmärk on jäljendada ning taastada hüdroloogilisi protsesse, mis olid linnalises keskkonnas enne vett mitteläbilaskvate pindade osakaalu suurenemist. Protsessid, mida antud lahendusega taas saavutada püütakse on vee imbumine maapinda, aurustumine, omastamine taimede poolt, vee puhastamine, ladustamine jne. [10]

SuDS - tehnoloogilisi lahendusi on väga palju erinevaid. Neid on võimalik kasutada eramutest kuni teede ja tänavateni. Näiteks on võimalik eramutele paigaldada rohekatused, luua vihmavee rennide alla imbkaste jms. SuDS- tehnoloogia tee ning platsiehituse mõistes hõlmab endas vett läbilaskvate teede rajamist, filterribasid, rohesaarestikke, vee kinnipidamisbasseine ja imkatendeid. SuDS tehnoloogia uuendus võrreldes traditsioonilise lahendusega seisneb selles, et mõjutatakse äravoolu kiirust, kogust, vee kvaliteeti (imbumine läbi haljastussaadete ja rohealade puhastab saastunud vett) ning tekib võimalus kokku hoida ehitusmahtudelt. [10]

Säästvate sadevee süsteemide lahendustele jõulisemat üleminekut tulevikus suunab ka Euroopa Liidu rohekokkulepe. Selle leppe raames edendab Euroopa Liit tegevuskava ressursside tõhusa kasutamise edendamiseks, liikudes puhtama ja rohelisema ringmajanduse poole. Lisaks soovitakse taastada bioloogiline mitmekesisus ning vähendada saastet. Euroopa rohekokkulepe on osa Euroopa Komisjoni strategiast rakendada 2030. aastaks seatud säästva arengu eesmärged. Sellest tulenevalt muutuvad looduspõhised lahendused aina olulisemaks. Selles on looduspõhised lahendused määratletud, kui tegevused, mis on inspireeritud loodusest või toetavad ning jäljendavad seda. [12] Looduspõhiste ning säästvate lahenduste eesmärk on tõhustada säästvat linnastumist, taastada halvenenud ökosüsteeme, töötada välja kliimamuutustega kohanemise ja leevendamise strateegia ning parandada linnade vastupanuvõimet ekstreemsete ilmastikuolude üle. [10]

SuDS tehnoloogiat on katsetatud mitmetes riikides. Näiteks alustasid SuDS tehnoloogia katsetamise ja ehitamisega esimesena Ühendkuningriigid, Šotimaa ja Ameerika ning

viimasel kümnendil on ka Euroopa Liidus SuDS- tehnoloogiat hakatud kasutama erinevates riikides väga erineva tempoga. Viimastel aastatel on olulisi edusamme teinud ka Taani ja Rootsi. Sellele vaatamata on tehnoloogia kasutuselevõtt ja levik aeglane ning kompetentsi ehitamises ning projekteerimises vähe. Selle tulemusena ongi tarvis luua rohkem pilootprojekte, mis julgustaks ja inspireeriks ka teisi riike säärast lahendust kasutusele võtma.

Nõuetekohaselt projekteeritud, ehitatud ja hooldatud SuDS projektid on jätkusuutlikumad, kui tavalised äravoolumeetodid, sest need leevendavad keskkonnale tekkivat kahjulikku mõju. Läbi taastuvate sademevee süsteemidega saavutatavad positiivsed tegurid on järgmised: [13]

- Sademevee äravoolu hulga vähenemine, mis vähendab madalamate alade üleujutuste riski;
- Saaste vähenemine sademevees;
- Põhjaveevaru täiendus;
- Väheneb vajadus sademevee kaevudele, restkaevudele ja kanalisatsioonile;
- Väheneb kaevetööde maht.

[13]

SuDS tehnoloogia kasutamisega on positiivsete tegurite kõrval tähendatud ka järgneva puudusi. Näiteks on Euroopas ja ka Eestis vähe kompetentsi ja kogemust SuDS lahenduste rajamiseks. Lisaks, kui on tehtud vigu ehituses või pole katendeid nõuetekohaselt hooldatud, siis suureneb ummistuste tekkimise risk. Meie kliimavõtmes võib lisaks veel rolli mängida ilmastik ehk oht jäätumisest tulenevatele probleemidele. Näiteks lahenduse puhul, kus on kasutatud drenasfalti, võivad poorid jääda ning seeläbi katendi pinda lõhkuda. Enamgi veel tuleb selliste lahenduste ehitamisel jälgida, et aluspinnas oleks dreniv, piirkonna põhjaveetase ei oleks madal ning joogiveekaevud asuks piirkonnast eemal. [13]

Teostatud projektidest saab järeldada, et säästvate looduslähedaste sademevee süsteemide ja katendite ehitamiseks tuleks alustada planeerimis ja projekteerimisprotsessist. Linnaehituses tuleks tänapäeval rõhku panna sellele, et uusarendus või olemasoleva objekti ümberehituses juba arvestatakse mõju vähendamiseks olemasolevale sademevee süsteemile. Seda saab saavutada, kui planeerimisetapis minimaliseeritakse mitteläbilaskvate pindade osakaalu ja lähtutakse vee integreerimise põhimõttest (imbväljakud, mis aeglustavad äravoolu ja taimestik, mis vett

omastab jne). Selle tulemisena ei pea näiteks uusarenduste puhul asendama olemasolevaid sadeveetorusid suurematega, vaid osa veest juhitakse minema looduslikul viisil. See kõik võiks tagada kogu objekti valmimiselt säästu nii rahalises, kui ka loodussäästlikus mõttes.

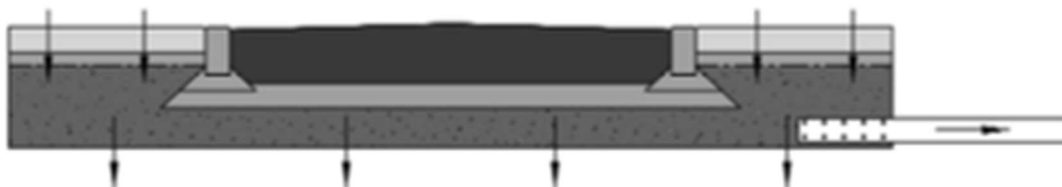
Nii nagu tavalised, praegu ehitatavad lahendused, vajavad ka looduslähedased sademevee süsteemid hooldust. Näiteks tuleb eemaldada rohealaid periooditi umbrohest ja ära ei tohi unustada ka poorsete katendite puhastust, et poorid ära ei ummistuks ja dreenevuse omadused ei väheneks. Lisaks vajab näiteks dreenasfalt iga-aastast remonti ja taastamist.

1.3 Looduslähedased säästvad sademevee süsteemide lahendused - SuDS lahendused

Säästvaid looduslähedaseid sademevee süsteeme saab rajada väga palju erinevaid ning need on võimalik integreerida linnalistesse aladesse. Järgnevalt toon mõned näited enim kasutatud ja väljapakutud toimivatest lahendustest.

1.3.1 Dreenasfaldist imkatend

Dreenasfaldist imkatend on vett läbilaskev katendi kiht, mis sobib nii kõnniteedele kui ka sõidukite liikluseks ja parkimiseks (nt parklates). Sellise lahenduse juures on võimalik vihmaveel imbuda läbi katendi pinna aluskihtidesse, ilma et vett peaks äravoolu kaevu juhtima, nagu näha joonisel 1.3. Sademevett saab ajutiselt hoiustada katendi kihis ning sealt edasi on vee kasutamiseks mitmeid võimalusi, olenevalt vajadusest.



Joonis 1.3. Dreenasfaldist imkatend [14]

Lihtsaim on lasta katendis oleval veel näiteks imbuda pinnasesse, kui pinnase filtratsioon seda võimaldab. Sellist lahendust on ehitada odavam ning antud variandiga peab olema

kindlaks tehtud, et katendi aluspind oleks dreniv ning antud piirkonnas ei ole probleeme pinnaseveega.

Lisaks on olemas veel võimalus katendi täitekihi ja liivakihi vahele paigaldada geomembraan ning omakorda selle peale paigaldada dreentoru. Dreentoru peab jääma liivakihi alumisse osasse. Sellise lahenduse puhul jõuab vesi läbi katendi pindmiste kihtide geomembraanini ning sealt edasi ei pääse, vaid liigub dreentorusse ja sealt juhitakse vesi kaevu. Siis tekib võimalus vett taaskasutada kuivemal perioodil näiteks rohealade kastmiseks. Ka selle vee kvaliteet on parem, võrreldes asfaldi pinnalt restkaevu juhitud veega, kuna kogu katendikiht töötab filtrina, mis sademevett puhastab.

Lahendus on ka eelpool mainitud dreentorust juhtida vesi mõnesse lähedal asuvasse veekogusse või mõnda muusse drenaažisüsteemi. Drenaažisüsteemi juhtimisel on antud lahendus parem, kui sademevesi otse äravoolutorudesse juhtida. Vesi, mis imbub läbi imkatendi on puhtam ja selle kvaliteet on parem ning kogu vesi, mis läbi konstruktsiooni kihtide imbub tekitab just kui vee hulga- ja ajalise puhvri. Vahepuhver, kuhu vesi saju ajal koguneb ei anna drenaažisüsteemile lisakoormust, kuna vee imbumine katendikihis ja dreentorru jõudmine võtab aega. Samas ei ole ka vee hulk, mis saju korral korraga drenaaži jõuab sama, võrreldes lahendusega, millel vesi juhitakse katendi pindmiselt kihilt otse restkaevu. Antud lahendust kasutades vähendatakse drenaaži üle koormamise riski ning tagatakse parema kvaliteediga sademevesi. [13]

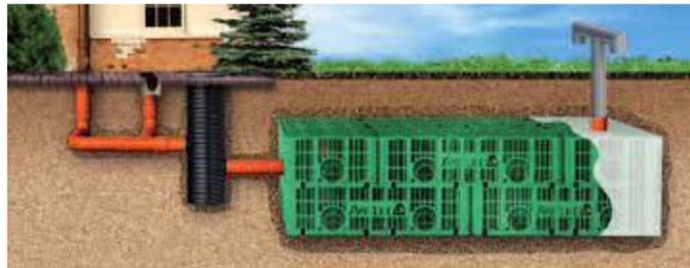
Pidepunktid, millest drenasfaldist imkatendit planeerides ja ehitades kinni pidada tuleb on:

- Kattekonstruktsioon ning aluskiht peavad olema drenivad ning võimaldama vastu võtta nii kergliikluse kui ka sõidukite koormust;
- Pinna filtratsioon peab olema suurem, kui on kavandatud sademete intensiivsus;
- Peab olema tagatud imkatendi vahepuhvri toimivus;
- Dreenikiht ja kandevkiht ehk drenliiv ja killustik tuleb omavahel eraldada geotekstiiliga;
- Teekattepinna ning aluskonstruktsiooni mustaks saamist tuleb ehitustööde jooksul igal juhul vältida. [14]

1.3.2 Moodulsüsteemist vihmavee imväljakud

Moodulsüsteemist imbväljak on plastikmoodulitest koosnev süsteem, mis on mõeldud sademevee immutamiseks ja kogumiseks. Moodulsüsteemi paigaldamine on lihtne ning kiire moodus veeprobleemidega tegelemiseks. [13] Moodulsüsteemi on võimalik kasutada kahel viisil. Esiteks on võimalik süsteem maasse paigaldada ning katta ümbert geotekstiiliga, sellisel juhul töötab lahendus vihmavee maasse immutamise põhimõttel. Teiseks saab ka moodulsüsteemi kasutada puhvermahutina, kui mahuti veekindla geomembraaniga alt ja äärtest ümbritseda. Sellisel juhul on võimalik mahutisse kogutud vett ise taaskasutada, kuid sellisel juhul on mõistlik paigaldada eraldi kaev.

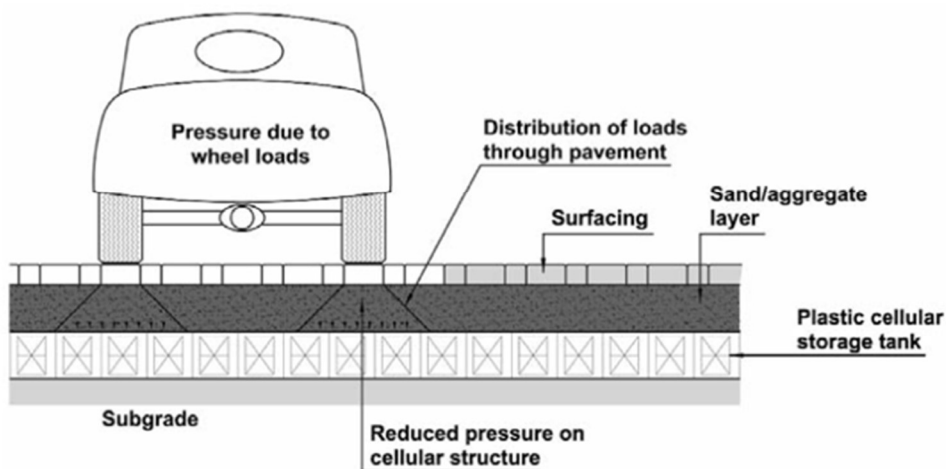
Moodulsüsteemidest rajatud imbväljakut on autori hinnangul mõistlik paigaldada haljasaladele nagu on välja toodud ka joonisel 1.4.



Joonis: 1.4. Moodulsüsteemidest rajatav imbväljak [15]

Sellise lahenduse juures on kaks kasutatavat viisi. Esiteks kasutada moodulsüsteemi vahepuhvrina ning lasta sealt maapinda imbuda või teiseks kasutada kogumiskollektorina ning hiljem sealset vett taaskasutada. Mõlemal juhul on kogutud sadevee kvaliteet hea kuna toimub imbumine läbi pinnase. Moodulsüsteemist imbkatendi süsteemi saab integreerida ka tavalise tee või platsiga, kust suunatakse vesi katte pindmiselt kihilt haljasalale, mis peab olema madalam ala ning kus all asub moodulsüsteemidest imbväljak.

Moodulsüsteemi kasuks räägib fakt, et sellel on suur tühimike suhtarv (ligikaudu 96%) ning üks moodul suudab salvestada vett kuni 285l. Lahendus talub liikluskoormust kuni 10 t/m² ning võimalik on lahendust integreerida ka katendi konstruktsiooniga nagu näidatud joonisel 1.5. [16]



Joonis 1.5. Sõidutee katend integreeritud plastmoodulitest imbsüsteemiga. [17]

1.3.3 Vahedega sillutiskividest imbkatend

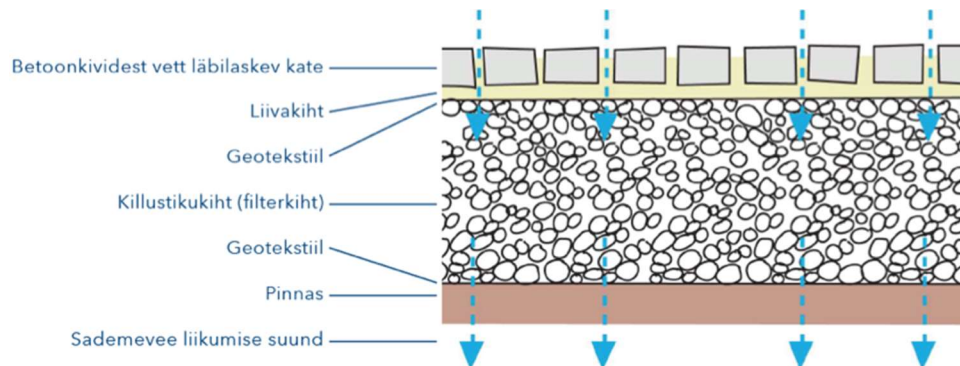
Vett läbilaskvat katendit on võimalik ka rajada vahedega sillutiskividest. See lahendus töötab sarnaselt drenasfaldile. Sillutiskivide vahele on võimalik panna näiteks mulda, kuhu lisada muruseeme (edaspidi murukivi) või on võimalik lisada ka sillutiskivide vahele graniitsõelmeid, mis samuti tagavad vee imbumise. Eestis on samuti kahte viimast varianti ehitatud ning on hetkelgi katsetuses Viimsi vallas LIFE UrbanStorm projekti raames, katted on välja toodud joonisel 1.6.



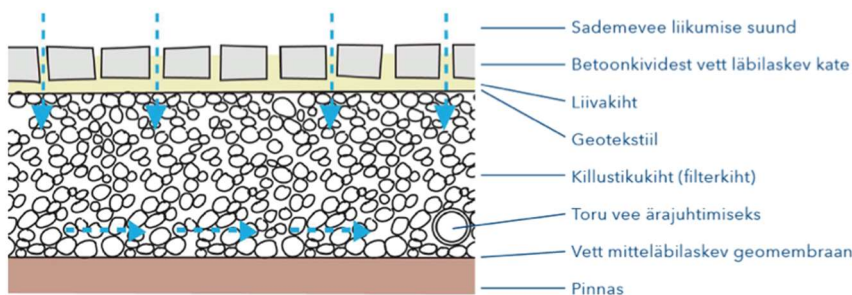
Joonis 1.6. Sillutiskivi graniitsõelmetega katend (vasakul) ning sillutiskivi murukülviga katend (paremal)

Nii sillutiskivi muruga kui ka graniitsõelmetega töötavad sarnaselt. Mõlemat lahendust saab säästva sademevee süsteemi põhimõtteid (joonised 1.7 ja 1.8) järgides mitut moodi

ehitada. Nii nagu drenasfaldi puhulgi on võimalik sademevesi läbi katendi maapinda juhtida (joonis 1.7) või eraldada katendi põhi ja konstruktsioon vett mitteläbilaskva geomembraaniga ning sellisel juhul sealt kokku koguda ja minema juhtida (joonis 1.8).



Joonis 1.7. Vihmavee imbumine pinnasesse läbi sillutiskivist katendikihi [10]



Joonis 1.8. Vihmavee imbumine läbi katendikihi alumise kihini ning ära juhtimine. [10]

Sarnaselt sillutiskivile on võimalik kasutada ka odavamalt lahendust, milleks on plastkärje kasutamine, mis on välja toodud joonisel 1.9. Inseneritehnilises mõttes on lahendus sarnane sillutiskivi konstruktsioonile, kuid sillutiskivid on võimalik asendada plastikkärjega, mis drenivuse ning korrektse töötamise huvides tuleb täita kas murukülviga või graniitsõelmetega. Lahenduse kasuks räägib ka fakt, et plastkärje avatud pinna osakaal on võrreldes sillutiskivist üle 9 korda suurem, mis soodustab vee imbumist kordades rohkem ning väheneb vee ära valgumise risk.

Parklates saab antud varianti kasutada kohtades, kus liikluskoormus on pigem madal, ehk siis parkimiskohtadel. Tuleb arvestada ka asjaoluga, et lahendused vajavad hooldust.



Joonis 1.9. Vasakul plastkärgraniitsõelmetega. Paremal plastkärgrurukülviga. [18]

1.3.4 Vihmapienar ja viibetiik

Vihmapienar on muust pinnast reljeefselt madalamal asuvad süvendatud alad, kuhu vesi juhitakse (joonis 1.10). Süvendatud alad peavad olema haljastatud soovitatavalt liigniiskust taluvate taimedega. Tööpõhimõte on omandada vett taimedesse, aeglustada vee voolukiirust ja seeläbi vähendada ka pinnase erosiooni riski. Sinna kogunenud vesi imendub ajapikku pinnasesse või paigaldatakse vihmapienra sisse dreentoru, mille kaudu üleliigne vesi ära juhitakse. [10]



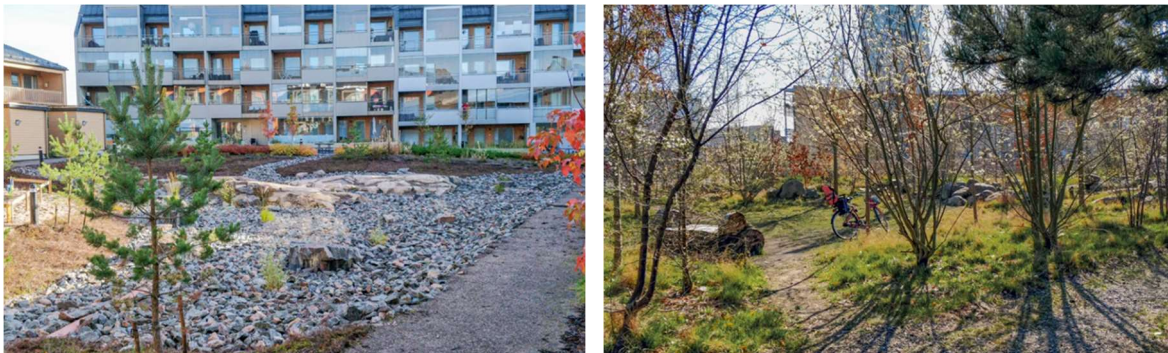
Joonis 1.10. Sõidu- ning kõnniteed eraldav vihmapienar Kopenhaagenis. [10]

LIFE UrbanStorm projekti raames on välja toodud vihmapienra lahenduse eelised. Vihmapienar on lihtne sobitada keskkonda, näiteks saab luua antud lahendust kahte sõidurada eraldava vahealana, mis tagaks nii ohutuse, kui ka lahendaks dreenašiprobleemid. Sellist lahendust peab muidugi planeering võimaldama. Lahendus on

sobilik kasutamiseks ka vett mitte läbilaskvale alale nagu on välja toodud joonisel 1.10. Lahendus vähendab ning aeglustab sademevee äravoolu kiirust, kuid vihmapeenra väikeste möödtude tõttu ei vähene oluliselt vee maht. Vihmapeenar töötab vee puhastajana. Lisaks pole sellist lahendust võimalik rajada, kui ala on suurte kallakutega. [10]

Rõhku tuleb pöörata ka antud lahenduse hooldamisele. Näiteks on välja toodud, et filtreerivat pinnast tuleb vihmapeenras kobestada ja iga 15. aasta järel on vajadus pinnas asendada. Muidu, kogemuste põhjal, väheneb pinnase infiltratsioon oluliselt. [18]

Viibetiigiks nimetatakse haljastatud alal paiknevat madalamat ala, mis tavaliselt on kuivad, kuid kuhu valingvihmade korral juhitakse vesi (joonis 1.11). Sademevesi koguneb ajutiselt viibetiiki, kuid aja möödudes imbub sealt ära nagu näidatud joonisel 1.11. See süsteem toimib samuti vee filtreerijana ning kui sajud on väga pikad, tuleb lahendus rajada selliselt, et ülevooluga juhitakse vesi järgnevasse süsteemi. [10]



Joonis 1.11. Viibetiik Helsingis, elamurajooni hoovis (vasakul). Viibetiik, mis on rajatud parki Rootsis (paremal). [10]

Kokkuvõtvalt on võimalik eelpool kirjeldatud süsteeme kõiki omavahel ühildada või piisab, mahust sõltuvalt, mõne platsi ehitusel vaid ühest lahendusest. Näiteks on võimalik viibetiiki ehitada selliselt, et rajada selle alla moodulsüsteemist vee ladustamise puhver, sedasi oleks vihmapeenar võimeline veelgi rohkem sademevett vastu võtma, kui seda vaja on. Lõputöö edasises käigus toob autor välja Eestis ehitatud säästvaid sadevee süsteeme, mis koosnevad mitmest eelpool nimetatud lahendusest ning on veelgi kombineeritud. Uurimisele tuleb ka kuidas töötab ning kui palju suudab LIFE UrbanStormi projekti raames rajatud testalad reaalselt vett vastu võtavad ning milline katsetatud lahendustest paremini töötab.

2. VETT LÄBILASKVATE LOODUSLÄHEDASTE SADEMEVEESÜSTEEMIDE KATSETAMINE MUJAL MAAILMAS

Ühendkuningriikides, täpsemalt Inglismaal, on ehitatud ning uuritud looduslikke ja säästvaid sademevee süsteeme juba mitu kümnendit. Varasem uuring säästlike looduslähedaste sademevee süsteemide kohta ulatub aastasse 1989. [19] SuDS lahenduste üle on Inglismaal palju spekulieritud ning seatud süsteemi terviklik toimimine kahtluse alla. Tollased ehitajad kahtlesid SuDS tüüpi katte hüdrooloogilisele toimivusele, kestusele ning ka vajadusele. Lisaks kaheldi, kas väljapakutud nõuded on asjakohased või saab konstruktsioone veelgi optimeerida. Selleks et välja selgitada SuDS katendi töötamine tehti katseid nii väli kui ka laboritingimustes. Laboritingimustel tehtud katsetustes on loodi 1m² suurune ala, kuhu ehitati sademevett dreniv katend. Imbkatend disainiti ja ehitati vastavalt SuDS Manuali juhistele (The Suds Manual) ja Briti standardile (BS 7533-13:2009) [19]. Taolisi katseid on viidud läbi korduvalt.

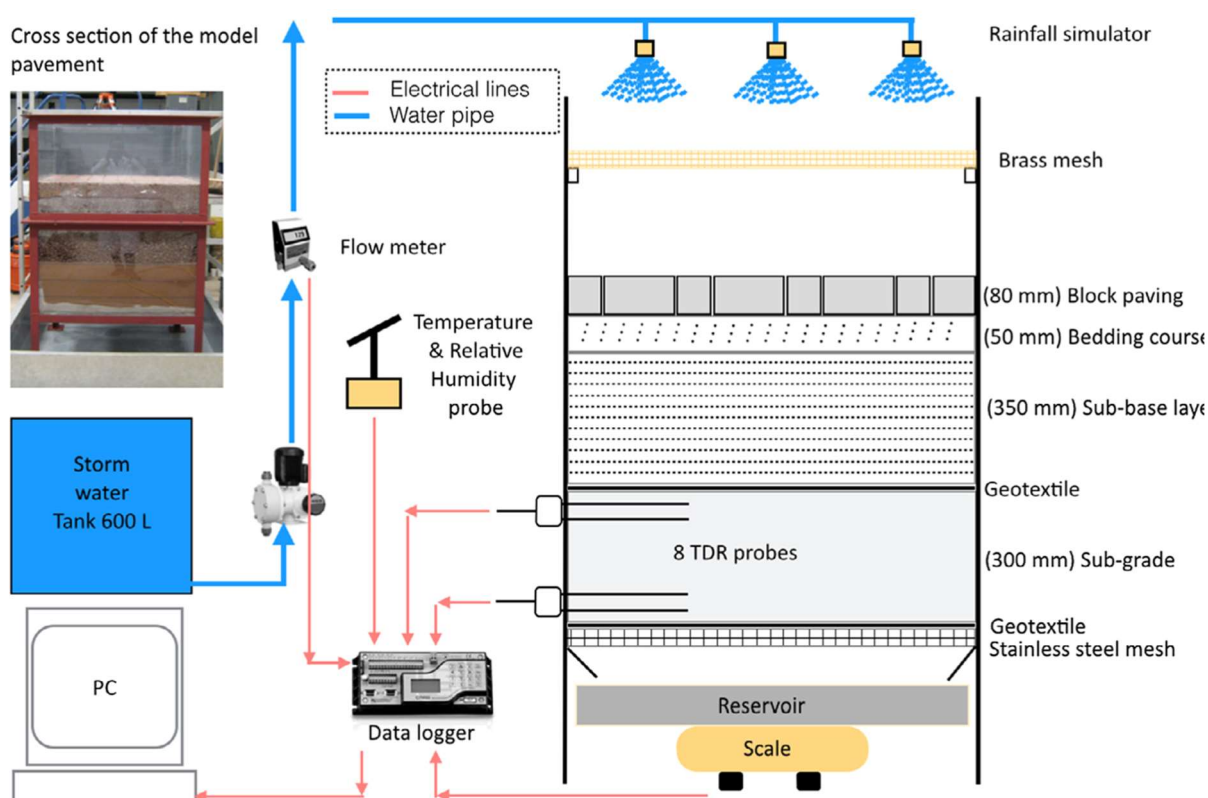
Varasemad on tehtud uuringuid Nottinghami Trent Ülikooli laboritingimustes, mis leidis aset 1989. ja 1995. aastal ning mille käigus uuriti imbkatendiga parklat, mille katendikonstruktsiooni kogupaksus varieerus 300-400mm vahel. Katses jaotati parkla alus neljaks osaks ning see täideti erisuguste materjalidega. Keskmise väljavool erinevatest katsetatud kihtidest oli järgmine: kruusa puhul 37%, kivisöe räbu puhul 34%, graniidi sõelmete puhul 47% ning lubjakivi puhul 45% kogu sademetest. Tulemuste põhjal järeldati, et halvima äravooluga materjalil – räbul - oli küll hea infiltratsioonivõime, kuid suure õhupooride sisalduse tõttu (46%) jäi kiht vett endas hoidma. Lisaks katsetati veel ühe alternatiivse kihina purustatud klaasi jäätmeid, mis segati kokku kruusa ning liivaga. Avastati, et sellisel moel infiltreerunud vesi on puhtam ning klaasijäätmest loodud puhastuskihi abil on võimalik saada parema kvaliteediga sademevesi, mis läbi pinnase imbus. [20] 1989. aastal tehtud uuringus täheldati veel, et saju korral, kus sademete tippintensiivsus oli 22 mm/h, moodustus maksimaalne vee väljavool konstruktsioonist 30% sademete tippintensiivsusest. [20]

Lisaks viidi läbi uuring 2003. aastal, milles katsetati 480mm katendikonstruktsiooni. Uuring näitas katendi summutavat mõju veevooluhulgale. Nimelt imbus 67% sademetest läbi katendi ning sademevee vool katendi pinnal viibis vastavalt sademete intensiivsusest, viis minutit kuni kaks tundi. [21] Vee kogused, mis kogu konstruktsioonist läbi imbusid, olid samad, mis aastatel 1989 ja 1995 tehtud katsetes, kuid konstruktsioonis kasutatud teistsuguste materjalide tõttu oli viivitus vee jõudmisel katte pinnalt konstruktsioonist välja pikem. [21]

Järgnevalt käsitleb autor täpsemalt valitud uuringuid ja johtuvaid järeldusi.

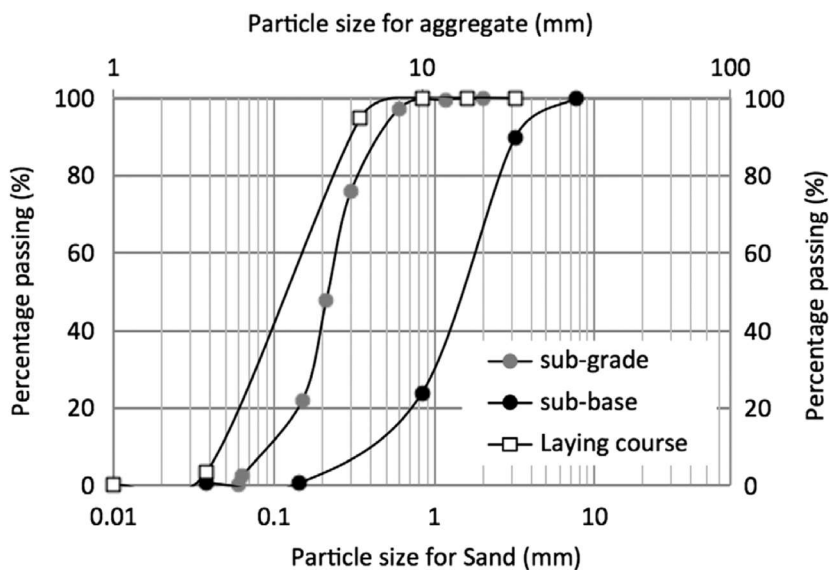
2.1 SuDS katendite uurimine Inglismaal laboritingimustes

2016. aastal "Urban Water Journal" poolt tehtud uuringus käsitleti laboritingimustes imbkatendi töötamist ja selles toimuvaid hüdrooloogilisi protsesse. Katse tingimustes loodi 1:1 mõõtkavas mudel teekonstruktsioonist. Katendikonstruktsiooni mõõtmed olid 1000x1000x1600 mm. Konstruktsioon koosneb sillutiskivist (8cm); tasanduskihist (5cm); aluskihist (35cm); geosünteedist; drenikihist (30cm); geosünteedist ning kõige alla on lisatud kogumiskast nagu näha joonisel 2.1. [19]



Joonis 2.1. Skeem püsikatendi kasutamisest laboritingimustes [18]

Konstruktsiooni peen ning jämetäitematerjale katsetati sõelanalüüsiga vastavalt standardile BS EN 13242, 2002 (BSI 2002), mis vastasid projekteerimisjuhistes esitatud sõelkõverale nagu on esitatud joonisel 2.2. [19]



Joonis 2.2. Sõelkõver kihtides kasutatud materjalidele [19]

Geosünteeiti kasutati katses kahes kohas. Üks kiht asetati jämeda täitematerjali ning liiva vahele. See välistab materjali segregeerumise, sest selle mõjul võib halveneda infiltratsioonivõime. Teine kiht geosünteeiti paigaldati liiva- ja aluskihi vahele. [19] Selle lahendusega välditakse olukorda, kus materjal väljavoolu kaudu minema uhutakse.

Sademevee tekitamiseks kasutati süsteemi, mille toimel on võimalik seadistada sadude kogust, intensiivsust ning kestust. Katsega salvestati vee pealevoolukiirust ning väljavoolu mõõdeti vee massi pideva jälgimisega katsekonstruktsiooni all olevas mahutis. Kogu konstruktsiooni niiskusesisaldust jälgiti TDR sondide abil. [19] Niiskusesisalduse jälgimisega katendi konstruktsioonis on võimalik hinnata konstruktsiooni kapillaarsust ning hinnata kaua konstruktsioon vett hoidva puhvrina töötab.

Sademe hulk mida katses hinnata pandi paika "Flood Estimation Handbook" arvutustel põhineva sademete karakteristikute põhjal, millest tulenevalt kasutati 5-, 10- ja 10-aastase kordusintervalliga tekkinud keskmiseid sademeid vastavalt 15, 15- ja 30 minuti põhjal. Sademete keskmine mõõdetud sügavus perioodide vältel oli vastavalt 6,39mm, 7,78mm ja 10,85mm. [19]

2.2 Inglismaa uuringu teostamine

Uuringus kasutati sademete hulka, mis 15 ning 30 minuti põhjal enim esinenud on 5 ja 10 aastase kordusintervalli jooksul. Arvutati välja veekogused, mis vastavad keskmisele

maha sadanud sademete hulga. Katse jagati kolmeks tsükliks, milles esmalt testiti 6,39 mm sademeid 15 minuti jooksul (a), 7,78 mm sademeid 15 minuti jooksul (b) ja 10,85 mm sademeid 30 minuti jooksul (c). (Tabel 2.1.)

Tabel 2.1. Sademevee voolu kogus, kestus ja viivitus katendist väljumiseni. [19]

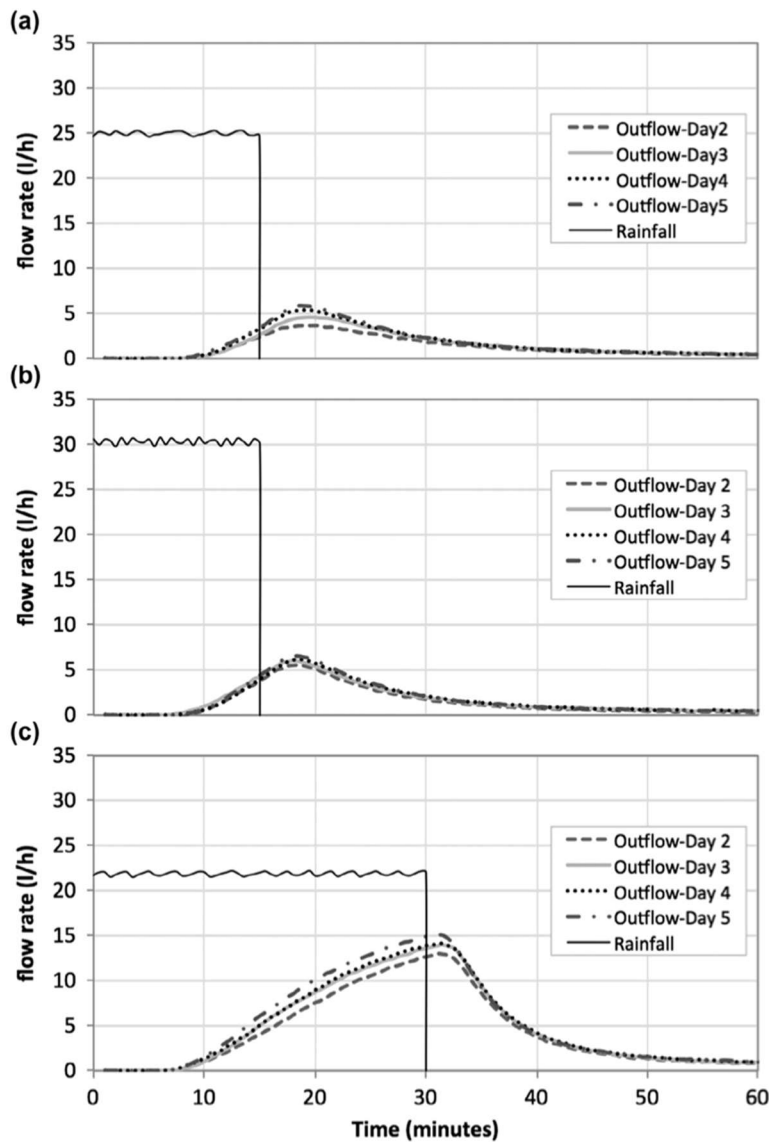
Sademetek liik	Katte konditsioon	Keskmine sademete kogus (l)	Keskmine sademete äravool katendist (l)	Keskmine sademete äravool katendist (%)	Keskmine äravoolu kestus (h)	Vee imbumine läbi konstruktsiooni (min)
(a)	Kuiv	6,45	0,50	7,78	0,86	10,40
	Märg	6,45	2,33	36,18	5,64	7,60
(b)	Kuiv	7,78	0,67	8,56	0,85	10,20
	Märg	7,83	3,34	42,65	5,90	8,10
(c)	Kuiv	11,07	1,99	18,02	2,87	10,20
	Märg	11,06	6,63	59,94	7,43	7,80

Igat eri intensiivsusega vihma katsetati kokku viis korda ning iga tsükli katsetus kestis 5 päeva. Katsetamisel eraldati esimene katsetus kord neljast järgmisest, kuna tekkis suur andmete erinevus. Kuna konstruktsioon oli uus ning konstruktsioonis olev niiskus väike siis ei suuda konstruktsioon suuri veehulki immutada, vaid tekib sademevee voolamine katte pinnal.

Kolme erinevat intensiivset sajuliiki võrreldi esimese päeva ning päevade 2-5 tingimustes. Võrdlus näitas kuni 42% väljavoolu mahu suurenemist võrreldes esialgse, vähese niiskusesisaldusega katendikihis [19]. Saab järeldada, et peale põuaperioode ei tööta imkatend nii hästi. Sademevett infiltreeruva katendikonstruktsioonis olev niiskus aitab sademetel lihtsamini konstruktsiooni jõuda ning neid selles ajutiselt hoiustada ja välja juhtida. Sademete imbumiskiirus niiske konstruktsiooni puhul on 370-400 korda suurem, kui kuivas olekus konstruktsioonil ja infiltratsioonivõime 233% suurem. [19]

Sademevee väljavoolu kestus on ajavahemik väljavoolu alguse ja võpu vahel ühe saju korral. Esimese päeva tingimustes saadi väljavooluaeg vastavalt esimese, teise ja kolmanda intensiivsusega sademetele 0,86h, 0,85h ja 1,87h. Niisketes tingimustes seevastu 5,64h, 5,9h ja 7,43h. Jooniselt 2.3. saab järeldada, et niisketes tingimustes olev katendi konstruktsioon pikendab katendist vee infiltreerumise aega 4,78-5,56 tunni võrra, mis on 300-600% suurem esialgsest kuivas tingimuses olnud konstruktsioonist.

Samuti on muutused ka ajas, mis kulub sademete tungimiseks läbi katendikonstruktsiooni algusest lõpuni. Katsettsükli esimeses päevas ületas viivitus sajutsükli alguses 10 minutit, mis oli kogu saju ajast 70%. Niiske katendikonstruktsioon vähendas viivituse aega 2,8 minutit. [19] Ka teistel katsettsükliel on sarnased mustrid, et niiske konstruktsioon töötab paremini vee infiltratsiooni osas, kuid see-eest suureneb katendist sadanud vee kokkuvoolu aeg.



Joonis 2.3. Sademevee väljavool konstruktsioonist vihmavee intensiivsusel (a), intensiivsusel (b) ja intensiivsusel (c) [19]

2.3 Inglismaa uuringu analüüs

Vett läbilaskva SuDS teekonstruktsiooni olulisim eelis on see, kui palju sademevett torni ajal hoiustatakse ning pärast torni vabaneb. SuDS lahenduste projekteerimisel ning ehitamisel on see parameeter oluline. Teadusartikkelis hinnati 1m^2 vett läbilaskva konstruktsiooni toimivust eri sademete intensiivsuse ja kestuse korral ning selle põhjal on võimalik teha järgmiseid järeldusi: [19]

- Üle 40% kogu sajust jäi ajutiselt katendikonstruktsiooni. Seda kõikide läbi viidud vihma intensiivsuste korral (a, b ja c).

- Vee väljavoolu aeg katendikonstruktsioonist pikeneb kuiva konstruktsiooni tingimustes kahelt tunnilt, niiske konstruktsiooni tingimustes 7,4 tunnini.
- Sademete eraldamisega katendikonstruktsioonist 7 tunni jooksul peale saju algust kinnitab konstruktsiooni võimet töötada vett hoidva vahepuhvriks ning annab aega sademevee kanalisatsioonile tormiga toime tulla.
- Sademevee eraldumine katendist on sõltuvuses saju kestuse ning katendikonstruktsiooni niiskussaldusega. Pikem sadu ning varasem niiskus katendis soodustavad vee infiltreerumist katendis.

Katse tulemused annavad kinnitust, et SuDS juhendi kohaselt (CIRIA C697) projekteeritud vett läbilaskvad teekatted vähendavad ning aeglustavad sademevee äravoolu. Seega pakuvad õigesti projekteeritud ning ehitatud drenivad katendid võimalust tulla toime erinevat tüüpi tormidega ning sadudega. [19]

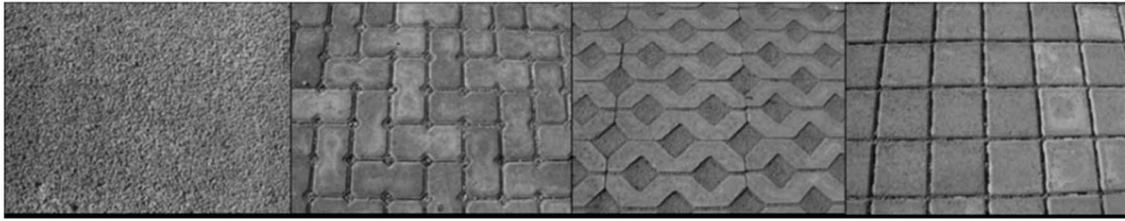
2.4 Nelja tüüpi läbilaskva katte hüdroloogiline võrdlus California kirdeosas parkla uuringu näitel

California kirdeosas läbi viidud uuringu eesmärk oli hinnata ja võrrelda hüdroloogilisi erinevusi läbilaskvate katete ja standardse asfaldi vahel ning hinnata hüdroloogilisi erinevusi eri tüüpi vett läbilaskvate katete vahel. [22]

2006 aastal ehitati Californiasse Kingstoni linna 20-kohaline parkla, mis on mõõtmetega 18 x 36m. Parkla jaotati 6 katendi vahel, millest kaks olid tavapärased vett mitte - läbistavad asfaldikihid. Ülejäänud neli katendit olid kõik erinevad. Parkla erinevad sektsioonid koosnesid järgmist tüüpi katenditest [22] (joonis 2.4.):

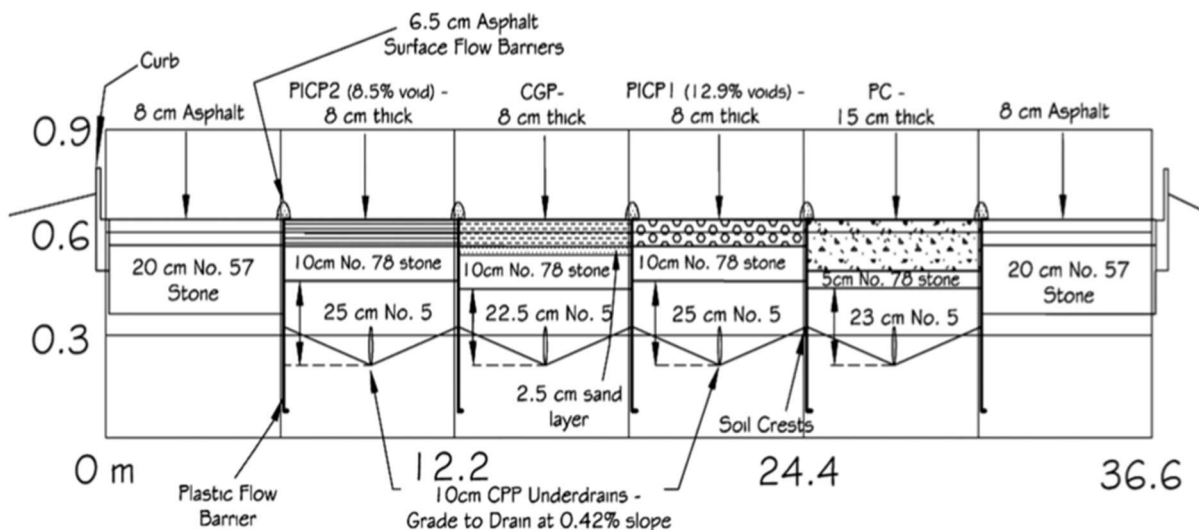
- Dreenasfaltkatend PC;
- Betoonsillutiskivid, mille vahedest moodustub 12,9% avatud pinda. Sillutiskivide vahed on täidetud graniidisõelmetega;
- Kärjekujuline betoonist sillutiskivi, mille avatud pind moodustab 28%. Avatud pind on täidetud liivaga (edaspidi CGP);
- Betoonest sillutiskivi, mille avatud pind on 8,5%. Avatud pind on täidetud graniitsõelmetega (edaspidi PICP1).

Katendi põhi projekteeriti selliselt, et see jääks üle hooajalise kõrgveetaseme.



Joonis 2.4. Californias 2006. aastal uuringu käigus katsetatud erinevad katendikihid. (paremalt vasakule) Dreenasfalt PC, Betoonkivisillutis 12,9% avatud pinna osakaaluga (PIP1), Kärje kujulised betoonkivist sillutiskivid (CGP), betoonsillutiskivi 8,5% avatud pinna osakaaluga (PICP2). [22]

Et hoida konstruktsiooni ehitust lihtsamana, siis hoiti kaevesügavus läbilaskvate katete all ühtlane, selliselt et alusekihte kohaldati kõikide sektsioonide jaoks nagu toodud joonisel 2.5. Järgiti ka seda, et iga sektsioon vastaks ette antud tugevusnõuetele. Iga sektsioon eraldati teisest geomembraaniga, et vältida vee liikumist katendi ühest kihist teise. Geomembraan ulatus kuni konstruktsiooni pindmise kihini ning sektsioonid eraldati pindmiselt kihilt 6,5cm välja ulatuvate asfaldiribadega. [22] Sellega tagati vee voolamise takistamine katendi pinnalt, et võimalikult suur hulk sademeid imbuks konstruktsiooni, mille peale see on sadanud. Täitekihti ehitati kahepoolne süvend 30° kaldega, millesse paigaldati dreentoru $d=10\text{cm}$, mis vee omakorda mõõturkaevu juhtis. [22] Hüdrooloogiliselt olid omavahel eraldatud ainult sektsioonide ääred, mitte aga põhi. See annab võimaluse potentsiaalsel sademeveel lisaks dreentorule ka maapinda infiltreeruda.



Joonis 2.5. Californias 2006. aastal uuringu käigus katsetatud parkla lõige. [22]

2.5 California uuringu teostamine

Kogu periood, mille jooksul andmeid koguti oli veidi üle aasta (juuni 2006 - juuli 2007). Selle aja jooksul tuvastati katsepiirkonnas 56 tormi. Tulemustest koguti ja töödeldi andmeid katendi pinnalt voolava vee, konstruktsioonist välja voolava vee ja tippvooluhulkade ning aja kohta. Antud uuringus käsitleti torme kui sündmuseid, mille sademete hulka määratleti üle 2,5mm ning millele eelnev kuivaperiood oli 24h või rohkem ja mis vastasid linnade sademevee seirekäsiraamatus (Urban Stormwater BMP Monitoring Manual) minimaalsele tormikriteeriumile. [22]

Andmete kogumisel leidis aset ka kaks troopilist tormi, mille käigus sadas maha 183mm ning 135mm sademeid. Esimesel juhul uputati katselõik täielikult üle ning mõõtekaevud ei suutnud andmeid korrektselt vastu võtta, seega saadud andmed polnud kvaliteetsed. Üldiselt jäi sademevee sügavus andmete kogumise vältel vahemikku 3,1mm - 88,9mm.

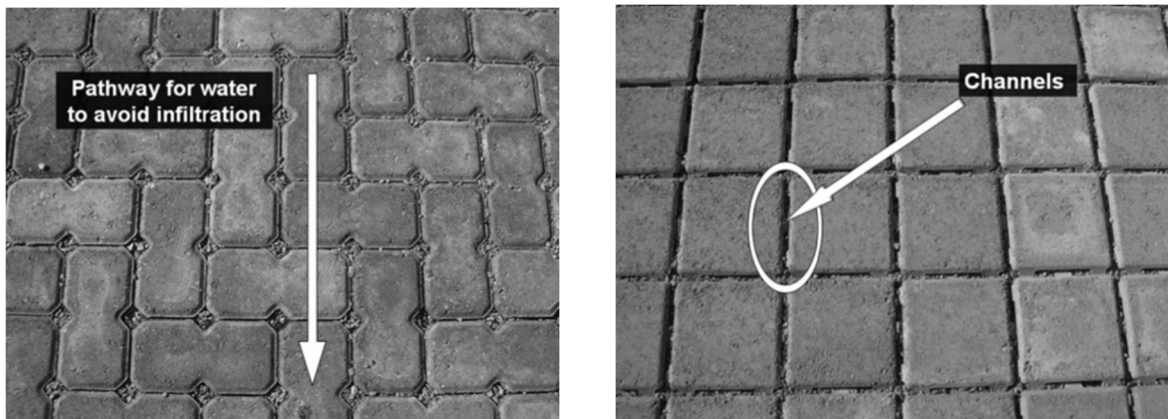
Uurides sademevee ara voolamist vett läbilaskva katte pinnalt, selgus et enamus veest siiski infiltreerub ning vee voolamine katendi pinnal on minimaalne (Tabel 2.2). Avastati veel, et voolamine katte pinnal on tingitud rohkem sademete intensiivsusest, kui pikaajalisest kergest sajust. Kõige väiksem valgumine tekkis drenasfaldi puhul. Kergemate ning keskmiste sadude korral, mille käigus sadas maha 6mm - 50mm sademeid oli vee valgumine katte pinnalt kõigest 0,2% sadude mahust. Ühel korral suudeti salvestada ka ekstreemse tormi andmeid, mille jooksul salvestati maha sadanud sademevee kihi paksuseks koguni 135mm. Ka sellisel juhul oli kõige töökindlam drenasfalt, millelt valgus ära 9,2% sademevett. Lisaks ei lasknud katte pinnal liigset valgumist tekitada betoonist sillutiskivi, mille avatud pinna osakaal on 8,5%. Sellel kattel oli väiksema ja keskmise sademete hulga juures voolamise maht 0,7% kogu saju mahust ning suuremahulise tormi korral 14,1%. Suurim valgumine toimus betoonsillutiskiviga, mille avatud pinna osakaal oli 12,9% ja kärjekujulise betoonkiviga. Nendel katetel oli väikse ja keskmise saju korral kordades suurem sademevee valgumine ning ekstreemse tormi korral voolas katte pinnalt minema pea 1/3 sademetest.

Tabel 2.2. Vihmasaju tõttu ära valguva vee maht erinevatelt katetelt protsentides. [22]

Tormi ulatus (<i>P</i> = sademekihi paksus)	Kattelt ära valguva vee maht protsentides (%)			
	PC	PICP1	CGP	PICP2
6 mm < <i>P</i> < 50mm ^a	0.2	1.7	6.0	0.7
November 22, 2006 (<i>P</i> =135 mm)	9.2	30.6	34.8	14.1

Märkus: PC - drenasfalt, PICP1 - sillutiskivi (avatud pinna osakaal 12,9%), CGP - kärje kujuline sillutiskivi, PICP2 - sillutiskivi (avatud pinna osakaal 8,5%).

Samuti oli kõige halvem äravool kärjekujuga sillutisel ja sillutisel, mille vahede osakaal oli 12,9%. Sellest saab järeldada, et sillutiskivi kasutamisel on lisaks materjaliga, millega sillutise vahesid täita, oluline veel kivist tekkiv muster. Muustrist oleneb, kas see soodustab sademete infiltratsiooni kattesse või tagab kate äravoolu. (Joonis 2.6) Kate, mille vahede osakaal oli 12,9%, suutis sademeid vähem infiltrteerida, võrreldes kattega, mille vahede osakaal andis 8,9% katte kogupinnast.



Joonis 2.6. [28] Katte geometria lõigul PICP1 (vasakul); Katte geometria lõigul PICP2.

Avastati veel, et sademete intensiivsuse mõju kadus ajaks, kui sademevesi oli jõudnud läbi jämeda täitematerjali kihini. Saab järeldada, et konstruktsioonis toimub maha sadanud sademete energia hajutamine, aeglustades voolukiirust ja toimub viivitus ajas, vee dreanaži jõudmiseni. Kiht ühtlustab vee kulgu konstruktsioonis. Suurem sademete hulk põhjustas tühimike küllastumist veega ja sellele järgnevalt suurenes infiltratsioon ja sademevee väljavool. [22]

Talvekuudel tähendati katse konstruktsioonides olukord, kus konstruktsioonist imbus välja rohkem vett kui oli sademeid. See olukord võib olla tingitud kõrge pinnasevee tasemega, kus on just möödunud sademete rohked kuud ning katselõigu põhi pole hüdrooloogilises mõttes muust pinnast eraldatud. Sellisel juhul tekibki võimalus, milles üleliigne pinnasevesi eraldub katte põhjas oleva dreentoru kaudu ilma, et sademeid üldse esineks.

Kõik katses kasutatud läbilaskvate konstruktsioonide maa-alused väljavoolu kogused olid väiksemad võrreldes asfaldi pinnal voolava vee hulgaga. Väiksemate sajujuhtude korral oli mitmeid olukordi, kus sademed äravoolu dreanažini ei jõudnudki. Seda juhtus rohkem kärjemustriga katte ja betoonkivi (avatud vahede osakaal 8,9%) puhul.

2.6 California uuringu analüüs

Seoses sademevee valgumise ja tippvooluhulga vähenemisega, toimisid kõik katendid oluliselt paremini, kui katselõigu asfaltkattega (AC 12 Surf) osad. Kuigi katsetatud lõikudel olid hüdroloogilised erinevused seoses katte pinnaga, siis toimisid kõik hästi võrreldes mitte läbilaskva asfaltkattega.

PICP1 ning CGP kattega konstruktsioonis suutsid salvestada kuni 6mm sademeid ööpäeva jooksul ilma, et tekiks väljavool konstruktsiooni drenameerimisüsteemist. Kuni 6mm sademeid esines ligikaudu 30% andmete kogumise hulgast. Lisaks avastati eelpool mainitud kahe katendi puhul seda, et väljavoolu kogus on sademeveel väiksem, maksimaalne tippvooluhulk on madalam ning esineb pikim aeg tippvooluhulka jõudmiseks. Omadusi kirjeldatakse sellega, et PICP1 konstruktsioonis on suurem sademevee salvestusmaht. CGP katendi konstruktsiooni säilitas sademevee liivakiht, mis aitas vooluhulka vähendada. Algselt peeti liivakihti pigem halvaks lahenduseks, kuna arvati et selle tõttu võib suurendada valgumine katte pinnal, kuid selgub et see on siiski hea materjal, mis hoiab endas vett ning laseb sellel aeglaselt infiltreeruda. [22]

Sillutiskivide puhul selgus, et olulisem on sillutiskivi geomeetria, mis mõjutab vee voolamist katte pinnal rohkem, kui avatud pinna tühimike protsent. Sademete intensiivsusest oleneb vee voolamine katte pinnal. Sajukihi paksuse kaudu on võimalik ennustada väljavoolu mahtu. Suure vihmahoo (50mm) korral toimisid kõik katsetatud sektsioonid sarnaselt ja üldiselt olid erinevused väikesed. CGP katend erines teistest kõige rohkem suure vooluhulga poolest katte pinnal. See probleem tulenes sellest, et kärjemustriga sillutiskivi vahed täideti liivaga, mille infiltatsioonivõime pole nii kiire, kui on graniitsõelmetel. [22]

Kogu katsest järeldati seda, et on keeruline hinnata kogu väljavoolava vee mahtu (tabel 2.3). Sellepärast, et katsetatud sektsioonid pole täielikult eraldatud aluspinnasest hüdroloogilises mõttes ning tekib olukord, kus kõrge pinnasevesi tungib drenameerimisse. [22]

Tabel 2.3. Katselõigult mõõdetud tulemused [22]

Sajusündmus	Tormide arv perioodil	Asfalt	PC	PICP1	CG	PICP2
Valgumine katte pinnal (mm)						
$P < 13$ mm	16	3.72	0.00	0.00	0.08	0.01
$13 \text{ mm} < P < 25$ mm	17	11.39	0.00	0.00	0.11	0.01
$25 \text{ mm} < P$	15	25.77	0.00	0.03	1.18	0.00
November 22, 2006 ($P=135$ mm)	1	371.19	34.60	147.51	177.11	57.84
Keskmine (v.a. November 22, 2006)	48	13.24	0.00	0.01	0.46	0.01
Keskmsed väljavooluhulgad (mm)						
$P < 13$ mm	19	3.62	3.29	1.34	1.34	3.56
$13 \text{ mm} < P < 25$ mm	16	11.66	10.49	6.65	7.13	12.25
$25 \text{ mm} < P$	19	28.38	23.45	21.06	21.21	27.23
November 22, 2006 ($P=135$ mm)	1	373.44	399.50	488.68	515.52	426.02
Keskmine (v.a. November 22, 2006)	54	14.65	11.84	8.89	9.99	13.67
Keskmsed tippvooluhulgad (l/s)						
$P < 13$ mm	14	0.496	0.068	0.042	0.023	0.115
$13 \text{ mm} < P < 25$ mm	9	0.930	0.330	0.297	0.243	0.421
$25 \text{ mm} < P$	12	1.662	0.784	0.742	0.561	0.915
November 22, 2006 ($P=135$ mm)	1	6.536	6.177	6.275	6.535	6.271
Keskmine (v.a. November 22, 2006)	35	1.008	0.381	0.348	0.264	0.465
Keskmine aeg tippvooluhulga maksimumi saavutamiseks (min)						
$P < 13$ mm	14	—	102	97	113	80
$13 \text{ mm} < P < 25$ mm	9	—	34	36	46	33
$25 \text{ mm} < P$	12	—	15	18	24	11
November 22, 2006 ($P=135$ mm)	1	—	0	0	0	0
Keskmine (v.a. November 22, 2006)	35	—	55	47	61	44

Märkus: P - sademekihi paksus (mm), PC - drenasfalt, PICP1 - sillutiskivi (avatud pinna osakaal 12,9%), CGP - kõrje kujuline sillutiskivi, PICP2 - sillutiskivi (avatud pinna osakaal 8,5%).

Katsetulemuste põhjal järeldab autor, et ehitusliku poole pealt on kaevetööde käigus mõistlik hinnata alusmaterjalide omadusi, sealhulgas filtratsiooni. Selle teadmisega on võimalik hinnata, kas dreneaži on vaja paigaldada või mitte. Kui aluspinna drenivus on vähemalt 0,5 m/ööp, pole dreneaži ega geomembraani (EPDM) paigaldamine esmatähtis, vaid süsteem toimib ka ilma nendeta. Oluline on ka hinnata pinnasevee taset kõrgvee ajal. Kui kõik need uuringud enne ehitust või ehituse ajal läbi viia, siis on võimalik rajatiste maksumust tunduvalt vähendada.

3. SUDS - LOODUSLÄHEDASED SÄÄSTVAD SADEMEVEE SÜSTEEMID EESTIS

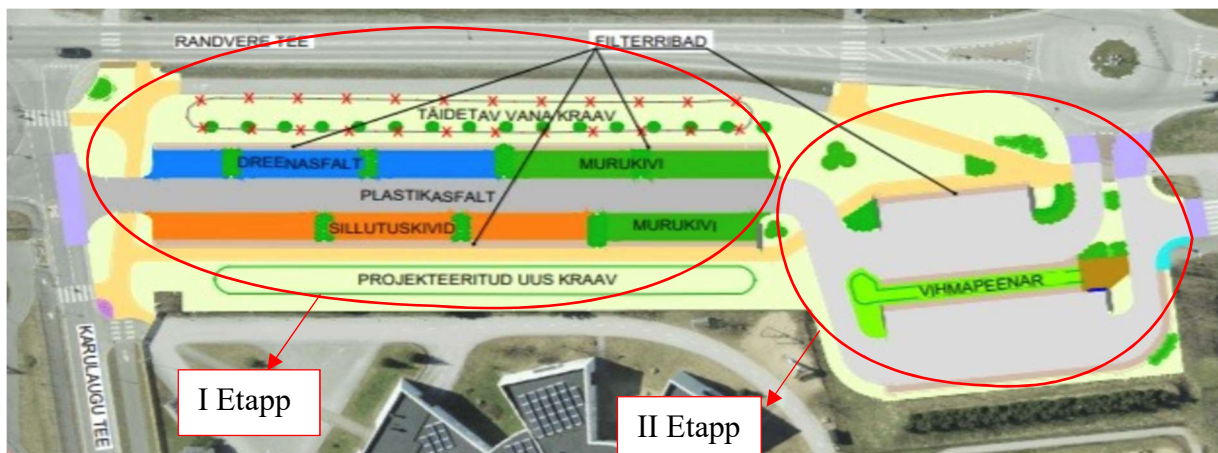
Eestiski on looduslähedaste sademevee lahendustega jõudsalt tegelenud Viimsi vald. Seal on loodud pilootprojekt, mille raames ehitati erinevaid drenivaid konstruktsioone, et hinnata nende toimivust ja vastupidavust. Kuna Eestis pole sellist pilootprojekti varem tehtud, on hea hinnata eri lahendusi ning uurida, milline lahendus paremini töötab.

Pilootprojekt, mille valmimisel õnnestus autoril osaleda, on Viimsi vallas asuv parkla. Katselõigu projekteerimine ning väljaehitamine sai osalist rahastust Euroopa Liidu LIFE+ programmilt ning Keskkonnainvesteeringute keskusest. LIFE UrbanStorm projekti ülesandeks on säästlike ja kliimamuutustele vastupidavate linna sademevee süsteemide arendamine. Projekti eesmärk on tõsta Eesti omavalitsuste suutlikkust kliimamuutustega kohanemisel, eriti paduvihmadest ja lumesulamisest tingitud üleujutuste leevendamisel. Samuti on oluline Eesti kohalike omavalitsuste veemajanduse spetsialistide ja inseneride võimekuse tõstmine ning projekti tulemuste mitmekordistamine teistes omavalitsustes. [23]

3.1 Jätkusuutlike looduslähedaste süsteemide ehitus (LIFE UrbanStorm Viimsi valla testalad)

Projekt koosneb kahest etapist. Esimene etapp koosneb Karulaugu tee 16 vastas asuvast platsist, kuhu ehitati erinevate konstruktsioonidega drenkatendid. Drenkatendite toimivust on võimalik hinnata läbi mõõtekaevude, mis loevad katendist infiltreerunud sademete hulka. Katendeid, mida antud lahenduse juures katsetatakse on kolm ning igast lahendusest saadud tulemused salvestatakse eraldi. Ehk igal imbkonstruktsioonil on oma mõõtekaev, kust andmeid saadakse. Kui I etapi lahenduste võtmekoht oli saada imkatendid looduslähedaselt toimima, siis lisaks sellele kasutati ka MacReburi taaskasutatud plastikust asfalti (joonis 3.1). Selle abil saavutati veel väiksem ehitusest tulenev süsiniku jalajälg ning muudeti lahendus veelgi "rohelisemaks".

Teine etapp on hetkel ehitusjärgus, kuid erineb esimesest. Teise etapi raames rekonstrueeritakse täielikult Randvere tee 18 aadressil asuv parkla. Ehituskäigus kohandatakse parklasse looduslähedane sademevee süsteem, et vähendada kiiret sademevee jõudmist kanalisatsiooni ning saju ajal hajutada ja infiltreerida sademevett selle tekkekohas.



Joonis 3.1. Eskiis I ning II etapist [23]

3.1.1 Parkla drenasfaltkatend - Testala 1

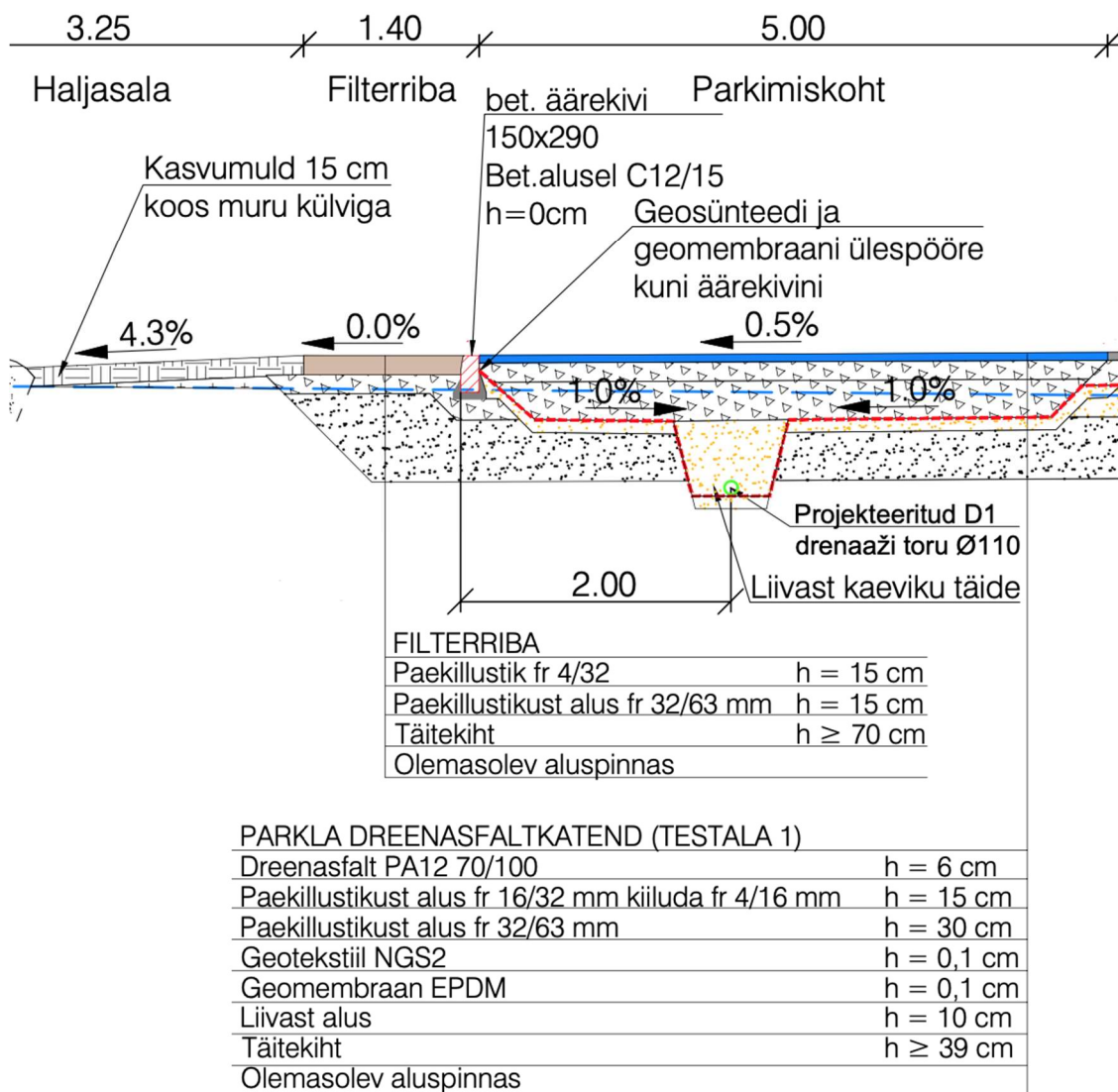
Drenasfaltkattega imkatend on esimene testala, mida pilootprojekti raames katsetatakse. Drenasfalt on suure jäävpoorsusega asfaltbetoonsegu, mille koostamisel on tagatud võimalikult suur omavahel ühendatud pooride sisaldus, võimaldamaks vee ja õhu tsirkulatsiooni. [24] Drenasfalti minimaalne kihipaksus võib olla 2D ja 2,5 cm. D tähistab maksimaalse tera suurust. Drenasfaldi paigaldamine välja toodud joonisel 3.2.



Joonis 3.2. Drenasfalti paigaldamine

Testala suurus, millelt andmeid saadakse on 277,5 m² ning see ei koosne ainult drenasfalti pinnast, vaid järjestikku asuvate parkimiskohtade vahele on integreeritud ka

taimestikuga haljasalad. Haljasala taimeistik on võimeline taluma liigniiskust ning vastu võtma liigse vee. Testala on loodud minimaalse kaldega, et tagada vee aeglane voolamine kõvakattega pinnalt ning maksimeerida infiltratsiooni. Parkimiskohale ehitatud kalle on 0,5% filterriba ja haljastatud imbala poole. Filterriba ja parkimisala vahel on äärekivi kõrgus 0 cm projekteeritud katte pinnast nagu on välja toodud joonisel 3.3. Antud lahendus tagab liigse sademevee loomuliku liikumise filterribale ning sealt haljasalale. Ehk kui liigsademetete tõttu ei peaks jõudma dreenasfalt vihmavett infiltrteerida, siis saab drenimine edasi toimuda filterribal ning haljasalal.



Joonis 3.3. Testala 1 - lõige [25]

Dreenasfaldiga on kaetud testala 1, suurusega 277,5 m². Sellest 27,5 m² moodustavad taimeistikuga istutatud haljasalast ning 250m² moodustab dreenasfalt PA. Testala ehitust alustati ebasobiva pinnase eemaldamisest. Pinnas eemaldati selliselt, et lõpptulemusena

oleks 1% kalle dreneažitoru poole. Teedeehituses tavapäraselt muldkeha ehitamisel loodi kalded tee keskosast eemale- kahepoolse kalde puhul, või kummalegi poole tee muldkeha- ühepoolse kalde puhul. Kuid antud lahendus nägi ette muldkehal ehitada kahepoolne kalle just muldkeha keskosa poole, mida omakorda tuli veel süvendada.

Testalade konstruktsioon muudeti veekindlaks, et kogu süsteem töötaks, kui looduslähedane imkatend. Selleks paigaldati konstruktsiooni põhja geomembraan EPDM, mida on näha tabelis 3.1. Geomembraan EPDM on ühekihiline sünteetilisest kummist veekindel kiht. Geomembraani positiivne omadus on venimine paigaldamisel, mis võimaldab membraanil täpselt sobituda aluskihiga. Materjal talub ka madalaid temperatuure ning ei kaota enda omadusi isegi mitte -45 °C juures. [26] Ehituslikult on membraani paigaldamisega ka mõningad murekohad. Näiteks oli üks materjali rull niivõrd raske, et inimjõul seda paigaldada ei saadud ning kuna materjali paigaldatakse tavaliselt konstruktsiooni aluspinnale, siis oli raskendatud ka õigete abivahendite kasutamine. Näiteks abistaks spetsiaalne mehhanism auto või muu masina taga, millest on läbi pandud geomembraani rull, mis sõiduki liikumise abil lahti rullub.

Tabel 3.1 Parkla dreenasfaltkatendi konstruktsioon (Testala 1) [27]

Katend 5 - Parkla dreenasfaltkatend (Testala 1)

- Dreenasfalt PA 12 70/100	h = 6 cm
- Paekivikillustikust alus fr 16/32 (kulu 35 kg/m^2) kiiluda fr 4/16 (kulu 15 kg/m^2) ($E_{v2} \geq 117\text{ MPa}$)	h = 15 cm
- Paekivikillustikust alus fr 32/63 (kulu 35 kg/m^2) ($E_{v2} \geq 117\text{ MPa}$)	h = 30 cm
- Geotekstiil NGS2	h = 0,1 cm
- Geomembraan EPDM	h = 0,1 cm
- Liivast alus ($E_{v2} \geq 55\text{ MPa}$)	h = 10 cm
- Muldkeha täitekiht ($E_{v2} \geq 45\text{ MPa}$)	vajadusel
- Olemasolev aluspinnas	

Kaevetööde tõttu polnud ka ehituses sõidukiga paigaldamine võimalik. Kasutati ekskavaatorit, mis materjali ettevaatlikult lahti rullis. Murekoht oli, et geomembraan võis puruneda kokkupuutes mehaanilise jõuga, sel juhul tuli veenduda, et paigaldamisel tekkinud augud parandati. Keeruliseks osutus ka membraani järskude nõlvadega kaevikusse paigaldamine, kuna materjali murdekohad ei pruukinud täpselt peegeldada aluspinna kuju. Sellisel juhul oli peeti mõistlikuks materjali kuumutada, et anda talle nõutav kuju. Töö käigus sai järeldada, et geomembraani EPDM tuleb kaitsta geotekstiili ja liivaga ning kindlasti tuleb vältida ehituse käigus sinna sattuvaid kive. Liivakiht koos geotekstiiliga kaitsevad membraani vigastuste eest ning see kõik tagab vee korrektse infiltratsiooni. Peale membraani paigaldamist asetatakse süvendisse dreneažitoru diameetriga 110 mm ning alustatakse katendikihtide ehitusega. Selliselt testalade ehitamisel ka tehti nagu on näha jooniselt 3.4.



Joonis 3.4. Testaladele paigaldatud geomembraan EPDM

Geomembraani paigaldamisega testaladele saavutatakse iga testala eraldamine olemasolevast pinnasest hüdrooloogilises mõttes. Iga testala toimib justkui eraldiseisev bassein, millesse infiltreeruv vesi mööda geomembraani jõuab drenaažitorru ja sealtkaudu eemaldub. Sellisel viisil ei imbu sademevesi konstruktsioonist olemasolevasse maapinda, vaid seda hoiustatakse ajutiselt konstruktsioonis ning seejärel juhitakse minema. Ainult sellisel viisil on võimalik hinnata testalade tegelikku toimivust, kuna kogu vesi, mis on konstruktsiooni jõudnud, eemaldub läbi drenaažitoru ning andmed salvestatakse.

3.1.2 Parkla murukivi katend - Testala 2 ja Parkla killustikuga täidetud vahedega sillutiskivid - Testala 3

Testala 2 ja testala 3 on sarnased testalaga 1. Peamine erinevus seisneb konstruktsiooni kattekihis ehk pindmises drenimisomadustega kihis. Testalale 2 ehitati kattekihiks murukiviga katend (240x160x80, h=8 cm), mille kattekonstruktsioon on tabelis 3.2.

Tabel 3.2. Parkla murukivi katendikonstruktsioon (Testala 2) [27]

Katend 6 - Parkla murukivi katend (Testala 2)

- Murukivi (Talot "Muru" 240x160x80 hall/punane)	h = 8 cm
- Paigaldusliiv	h = 3 cm
- Geotekstiil NGS2	h = 0,1 cm
- Paekivikillustikust alus fr 16/32 (kulu 35 kg/m ²) kiiluda fr 4/16 (kulu 15 kg/m ²) ($E_{v2} \geq 117$ MPa)	h = 15 cm
- Paekivikillustikust alus fr 32/63 (kulu 35 kg/m ²) ($E_{v2} \geq 117$ MPa)	h = 25 cm
- Geotekstiil NGS2	h = 0,1 cm
- Geomembraan EPDM	h = 0,1 cm
- Liivast alus ($E_{v2} \geq 55$ MPa)	h = 10 cm
- Muldkeha täitekiht ($E_{v2} \geq 45$ MPa)	vajadusel
- Olemasolev aluspinnas	

Sillutis, mis sellise lahenduse puhul maha paigaldatakse peab tagama kivide vaheliste vahede olemasolu, kuid samas peab lahendus olema ka homogeenne. Sillutiskivide vahelised vahed tuli ehituse käigus täita mullaga, kuhu külvati muruseeme nagu välja toodud joonisel 3.5. Mulla ning murukülviga kivide vahed tagavad katte infiltratsioonivõime.



Joonis 3.5. Murukivi katendi vahede täitmine mullaga (vasakul), lõpptulemus peale aastast kasutamist (paremal)

Murukiviga kattekiht, millelt infiltreeruvate sademeveekoguseid hinnatakse, on 331,5m². Sarnaselt esimesele testalale on ka selles haljassaar suurusega 13,5 m², seega on testitaval alal rohkem kõvakattega pinda ning vähem haljasalaid.

Konstruktiooniline erinevus testala 1 vahel seisneb selles, et paekivikillustikust alus fr 32/63 (kulu 35 kg/m²) ($E_{v2} \geq 117$ MPa) on 25 cm ehk kihipaksus on 5 cm võrra erinev. Lisaks oli nõutud peale killustikaluse väljaehitamist paigaldada täiendav geotekstiil (klass II), mille lisandus paigaldusliiv ning murukivi.

Tabel 3.3. Parkla killustikuga täidetud vahedega sillutiskivi konstruktsioon (Testala 3) [27]

Katend 7 - Parkla killustikuga täidetud vahedega sillutiskivid (Testala 3)

- Murukivi (Talot "Muru" 240x160x80 hall/punane)	h = 8 cm
- Paigaldusliiv	h = 3 cm
- Geotekstiil NGS2	h = 0,1 cm
- Paekivikillustikust alus fr 16/32 (kulu 35 kg/m ²) kiiluda fr 4/16 (kulu 15 kg/m ²) ($E_{v2} \geq 117$ MPa)	h = 15 cm
- Paekivikillustikust alus fr 32/63 (kulu 35 kg/m ²) ($E_{v2} \geq 117$ MPa)	h = 25 cm
- Geotekstiil NGS2	h = 0,1 cm
- Geomembraan EPDM	h = 0,1 cm
- Liivast alus ($E_{v2} \geq 55$ MPa)	h = 10 cm
- Muldkeha täitekiht ($E_{v2} \geq 45$ MPa)	vajadusel
- Olemasolev aluspinnas	

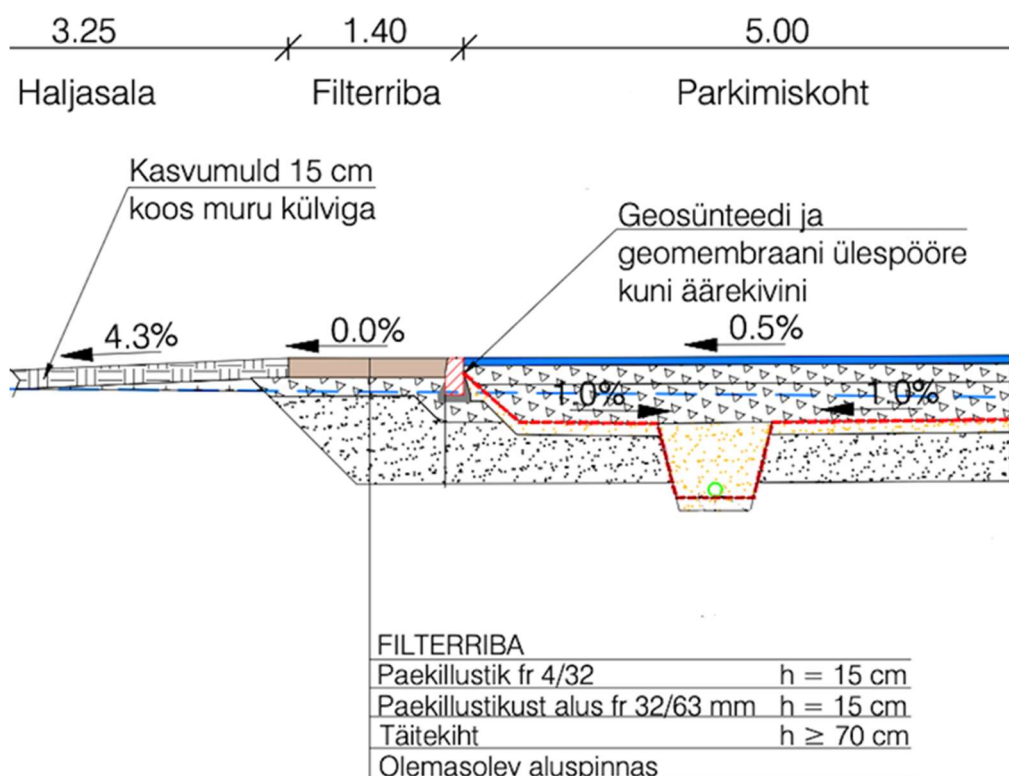
Testalale 3 ehitati kattekihiks killustikuga täidetud vahedega sillutis (tabel 3.3). Sarnaselt murukivile on mõeldud killustikusõelmetega täidetud vahed katte pinnalt vett läbi laskma. Testala 3 on 351,5 m², mis teeb sellest suurima testala, mida antud projekti puhul katsetatakse. Alast 325 m² on sillutiskivi all (joonis 3.5) ja 26,5 m² moodustavad kaks haljasala.



Joonis 3.6. Killustikusõelmetega täidetud sillutiskivi katend ehituskäigus (vasakul) ja peale valmimist (paremal)

3.1.3 Immutuspeenar

Nagu kirjeldatud testala 1-3 puhul, et filterriba ehk immutuspeenart saab kasutada liigse vee immutamiseks, siis on sellel veel üks ülesanne. Nimelt asuvad filterribad mõlemal pool parklat ning lisaks sademevee infiltreerumisele saab sinna ka talvel kogunenud ja kuhjatud lund hoiustada. See lahendus sobib täpselt lumesulamisvee järk-järguliseks immutamiseks.



Joonis 3.7. Immutuspeenar killustikust alusel - lõige [25]

Immutuspeenar on ehitatud täitekihi peale, mis peab olema dreniv (joonis 3.7). Soovituslikult vähemalt 0,5 m/ööp. Filterriba ehitatakse kas liivalusele või killustikalusele. Antud lahenduses kasutati killustikust alust. Materjali valik sõltub sellest, kui palju eeldatavalt immutuspeenrale koormust satub ning kuna on arvestatud lume kuhjamisega oli mõistlik kasutada killustikku. Lisaks lume kuhjamisele võivad sattuda peenrale ka sõiduautod parklasse manööverdamise käigus, kuna äärekivi on parkimiskoha katendiga samal kõrgusel ehk äärekivi pole välja jäetud. Immutuspeenrale pole antud kallet tagamaks maksimaalse vee infiltreerumise.

Liivast alusele ehitatud filterriba on mõistlik ehitada sellisel juhul, kui on välistatud sinna sattuvate sõidukite võimalus. Lisaks kasutatakse filterriba ainult liigse sademevee immutamiseks maapinda, mitte lume kuhjamiseks. Kasutuskoht liivast alusele ehitatud filterribal on kõnniteelt vee juhtimisel. Sellisel juhul ei puutu peenar kokku suurte liikluskoormustega ning katte töötamine on tagatud. Joonisel 3.8 on näide katendi olukorrast peale üheaastast kasutust.



Joonis 3.8. Immutuspeenar üks aasta peale kasutamist

3.1.4 Imbväljak immutusplokkidel

Üha rohkem on ehituses märgata immutusplokkide tulekut kui ühte arvestatavat lahendust toimiva drenaažisüsteemi loomisesse. Plastikust moodulsüsteeme pakuvad tänapäeval Eestis mitmed ettevõtted ning nende kasutuselevõtt muutub aina populaarsemaks.

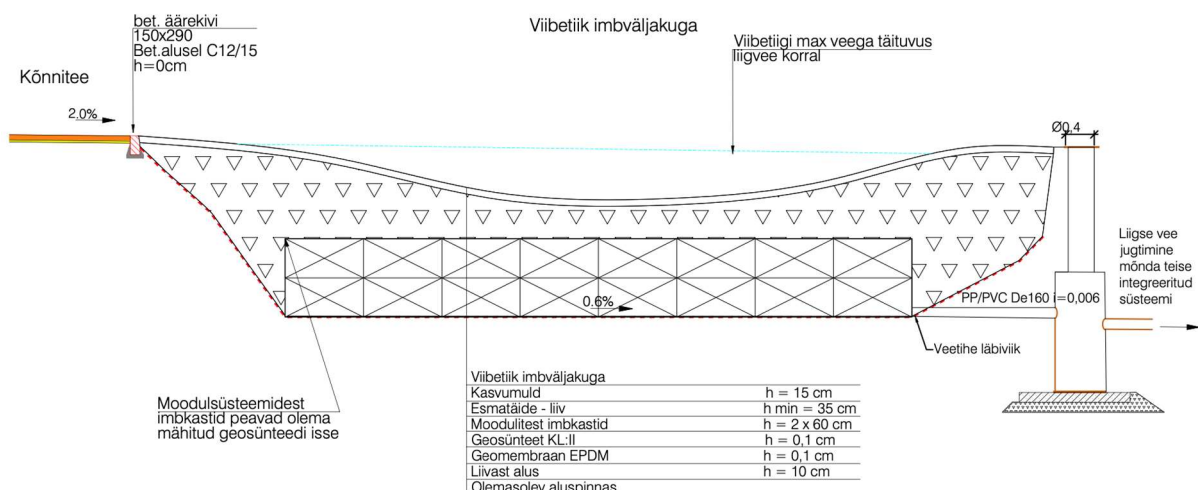
Immutusplokkidest imbväljakut on ka autor ise ehitanud. 2018. aastal loodi Haabersti ringristmiku rekonstrueerimisel rohealadele kaks imbväljakut, mida sademevee torustikuga ei ühendatud. Antud lahendus pole kõige parem piirkonnas, kus olemasolev aluspinnas on savikas ning vett mittedreeniv, kuid kuna Haabersti ringristmikku ehitades selgus, et kasvumulla all on enamasti pinnas liivane, siis on sobilik ka sellise lahenduse ehitamine.

Objekti kahte valitud haljasalale tehti süvend suurusega 2,5x4 m ja sügavuseks 2 m. Sinna laoti immutusplokkidest imbväljak, mis mähiti geosünteedi sisse, nagu näidatud joonisel 3.9. Plokkidest konstruktsiooni suurus ise oli 2x1,5x1 m ning niisugune süsteem suudab korraga vett hoiustada 3 m³. Oluline on et plokkidest laotud ruum oleks täielikult geotekstiiliga kaetud ning vee dreenimisel materjal sinna sisse ei pääseks. Järgnevalt tuleb loodud lahendus katta liivaga (2 m/ööp), tihendada ning haljastada haljastusmulla kihiga (10 cm). Lahendus töötab põhimõttel, et ekstreemsete valingvihmade korral imbib vesi läbi maapinna immutusplokkidesse kiiremini, kui tavalisse haljasalasse ning ajapikku infiltreerub sademevesi edasi maapinda.



Joonis 3.9. Immutusplokkidest laotud imbpitsi ehitamine

Lahenduse suurust saab muuta vastavalt vajadusele, kuna moodulid on omavahel kergesti monteeritavad, ning lisaks on võimalus luua ka süsteeme, kus aluspind ei võimalda vett vastu võtta. Näiteks on võimalik luua moodulitest imbväljak viibetiigi alla (joonis 3.10). Sellisel juhul tekib võimalus vett taaskasutada kuivaperioodidel ning kogu süsteem oleks rohkem suunatud taaskasutamisele.



Joonis 3.10. Viibetiik integreeritud imbväljakuga - lõige

Eestis sellist terviklahendust veel loodud pole, kust teelt juhitakse vesi viibetiiki, mis läbi pinnase infiltreerudes puhastub ning seejärel kollektorkaevust taaskasutatakse kastmisveena.

3.2 Taaskasutatud plastist asfalt - MacRebur

Ühiskonnas on aina kasvav huvi jätkusuutlike teekatete tehnoloogiate vastu. Nagu näiteks eelpool mainitud looduslähedased säästvad sademeveesüsteemide lahendused. Ehituses on neid veel võimalik integreerida, luues vastavad ühendused, kasutades taaskasutatud plastikut, mille abil on võimalik liigseid plastjätmeid ära kasutada ja süsiniku jalajälge vähendada. Sellist lahendust kasutati ka esimese etapi ehituses Viimsis.

Asfalditööstuse jaoks on sobilikuks peetud lahendust muuta plastist jätmeid bituumensideaineks. Sellega on võimalik alandada bituumeni kulu ning muuta mitte keskkonnasõbralik asfalditööstus keskkonnasäästlikumaks. Esmatähtis on eristada bituumeni muutmiseks sobilikku ning sobimatut plastprügi. Laias laastus on hetkel taaskasutatud plastist katendite puhul kasutusel 3 lisandit (MR6; MR8; MR10).

2015. aastast on teedehituses jõuliselt hakatud arendama plastjätmete taaskasutamistööstust. Hetkel on tehnoloogia edendajate eesotsas Šoti ettevõtte MacRebur, kes on seni välja toonud, et ühed loodud plastjätmete lisandid pikendavad bituumeni kasutatavust ja asfaltkatte eluiga ning teised jätmed lisatakse bituumensideainesse, ilma et see asfaltbetoonis bituumeni omadusi jõuliselt muudaks või parandaks. Ettevõtte on veel toonud välja, et taaskasutusega suudetakse vähendada prügi

hulka maailmas, alandada teekatte maksumust ning suurendada teekatte tugevust ning vastupidavust. [28]

Kõrge sulamistemperatuuriga plastjätmetel, mis sisaldavad HDPE-d ehk suure tihedusega polüetüleen, on sulamistemperatuur rohkem kui 270 kraadi ning plastjätmed, mis sisaldavad PET-d ehk polüetüleenkile, sulavad 260 kraadises kuumuses. See tähendab, et mõlema sulamistemperatuur on suurem, kui tavalisel bituumen sideainel ning seetõttu ei saa neid ka kasutada. Vastupidiselt madala sulamistemperatuuriga plastjätmetel (PE; LDPE; PP jne) on sarnane sulamistemperatuur bituumeniga, mis on 100 °C -180 °C juures ehk kui segada bituumenisse madala sulamistemperatuuriga plastjätmeid, siis need segunevad omavahel hästi ja saadud segu on hõlpsasti kasutatav. Igapäevane prügi, mida sellistel puhkudel saab taaskasutada, on näiteks toidukile, elastsed pudelid-purgid, kandekotid, jogurtitopsid, snäkkide pakendid jpm. [28]

Lisanditest, mis toodud joonisel 3.11, on teada järgmist:

- MR6 – plastjätmetest loodud graanulid, mida lisatakse bituumensideainele. MR6 graanulid on 100% taaskasutatud plastist ning lisatakse juba tehases bituumenisse ja sealt edasi asfaldisegusse, et parandada ja pikendada bituumeni töödeldavust. Lisaks on MR6 katsetustest välja tulnud, et paraneb nii deformatsioonikindlus kui ka suureneb asfaltbetooni jäikus. [28]
- MR8 – plastjätmetest loodud puru (sarnaneb saepurule). MR8 eesmärk on asendada segus teatud kogus bituumenit, jättes alles selle omadused. [28]
- MR10 – plastjätmetest tehtud graanulid ning MR10-ne varasemalt teadaolev mõju on tõsta sideaine pragunemiskindlust. [28]

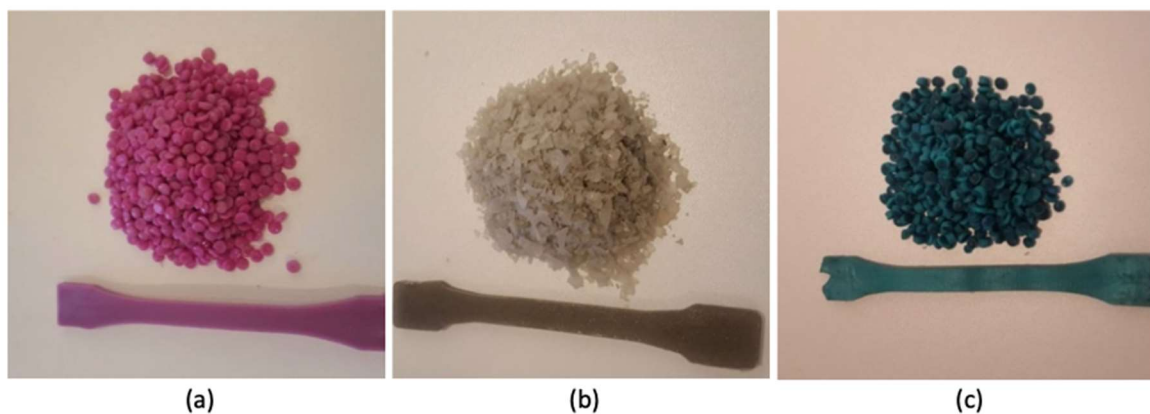


Figure 1. (a) MR6 pellets, (b) MR 8 shavings and (c) MR10 pellets

Joonis 3.11. (a) MR6 pelletid, (b) MR8 puru, MR10 pelletid [28]

Esimese etapi liikluseks mõeldud osas kasutati lisandit MR8 ehk AC 12 surf 70/100 omadused jäeti samaks (tabel 3.4). Teede-ehitajate seas on Eestis pigem levinud arvamus, et prügi lisamine asfaldisse ei paranda selle omadusi, vaid halvendab neid ning selle tõttu ei pole veel Macrebbur asfaldit suure liiklussagedusega teedel kasutatud. Tegelikult, toetudes teostatud katsetele, saab taaskasutatud plastist lisanditega suurendada deformatsioonikindlust ja parandada teekatte vastupidavust.

Tabel 3.4. Ehitatud MacRebur MR8 Sideainega katendikonstruktsioon [28]

Katend 3 - Parkla asfaltbetoonkatend (testalade parkla)

- | | |
|--|-----------|
| - Asfaltbetoon AC 12 surf 70/100 MacRebur MR8 sideainega | h = 6 cm |
| - Kiilutud paekivikillustikust alus fr 32/63 kiiluda fr 16/32 (kulu 35 kg/m ²) ja fr 4/16 (kulu 15 kg/m ²) (E _{v2} ≥ 117 MPa) | h = 20 cm |
| - Liivast alus (E _{v2} ≥ 57 MPa), võib asendada paekillustikuga fr 32/63 | h = 25 cm |
| - Muldkeha täitekiht (E _{v2} ≥ 45 MPa) | h ≥ 49 cm |
| - Olemasolev aluspinnas | |

Austraalia ülikooli (University of Sunshine Coast) poolt tehtud vastavast uuringust lähtuti järgnevatest põhimõtetest: deformatsioonikindlus vähendab riski jäljesügavuse tekkeks ja katte murenemiseks ning suurendab katte tasetasuvõimet; pragunemiskindlus vähendab ohtu väsimuspragude tekkeks; kulumiskindlus on võime säilitada oma terviklikkus ning deformatsioonikindlust ajas ning selle all hinnatakse ka niiskusest ja veest tekkivaid kahjustusi. Katsetused tehti nelja erineva killustikmastiks-asfalt (edaspidi SMA) seguga - ühes katsekehas kasutati bituumenit margiga 40/60; teises bituumenit 40/60, kuhu lisati 6% MR6; kolmandasse lisati 6% MR8 ja neljandasse 6% MR10 lisandit. [28] Eesmärgiks oli välja selgitada, kas seni teadaolevad mõjud lisandite kasutamisega on samad, või tekib uusi avastusi.

Katsetuste käigus võrreldi tulemusi modifitseerimata SMA seguga ning saadi teada, et mitte ühelgi katsekehal ei tekkinud bituumensideaine väljanõrgumist. Samuti saadi teada, et katsekehade mõjud keskkonnale jäid samaks ning plastiku lisamisel muutusi keskkonnale polnud. Kõik katsekehad, mille sideainesse oli plastikut lisatud, muutusid palju jäigemaks, võrreldes modifitseerimata bituumeniga katsekehast. Katse tulemused olid järgmised: MR6 lisandiga katsekeha muutus kolm korda jäigemaks; MR8 lisandiga katsekeha muutus 2,22 korda jäigemaks; MR10 lisandiga katsekeha muutus 3,56 korda jäigemaks. Katsekehade elastsusmooduleid uurides selgub, et jäikuse kasvades muutub katend deformatsioonikindlamaks. Jäljesügavuse mõõtmisel rattarooma katsega (mm) selgus, et suurim roobas, tekkis katendisse, kus polnud lisatud plastjätmeid. MR6 lisandiga katendisse tekkis 49% väiksem roobas, MR10 35% väiksem roobas ning MR8 16% väiksem roobas võrreldes modifitseerimata bituumeniga katsekehast.

Pragunemiskindluse testimisel selgus, et MR6- ja MR10-ga modifitseeritud sideainega katsekeha muutus tugevamaks ning pragunemiskindlamaks, kuid MR8 pragunemiskindluse tulemused pole selged, kuna katsetamise käigus olid tulemused liialt varieeruvad. [24]

Eestis on Transpordiameti objektidel 2021. aasta seisuga lubatud kasutada ainult tootja McRebur lisandit MR8. Transpordiamet on seisukohal, et MR8 lisandit on lubatud kasutada ainult AC bin ja AC base segudes. Teelõigu liiklussagedus, millel plastjätmeid lisada võib, ei tohi ületada 6000. a/ööp. Maksimaalne asendatav MR8 kogus on kuni 3% asfaltsegu kasutatavast bituumensideaine massist. Lisaks peab asfaltsegu tootja veenduma, et segu tootmisel MR8 lisand sulandub ning seguneb täielikult bituumeniga. [Lisa-1]

Tehtud katsetustest saab järeldada, et taaskasutatud plastjätmetest lisandeid tuleks asfaltbetoonis rohkem kasutada ning sellised lahendused sobiksid ideaalselt ka suure liiklussagedusega projektidele nagu ringristmikud, ühistranspordi ja raske veoste põhimarsruudid ning integreerides neid veel looduslähedaste sademevee süsteemidega saaksime praegustest lahendustest keskkonnasäästlikumad lahendused.

4. LIFE URBANSTORM VIIMSI VALLA TESTALADE 1-3 KATSETAMINE

Parklasse rajati erineva katendiga alad, eesmärgiga viia läbi katendite veeläbilaskvuse katsetused. [29] Uues parklas on piiritletud kolm erineva katenditüübiga ala. Igale alale on varustatud omaette drenaaž ja on eraldatud kõrval seisvatest muu katendiga aladest ning ümbritsevast territooriumist veetiheda geomembraaniga EPDM. Geomembraaniga on välditud pinnasevee juurdevool kõrvaliselt alalt või äravool sinna. Läbi katendi ja pinnase filtreerub vesi drenaaži, koondatakse drenaažikollektorisse ja suunatakse esvoolukraavi. [29]

Igal testitaval katenditüübiga alal on oma drenaažisüsteem, mille kaudu ärajuhitava vee koguse mõõtmiseks on paigaldatud drenaažikollektorile suudmest sobivale kaugusele mõõturikaev koos mõõteanduriga. Kõik andmed, mis testaladelt mõõteperioodi vältel saadi asuvad lisas 2. [29]

Projekteerimisel võeti aluseks rajatud parkla pinnalt koondatava sademevee normatiivsed arvutuslikud kogused. Vooluhulgad on arvatud vastavalt standardis EVS 848:2013 "Väliskanaliseerimisvõrk" toodud arvutuskäigule. Maksimaalseks arvutuslikuks sademete hulgaks valiti 5 minutilise kestvusega paduvihm, mille alusel määrati arvutusliku vihma intensiivsus $q_{5min}=175 \text{ l/(s x ha)}$. Arvutused on tehtud arvutusvihma korduvusperioodile 1 aasta, mille esinemise tõenäosus on 63 %. [29]

Sademevee eeldatavad aastakogused on määratletud EMHI keskmise aasta andmete alusel. Projekteerimisel valiti aasta äravoolunormiks 704 mm, millest arvutati maha aurumise osakaal, seega kasutati äravoolu arvutusel sademete hulka 650 mm/a. [29]

Testaladelt 1-3 juhitakse sademete pindmine äravool parkla äärtes olevatele filterribadele, juhul kui testalad ei suuda sademevett sademeveekollektorisse juhtida. [29] Antud testala puhul on keeruline hinnata, kui palju katselõikudel pindmist äravoolu tekib ja sademevett filterriba kaudu minema juhitakse.

Drenaažisüsteemi vooluhulga arvutamiseks pole veel standardiga kehtestatud meetodikat. Selle arvutamine sõltub paljudest teguritest ning on keerukas, kuna vooluhulka mõjutab palju faktoreid:

- saju kestus ja intensiivsus;
- eelmisest sajust möödunud aeg;
- katendi veeläbilaskvus;

- muud katendi omadused (kalle, vee kogunemine katendile, pindmine äravool, jne);
- pinnase veega küllastumise aste;
- pinnase filtratsiooniomadused;
- dreniva kihi paksus;
- dreanaži sügavus. [29]

Arvutuslik äravool on arvatud vastavalt standardile EVS 848:2013.

Arvutuslik äravool arvutati valemiga:

$$Q_{a,s} = q \times k_{\psi} \times A_a \quad (4.1)$$

milles:

$Q_{a,s}$ pinnale langeva ja sealt arajuhitava sademevee arvutuslik äravool [l/s];

q arvutusvihma intensiivsus [l/(s x ha)]

k_{ψ} määratav keskmine äravoolutegur

A_a valgala suurus [ha]

[30]

Vihma intensiivsus arvutati valemiga:

$$q = \frac{B}{T^n} \quad (4.2)$$

milles:

B muutuja, mis arvutatakse valemiga

n asendaja

T vihma kestus (min)

Parameetrid B ja n sõltuvad geograafilisest asukohast ja vihma sagedusest p .

[30]

Tabel 4.1. Sademevee normatiivsed arvutuslikud kogused testalal [29]

Sademevee normatiivsed arvutuslikud kogused							
Nr	Ala nimetus	Katend	k_{ψ}	Pindala (m ²)	Q5min (l/s)	V5min (m ³)	Qa (m ³ /a)
1	Testala 1	Dreenasf.	0,65	248	2,82	0,85	160
2	Testala 2	Murukivi	0,70	318	3,88	1,16	205
3	Testala 3	Sillutiskivi	0,75	325	4,25	1,28	210
4	Filterribad	Graniitsõelmed	0,3	271	1,42	0,43	175
5	Haljasala	Muru	0,2	98	0,34	0,1	65

Tabeli 4.1 põhjal on sademevee normatiivsed arvutuslike koguste põhjal võimalik hetkeolukorras järelda, et kõige parem drenivus on testalal 1, milleks on dreenasfaltkatend. Antud katte tüübi pindmine äravool on väikseim, mille tõttu võiks kate

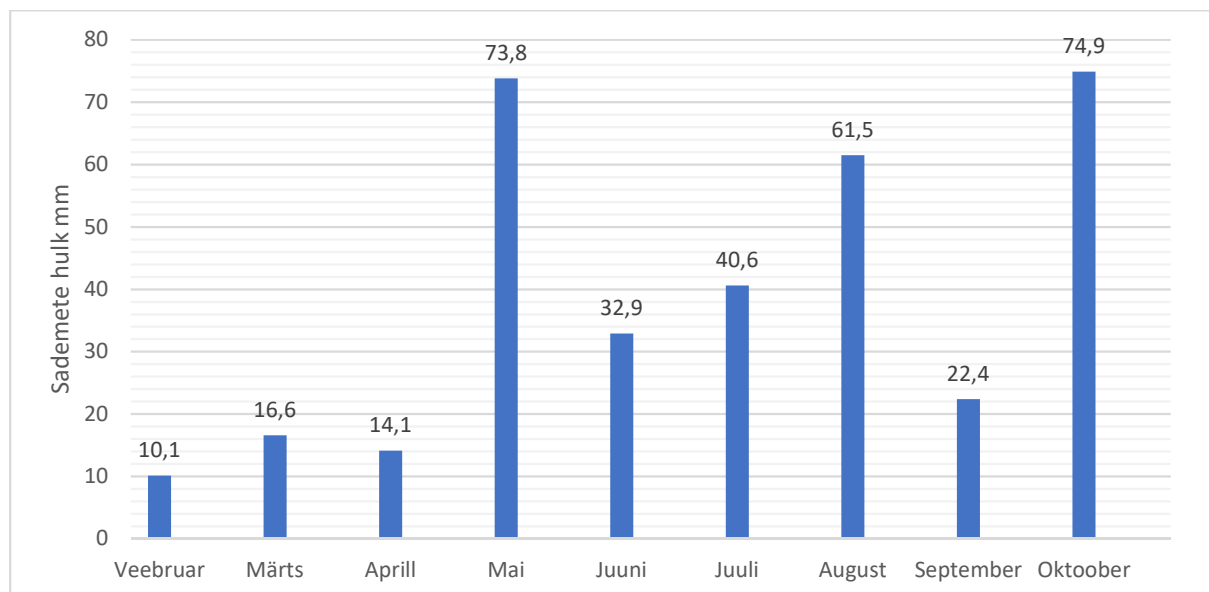
enim suuta vett vastu võtta. Paremuselt teiseks võib pidada testala 2 katendit, mis on murukivi katend. Arvutuslikult võib kolmest kehvemini töötada testala nr. 3, mis on sillutiskivist laotud. Hinnanguliselt tekib selle kattega pinnal suurim pindmine äravool ning seega on kattel vähem aega vett vastu võtta.

4.1 Andmete kogumine testaladelt 1-3

Testaladelt andmete kogumiseks oli periood 8. veebruar 2021 kuni 26. oktoober 2021. Selle perioodi vältel mõõdeti testalade lõikes väljaimbuva sademevee mahtu, keskmist vooluhulka ning maksimaalset ja minimaalset vooluhulka. Katte pinnast läbi voolavad sademed salvestati kõigis testalades surveta voolu ristlõikepinna ja kiiruse mõõtmise seadet FloPro XCi.

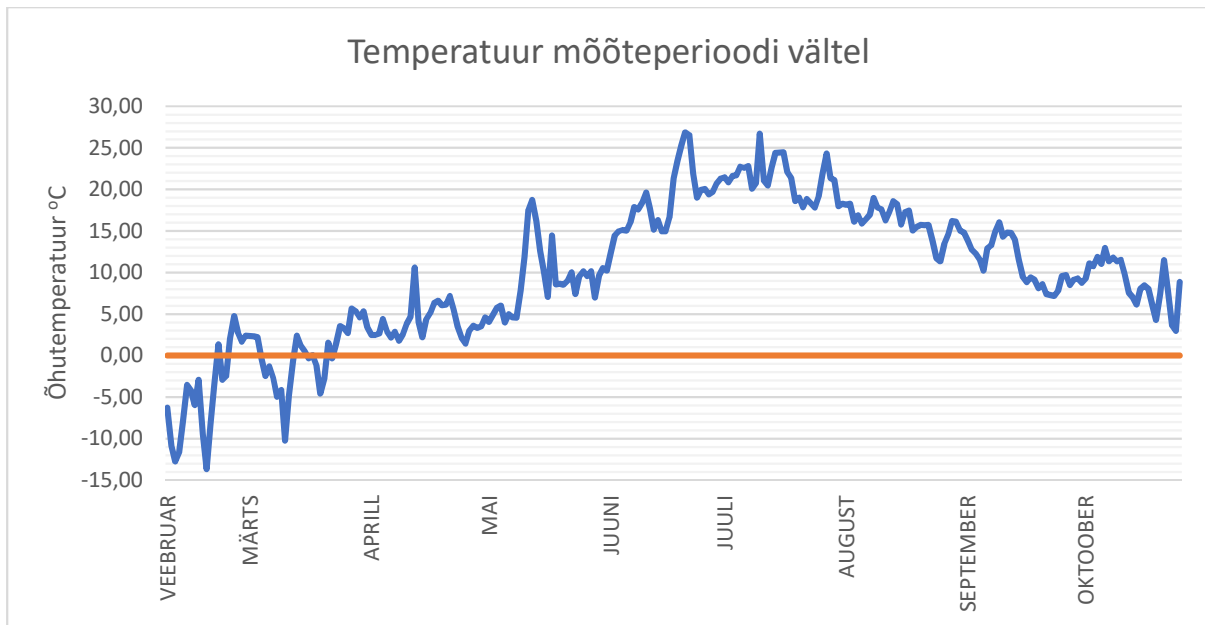
Andmete kogumise perioodi jooksul esines erinevaid ilmastikuolusid. Andmeid ilmastikust koguti testaladele lähimast ilmajaamast, mis asub aadressil Muuli tee 6. Linnulennult jääb ilmajaam umbes 1,5 km kaugusele katsetusalalt.

Mõõtmisperioodi vältel tuli maha kokku 346,9 mm sademeid. Perioodist olid kõige sademeterohkemad mai, august ning oktoober, mille jooksul tuli sademeid maha vastavalt 73,8 mm, 61,5 mm ja 74,9 mm. Kõige vähem salvestati sademeid veebruari ja aprilli kuus, kus sadas kõigest 10,1 ja 14,1mm. (Joonis 4.1.)



Joonis 4.1. Mõõteperioodi vältel maha sadanud sademete hulk.

Testala katendikihilt salvestati andmeid erineva õhutamperatuuri juures. Veebruar ning pool märtsi kuust oli temperatuur valdavalt miinuspoolel. Kõige külmem ilm oli veebruaris, kus ilmajaam salvestas -14,3 °C. Järgneva salvestusperioodi vältel püsis õhutamperatuur koguaeg + poolel. (Joonis 4.2)



Joonis 4.2. Õhutamperatuuri muut mõõteperioodi vältel.

Mõõteperioodile eelnenud kaks kuud oli õhutamperatuur valdavalt miinuspoolel, seega oli kogu konstruktsioon enne mõõtmise algust juba külmunud.

4.2 Testala 1 - Dreenasfalt katendi tulemused

Testala 1 suurus koos haljastussaartega on 277,5 m², alale juhitakse sademevett ka plastasfaldist sõiduteelt ehk kokku võtab testala 1 sademevett vastu 484 m² suuruselt alalt.

Kogu andmete kogumise perioodi vältel juhtis dreenasfaltkatend minema 3080,54 m³ sademevett. Kõige suurem äravool katendi dreenaarisisüsteemis toimus juunikuu vältel, kui ära juhitava vee kogus oli 651,85 m³. Kõige vähem võttis katend vastu augustikuus, kõigest 44,48 m³.

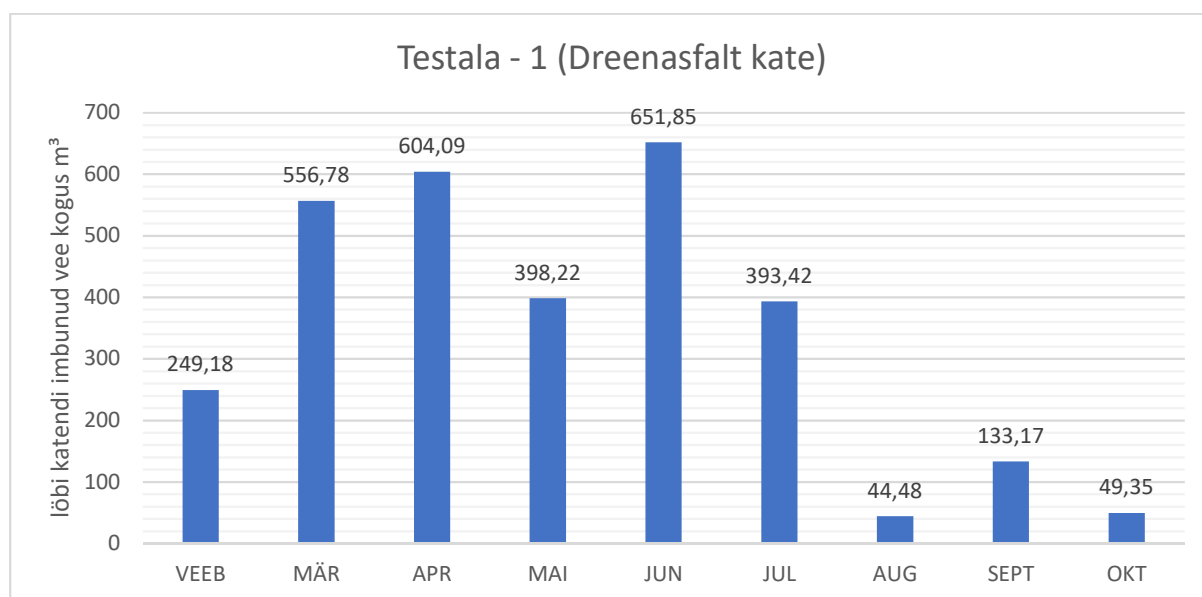
Veebruari kuu tulemuste põhjal saab järeldada, et katend dreenis sademevett dreenaar rohkem, kui sademeid maha tuli. Veebruaris sadas kõigest 10,1 mm sademeid.

Õhutemperatuur oli valdavalt negatiivne, kuid päevasel ajal esines olukordi, kus õhusooja oli isegi +2°C. See tähendab, et esines sulamistsükleid, mille jooksul parklasse kuhjatud lumi sulamisveena konstruktsiooni jõudis. Lisaks sellele juhtis parkla ära ka varasemalt maha sadanud sademete hulgad, mis andmete kogumise ajast välja jäid.

Äärmiselt sademeterohke oli ka augustikuu, kus sadas 61,5 mm sademeid. Selle jooksul võttis katend vastu kõigest 44,48 m³ sademevett. Ühtlasi oli augustikuu üks soojemaid kuid ning toimus sademete aurustumine katte pinnalt. Katend ja konstruktsioon oli see periood kuiv ja sademed lühiajalised ning intensiivsed. See tähendab, et kuiv peenpuistematerjal ei suuda vett vastu võtta, vaid tekib sademevee valgumine katte pinnal. Näiteks 26. augustil oli piirkonna kõige suurem augustikuine sadu, kus kolme tunni vältel sadas maha 16 mm sademeid. Sellel päeval ei tuvastanud mõõtesüsteem, et üldse oleks sademeid läbi katendi dreenaži jõudnud.

Sademete intensiivsus ning asjaolu, et konstruktsioon ei olnud veega küllastunud, tekitas olukorra, kus enamus vett valgus katendi pinnalt vihmapeenrale ning osa veest, mis konstruktsiooni imbus ka aurustus seal. Sarnane tulemus saadi Inglismaal tehtud katsetuses, mis toimus laboritingimustes. Selle tulemuseks saadi, et niiske konstruktsiooni puhul on sademevee imbumiskiirus 370-400 korda suurem ja infiltratsioonivõime 233% suurem. [36]

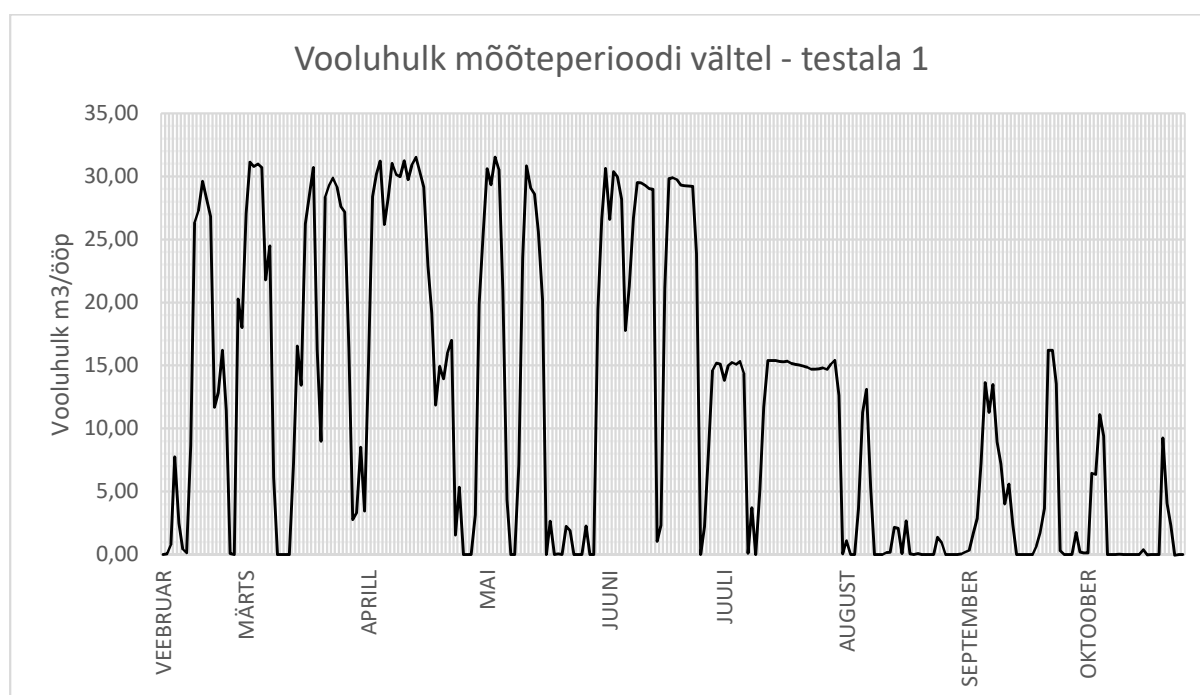
Negatiivse õhutemperatuuri muut mõjutas ka kogu katendit (joonis 4.3). Aprillikuu oli väljavoolu kogus katendist 604,09m³, kuid kuu ise oli üsna sademetevaene (14,1 mm).



Joonis 4.3. Testala 1 läbi katendi imbunud vee kogused kuude lõikes.

Seda tingib asjaolu, et poolest märtsist läksid ilmad soojemaks ning tekkis ka tee konstruktsiooni ja lume sulamine ning eemaldus ka vesi, mis oli eelmise aasta jooksul konstruktsiooni jäänud ning seal külmunud. Seda veekogust paraku hinnata ei saa, kuna puuduvad drenasfaltkatte varasemad andmed.

Võrreldes läbi katendi imbunud vee koguseid ning sadanud sademete hulka, tekib drenasfalt katendi puhul muster, et rohkete sademetega kuude jooksul suudab katend vähem vett vastu võtta (joonis 4.4). Mai, august ja oktoober sadas üle 60mm sademeid ning sellel perioodil läbi katendi imbus vähem vett. Sajusündmused olid pigem lühikesed, alates kümnest minutist kuni paari tunnini. Tulemuste põhjal saab järeldada, et katend ei võta vastu sademeid, mis on intensiivsed ja sajab alla lühikese perioodi ajal nagu hoovihmad.



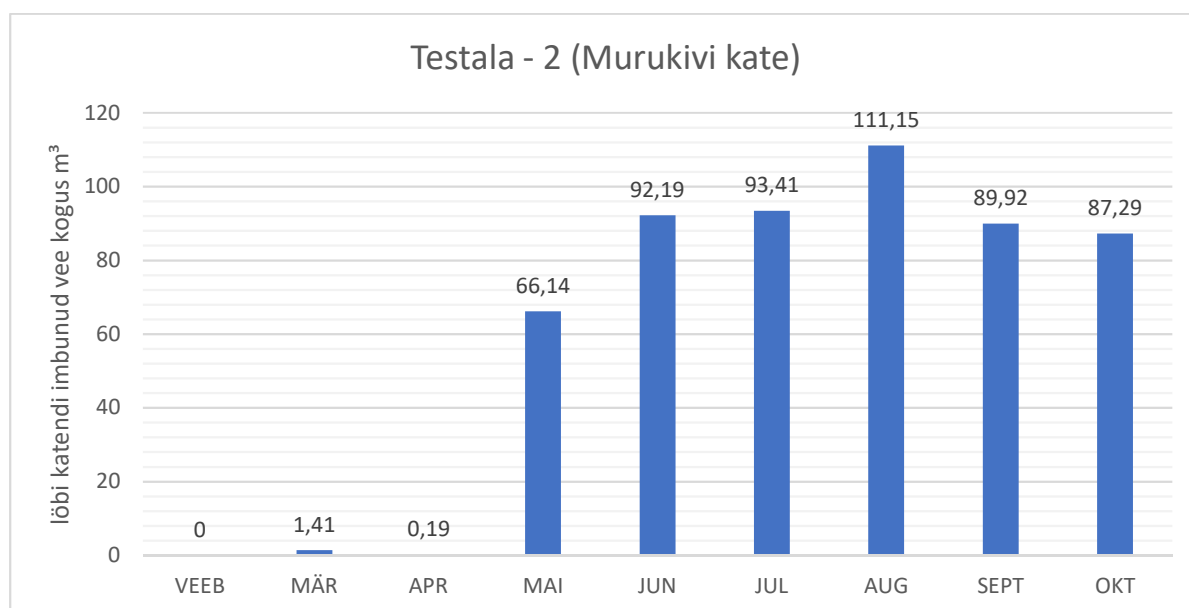
Joonis 4.4. Drenasfalt katendi vooluhulk mõõteperioodi vältel

Antud katsetuse põhjal väidab autor, et drenasfaldist imbkatendi toimivus ei ole suurel määral õhutemperatuurist mõjutatav, kuna miinuskraadidega suutis antud testlõik edukalt vett ära juhtida. Esines sündmusi, kus peale sademeid viibis äravool 1-2 päeva enne kui süsteem tuvastas läbi katte imbunud vett. Antud lahendus ei tööta väga hästi juhul kui sajab lühikese perioodi vältel palju sademeid. Näiteks augustikuu valingvihmadega, kus 10 minuti jooksul sajab üle 10mm sademeid, ei jõua imbumine toimuda ning äravool toimub katte pinnalt mõnda teise integreeritud süsteemi.

4.3 Testala 2 - Murukiviga katendi tulemused

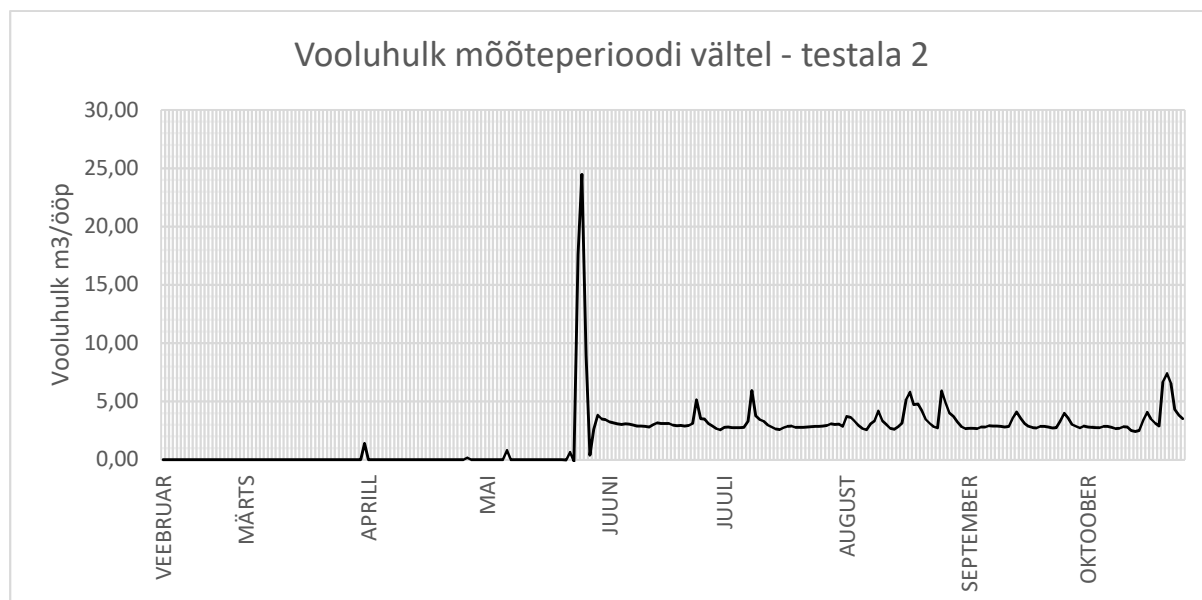
Murukiviga katendi suurus koos haljastussaarega on 331 m² ning ala suurus, millelt vett sinna juhatakse on 623,04 m². Mõõteperioodi vältel suutis murukivikatend minema juhtida 541,7 m³ sademevett. Vastupidiselt drenasfaltkatendile oli testala 2 äravool suurim just augustikuus. Mingisugust vee liikumist süsteemis ei toimunud veebruari vältel ning märts ja aprill olid samuti minimaalse äravooluga. Kogused, mis veebruari, märtsi ja aprillikuu jooksul ära juhiti olid vastavalt 0 m³, 1,14 m³ ja 0,19 m³. Praktiliselt 0-äravoolu põhjal saab järeldada, et katend ei tööta miinuskraadide ja külmunud olekus üldse. Probleemiks on see, et muld ja mullas kasvav muru hoiavad endas liigselt niiskust ning külmumise tagajärjel muutub kogu pind vett läbimatuks.

Kogu konstruktsioon sulas ülesse ja hakkas töötama alles 24. mail. Andmetest lähtuvalt saab autor järeldada, et konstruktsioon võttis sademevett vastu terve mai jooksul, kuid talletas seda konstruktsioonis. Äravooludrenaaži sademevesi ei pääsenud, kuna konstruktsiooni kihid sulasid ülesse järk järgult. Enne esimeste äravoolu andmete salvestumist oli maikuu sadanud juba 60,2 mm (01.05.2021-23.05.2021) sademevett. Esimesed äravooluandmed salvestas mõõteseade alles 24. mail, kui sajuündmusi üldse ei toimunud ning järelikult oli drenikiht alles selleks perioodiks sulanud ning sai võtta vastu kõik vee, mis sinna perioodil talletunud oli. 24.05.2021 juhiti katendikonstruktsioonist välja 17,64 m³ vett ja 25.05.2021 koguni 24,48 m³ sademevett, mis kokku moodustavad 64% kogu kuu äravoolust (joonis 4.5 ja 4.6).



Joonis 4.5. Testalalt 2 läbi katendi imbuunud vee kogused kuude lõikes

Ülejäänud perioodil juunist oktoobrini toimus äravool igapäevaselt, keskmiselt 3 m³ päevas, mis näitab sademevee ühtlustunud äravoolu. Selline toimimine on kasulik, kuna ei ole võimalik sademevee kanalisatsiooni üle ujutada ja toimub sademevee järkjärguline immutamine täpselt nagu katend peakski töötama.

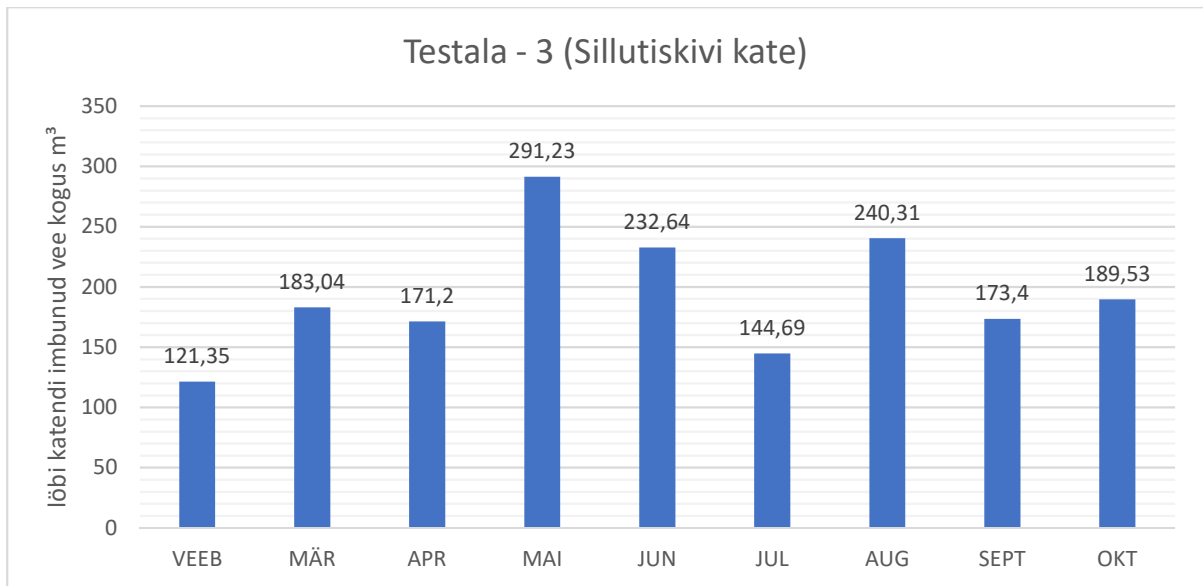


Joonis 4.6. Murukivi katendi vooluhulk mõõteperioodi vältel

Antud katse põhjal väidab autor, et ajavahemikul, mille jooksul teekate ja konstruktsioon on külmunud, ei suuda süsteem üldse vett vastu võtta. Sellise lahenduse juures tuleb talvel päevane lumesulavesi kindlasti juhtida kuskile mujale ning lund kattele soovitatavalt mitte kuhjata. Katses hakkas imbumine drenaaži toimuma alles maikuu teises pooles ning siis oli nii vooluhulk kui ka kogused suured. See tähendab, et eelmistest vihmaperioodidest on vesi katendisse jäänud ning seal külmunud, mistõttu võtab konstruktsiooni ülessulamine aega. Seda, et vesi pidevalt konstruktsioonis on, tõestab ka asjaolu, et sademevee dreenerimine toimus konstruktsioonis pidevalt, olenemata kas äsja oli sadanud või mitte.

4.4 Testala 3 - Sillutiskiviga katendi tulemused

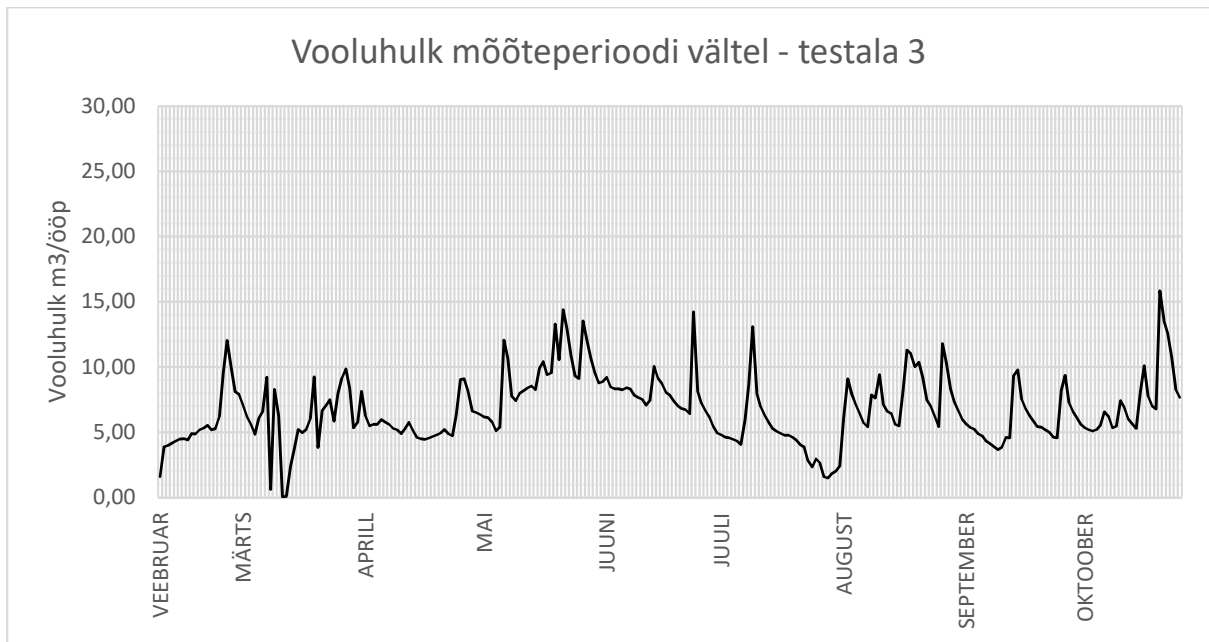
Sillutiskiviga katendi suurus koos haljasalaga on 351,5 m² ning ala, millelt sinna vett juhitakse on kokku 608,75 m². Ajavahemikul, mille jooksul andmeid salvestati, suutis süsteem kokku vett vastu võtta 1747,39 m³ sademevett (joonis 4.7).



Joonis 4.7. Testalalt 3 läbi katendi imbunud vee kogused kuude lõikes

Enim võttis süsteem vett vastu maikuu vältel, kokku 291,23 m³ sademeid. See oli ühtlasi ka oktoobri järel teine sademeterohkeim kuu, mille jooksul sadas 73,8 mm vihma. Läbi katendi imbunud vee koguseid vaadates saab järeldada, et imbumine läbi kate on kolmanda testala puhul kõige rohkem seoses sademete hulgaga. Tekib tendents, et andmete põhjal sademeterohkeimal kuul jaotub läbi katendi imbuva vee kogus kahe kuu peale. Näiteks mais sadas 73,8 mm sademeid ning kaks järgnevat kuud salvestas mõõtur samuti vastavaid tulemusi. Kõige sademeterohkema kuu põhjal järeldusi veel teha ei saa, kuna tõenäoliselt paistab süsteem hästi toimivat nii oktoobri kui ka novembri vältel.

Antud katsest tuleb välja, et õhutemperatuur antud testala drenivusomadusi ei mõjuta. Talve jooksul suutis katend vett vastu võtta ja ei olnud probleemiks ka soojad ilmad (+25 °C), mille vältel võib toimuda materjali liigne kuivamine ja imavuse vähenemine (joonis 4.8).

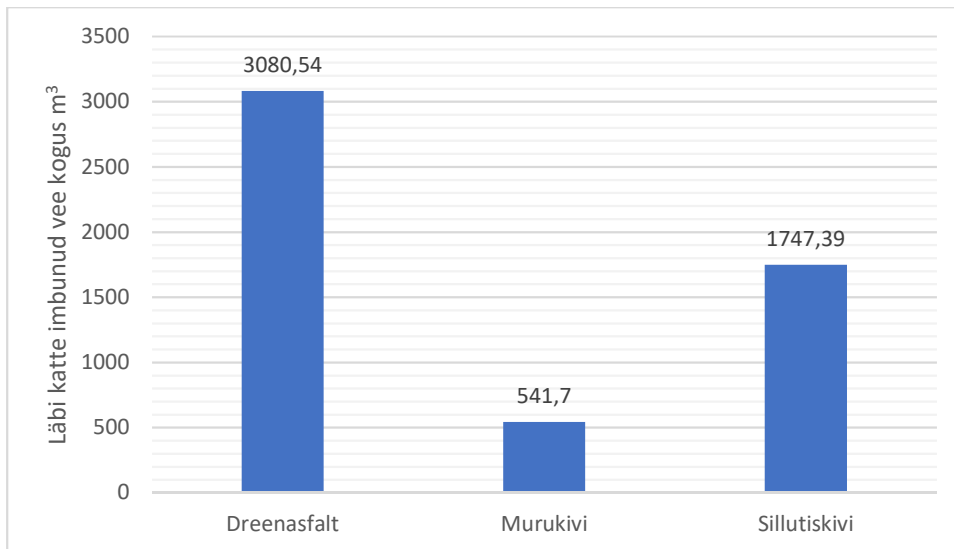


Joonis 4.8. Sillutiskivi katendi vooluhulk mõõteperioodi vältel

Antud katse põhjal järeltab autor, et katend pole temperatuuritundlik ning on võimeline Eesti kliimas töötama iga ilmaga. Vett hoidva vahepuhvriina toimib katend pidevalt, mis tagab ka selle, et hakkab peale sadu vett kohe ära juhtima. Nagu graafikultki (joonis 4.8) näha on peale sademeid veevooluhulk suurenenud ning alanedes paari päeva jooksul. Konstruktsiooni kihid hoiavad endas niiskust ning seejärel, kui materjal muutub saju tõttu veega küllastunuks, siis hakkab konstruktsioon sademevett loovutama. Sarnaselt murukivi katendile toimub imbumine katendis pidevalt, olenemata kas on sadanud või mitte.

4.5 Testalade võrdlus

Selleks, et hinnata, milline testala kolmest antud mõõteperioodil paremini töötas ning missugust imkatendi tüüpi edaspidi võiks Eestis ehitada tuleb alade tulemusi omavahel võrrelda. Kõik testalad töötasid samadel tingimustel, kuid tulemused on üsna erinevad. Pea 9 kuu jooksul suutis kõige rohkem sademevett immutada testala 1 (dreenasfaltkate), mis immutas murukiviga platsist 5,6 korda rohkem ning sillutiskiviga platsist 1,8 korda rohkem sademevett (joonis 4.9).



Joonis 4.9. Testaladest ära voolanud vee kogus mõõteperioodi vältel

Kuna sademevee vastuvõtualad olid katendite puhul erinevad, siis hindas autor, kuidas iga katend ühe ruutmeetri ala kohta suutis vett läbi immutada mõõteperioodi kestel kokku. Kõige parem tulemus on dreenasfaltkatte puhul, mis suudab ühe m² kohta ära juhtida 6370 l sademevett. Halvim dreenimisvõime on murukivi katendil, kuna see suudab m² ala kohta ära juhtida kõigest 870 l sademevett. Paremuselt teine oli testala 3, mille kate oli ehitatud sillutiskivist ning vahed täidetud graniitsõelmetega. Ala tulemus ühe ruutmeetrise ala kohta on 2870 l sademevett.

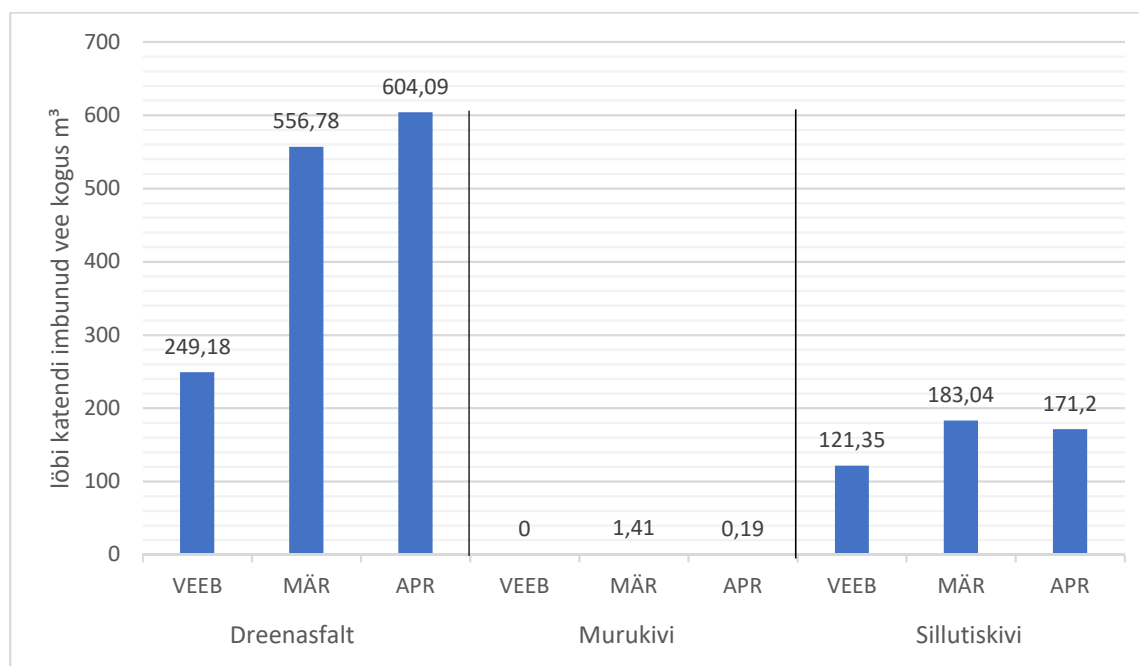
Andmete põhjal saab järeldada, et kõige sobilikum Eesti kliimasse kasutamiseks on dreenasfaltkate ja sillutiskivikate, kuhu on vahele lisatud graniidisõelmed. Dreenasfalt juhib teiste katendisüsteemidega võrreldes ära minimaalselt 45% suuremaid koguseid. Antud järeldust toetab fakt, et katsete planeerimisel välistati variant, et katseplats immutab ära ka pinnasevett, sest kõik alad olid muust pinnasest isoleeritud veetiheda lahendusega.

4.5.1 Õhutemperatuuri mõju testaladele

Tulemustest saab järeldada, et negatiivne õhutemperatuur ning katte külmumine omab mõningat mõju katetele. Veebruarikuu keskmine ööpäevane õhutemperatuur oli -6,25 °C, märtsis +0,23 °C ja aprillis +4,07 °C.

Aega, millal platsi konstruktsioon täielikult sulanud oli ja äravool toimima hakkas, on võimalik järeldada vooluhulga ning koguste põhjal (joonis 4.10). Kõige hiljem hakkas äravool toimuma murukivi katendis. Esimene päev kus arvestatav kogus vett ära voolas

oli 24. mail 2021, mil keskmiseks vooluhulgaks oli sel päeval 0,2 m³/s ja maksimaalseks vooluhulgaks 0,41 m³/s. Antud päeval jõudis katendist äravooludrenaaži 17,64 m³ sademeid ja järgneval päeval koguni 24,48 m³ sademeid. Peale seda perioodi vooluhulgad ühtlustusid ja katend hakkas regulaarselt treenima keskmiselt 0,035 m³/s. 24. maiks oli katendisüsteem täielikult ülesse sulanud ning selles pääses vesi liikuma.



Joonis 4.10. Testaladest ära voolanud vee kogus madala õhutemperatuuriga kuudel

Dreenasfaltkatendi puhul on keerulisem hinnata aega, millal konstruktsioon oli ülesse sulanud ning katend ka eelmise perioodi vee minema juhtis, kuid ära juhitud sademeeve koguste põhjal hindab autor, et see toimus juba 1.märtsil 2021. Sellel päeval sajuündmuseid ei toimunud, kuid ära juhitava vee koguseks oli 27,09 m³ sademevett ja koguni neljal järgneval päeval juhtis süsteem ära üle 30 m³ vett. Maksimaalne vooluhulk, mis märtsi alguses salvestati oli 0,38 m³/s ning keskmine vooluhulk 0,36 m³/s.

Sillutiskivi kattega plats hakkas sarnaselt dreenasfaldile toimima juba märtsis. Kuid igapäevased voolu kogused on üsna ühtlased ning seega pole toimimise täpset algust võimalik kuupäeva hinnata. Keskmine päevane äravoolukogus antud perioodil oli 5,9 m³ ja keskmine vooluhulk varieerus vahemikus 0,06 m³/s kuni 0,08 m³/s.

Tulemustest saab autor järeldada, et Eesti kliimas ei ole mõistlik kasutada lahendusi, kus sillutiskivi vahele on istutatud muru. Probleem tuleneb sellest, et muld hoiab endas liiga palju niiskust, mis külmade tulekuga jäätub ning selle tagajärjel ei lase pind enam üldse

vett läbi. Murukivikatend sulab ka kõige aeglasemalt ülesse ja seetõttu ei tööta lahendus isegi aprillis. Samuti on veekogused, mida antud lahendus vastu võtab, kolmest kattest väikseimad. Kindlasti omastab muru mingi osa sademetest, kuid mullaga täidetud vahed on sedavõrd tihedad, et ei lase kattel hingata. Selle tagajärjel külmub konstruktsioon sedavõrd läbi, et ülesse sulamiseks võrreldes teiste lahendustega kulub vähemalt kaks kuud kauem aega.

Dreenasfaltkate juhib vett läbi olenemata ilmast. Kattekonstruktsioon on poorne ning see võimaldab õhu tsirkulatsiooni tekke, mis võimaldab konstruktsioonil hingata ning selle tagajärjel ei külmu see läbi sellisel kujul nagu murukivikatend.

Sillutiskivist katend, mille vahed on täidetud graniitsõelmetega, ei sõltu eriti õhutemperatuuri mõjust sarnaselt drenasfaldile. Kuna kate on samuti hingav ning võimaldab kogu konstruktsioonil sademetevaesel ajal kuivada, siis ei külmu see läbi selliselt, et imbumine katkeks.

4.5.2 Testalade kasutusest tulenevad probleemid

Peale üheaastast kasutusperioodi on drenasfaldi puhul märgata juba esimesi kasutamise tulenevat kulumismärke. Nimelt hakkab drenasfalt murenema kohtadest, kus sõidua autod on parkas manööverdavad. Murenemine tekib kohas, kus seisval autol rattaid pööratud on (joonis 4.11). Sellised kohad vajavad igal aastal ülevaatamist ning vajadusel taastamist.

Murukivi- ning sillutiskiviplatsidel mingeid kasutusest tulenevaid visuaalseid kulumisi märgata pole. Tuleb arvestada sellega, et murukivi katend vajab aega ajalt niitmist, et umbrohi sillutiskivi vahedes kasvama ei hakkaks.



Joonis 4.11. dreenasfalt kate üks aasta peale kasutust

5. ETTEPANEKUD

Antud katsetuse andmeid tuleks võrrelda näiteks paari aasta pärast uuesti. Sellise perioodi vältel on võimalik hinnata, kas tavapärase parkla kasutus mõjub filtratsiooniomadustele. Hetkel on autor arvamusel, et drenasfaltkatendi filtratsioonivõime ajas väheneb, kuid murukivi- ning sillutiskivikatte puhul selles kindel pole. Autor omab arvamust, et ajaga võivad tõenäoliselt hakata drenasfaldi poorid ummistuma ja see omakorda piirab vee imbumist.

Lisaks valmib tulevikus vihmapeenar, mille andmeid sarnaselt salvestatakse. Seega saab sellise lahenduse toimivust praeguste platsidega võrrelda.

Eestis on kõige mõistlikum ehitada drenasfaldist katet, kuna see lahendus töötab teistest kordades vähemalt 2 korda paremini. Kindlasti tuleb drenasfaldi lahendusel kasutada ka mõnda teist integreeritud süsteemi, milleks on filterriba, viibetiik või lihtsalt sademevee juhtimine haljasalale. Põhjuseks on asjaolu, et kiireid ja intensiivseid sajusündmuseid katend liiga hästi vastu ei võta. Seda väljendasid katses ka augustikuu tulemused, mille jooksul, võrreldes teiste kuudega, sadas tunduvalt rohkem kui kate suutis drenida. Seega on hea lahendus, kui drenasfaltkatetele integreeritakse juurde mõni muu eelnimetatud lahendus. Sellise kombineeritud lahenduse juures on võimalik ekstreemsete paduvihmade puhul liigsed sademed mujale juhtida ning tulevikus kui drenasfalti immutusvõime peaks vähenema, ei omaks see süsteemile tervikult nii suurt mõju.

California katses tuli välja muster, et talvekuudel väljusid kattest suuremad veekogused, kui maha sadas. Antud konstruktsioon polnud muust pinnasest hüdroloogilises mõttes veetihedalt eraldatud ning seda selgitati kõrge pinnavee tasemega. Ka Viimsi parkla testalade puhul oli talvekuudel väljavool drenasfaldi ning sillutiskivi katte puhul suurem sademete hulgest, kuid testala oli muust pinnasest eraldatud ning seega välistab autor pinnasevee imbumise mõju. Talvekuude veekoguseid saab selgitada päevadega, kus õhutemperatuur on päevasel ajal plusspoolel ning tekib sulamine ja öisel ajal vastandina jäätumine. On näha, et sellist laadi drenimisega katetel probleeme ei esine.

Tulevikus võiks tänavaid rekonstrueerides ja looduslähedast sademevee süsteemi ehitades panustada rohkem drenasfaldi kasutamise poole. See lahendus töötab eelpool uuritustest paremini. Lisaks tuleb uurida erinevaid katteid ja konstruktsioone ka laboritingimustes, sarnaselt Inglismaal tehtud katsele. Sellisel juhul saaks paremini hinnata läbi katendi imbuva vee aega ning võrrelda kuiva ning niiske katendi töötamist. Hetkel tundub, et

Viimsis testitud dreenasfaltkatte puhul on probleemiks intensiivsed sademed, kuid mis seda põhjustab, nii hästi uuringust veel välja ei tule.

Ehitusliku poole pealt tuleb sillutiskivi puhul kindlasti vältida mustrit, mis tagab sademevee valgumise katte pinnal (joonis 2.6). Isegi juhul, kui avatud pinna osakaal on suurem, tagab ilma vahedeta laotud kivide muster vee valgumise mööda sillutiskive, mille tõttu on infiltratsioon üle 2,4 korra väiksem kui muster, mis takistab vee valgumist. Lisaks kinnitab California uuring, et vahedega sillutiskivide vahede täitmiseks pole liiva kasutamine mõistlik. Seegi lahendus vähendab infiltratsiooni ja võrreldes killustikuga on vee valgumine katte pinnal 8,6 korda väiksem ja paraneb infiltreerumine. Sarnaselt ka Eesti testalade puhul on võimalik järeldada, et sillutiskivide vahesid mulla ja muruga täita pole mõistlik. Kokkuvõttes suudab eelnimetatud lahendus 3,2 korda vähem vett dreenaži juhtida võrreldes killustikuga täidetud sillutiskivi katendist. Kõige suurem erinevus esineb just külmumisperioodil.

Külmaperiood mõjutas katetest kõige rohkem murukivi katet. Probleemiks oli katte läbikülmumine, muutes selle vett läbilaskmatuks kõva kattega pinnaks. Külmuks kadus ka õhu tsirkulatsiooni võimalus, mis kattel kuivada ei lasknud. Selle tõttu külmus kogu konstruktsioon järk-järgult täiesti läbi ning dreenimisomadused kadusid mitmeks kuuks. Kogu konstruktsiooni läbikülmumise tõttu võttis ka selle sulamine kauem aega. Kate hakkas nõutavalt tööle alles mai lõpuks. Seesuguseid probleeme kahe teise testala puhul ei esinenud, mispärast saab järeldada, et need on töökindlamad ja toimivad Eesti kliimas paremini.

KOKKUVÕTE

Ajaga aina kiiremini muutuv kliima on tekitanud probleemi, kus üha enam intensiivistuvate sademete hulgaga ei suuda hetkel ehitatavad sademevee äravoolu süsteemid enam sammu pidada. Lõputöös pakub autor välja alternatiivse ning täiendava lahenduse sademeveega tegelemiseks linnades ja asulates. Selleks on erinevad imblahendused ning imbkatted, mille eesmärk on vähendada sademevee vooluhulkasid, pikendades äravoolu aega sademevedrenaaži vähem koormates.

Lõputöös uuris autor Eestisse ehitatud looduslähedaseid sademevee süsteemidest loodud testalasid ning võrdles nende vahelisi erinevusi nii ehituslikus kui ka toimivuse mõttes. Lisaks võrdles autor Ameerika ning Inglismaa kogemust imkatendite ehitamises.

Analüüsid Eestis ehitatud looduslähedasi sademevee süsteeme jõudis autor järeldusele, et parim lahendus antud andmete alusel vee dreenimiseks läbi katte on dreenasfaltkatend. Selle süsteemi kasuks räägib mõõteperioodi vältel immutatud vee kogus. Dreenasfaltkate suutis sademeid dreenida koguni 2,2 korda paremini sillutiskivi kattest, mille vahed olid täidetud graniidisõelmetega ja võrreldes sillutiskivi kattega (vahed täidetud mullaga, kuhu on külvatud muru) suutis dreenasfaltkate immutada 7,3 korda rohkem sademeid.

Kliimast tingitud infiltreerumisomaduste muutust on märgata enim murukivikatte puhul. Külmaperioodil ei suuda antud süsteem üldse dreenida, samal ajal kui kahel teisel testalal erilist dreenivuse vähenemist märgata pole. Lisaks külmumisele mõjutab katte dreenivust ka põuane ja kuum aeg. Dreenasfaldi puhul oli probleemiks põuane aeg, mille jooksul sademeid nädala jooksul ei saja. Sellel perioodil kuivab konstruktsioon sedavõrd läbi, et suurema saju korral ei suuda teekate sademeid koheselt infiltreerida ning toimub ebasoovitav sademete valgumine katte pinnal. Sarnased tulemused esinevad ka Inglismaal tehtud uuringutes, mille põhjal saab järeldada, et ühe päeva kuivanud konstruktsiooni väljavoolu maht on 42% väikesem ja vee valgumine katte pinnalt suureneb.

Lisaks mõjutab imkatendite tööd ka vihmade intensiivsus. See tähendab, et looduslähedaselt lahendatud süsteemid oleks otstarbekas integreerida mõne muu looduslähedase lahendusega, mis vajadusel üleliigse sademevee vastu võtavad. Lisaks dreenasfaldile, murukivile ja sillutiskivile saab terviklikke vee immutamise süsteeme integreerida immutusplakkide-, viibetiigi-, roheala-, filterriba-, plastkärje, või mõne muu säärase lahendusega.

Positiivsed omadused, mis imbkatendite ehitusega kaasnevad on:

- Imbkatend töötab vett hoidva vahepuhvrina;
- Õige kattelahendusega ning korrektselt ehitatud imbkatend suudab drenida olenemata kliimast;
- Kaob vajadus sademevee kaevudele;
- Väheneb kokkuvoolu maht;
- Suureneb kokkuvoolu aeg;
- Väheneb ala üleujutuse risk;
- Immutatud vett saab vajadusel taaskasutada nt. kastmisveena.

Looduslähedased sademevee süsteemid on kindlasti jätkusuutlikumad ja loodussäästlikumad hetkel ehitatavatest lahendustest ning õigesti ehitatud ja korrektselt hooldatud süsteemid töötavad probleemideta.

SUMMARY

The climate is changing more and more rapidly over time and because of it it has created a problem where the increasing intensity of precipitation is currently unable to keep pace with the stormwater drainage system. In the dissertation, the author proposes an alternative solution for dealing with rainwater in cities and settlements. There are various leachate solutions and pervious pavements, which aim to reduce stormwater flow rates by extending drainage time with less strain on stormwater drainage.

In the dissertation, the author studied the near-natural test areas created from stormwater systems built in Estonia and compares the differences between them in terms of construction and performance. In addition, the author compares the experience of America and England in the construction of pervious pavements.

Analyzing the near-natural stormwater system built in Estonia, the author came to the conclusion that the best solution for draining water through the pavement is a porous asphalt. The amount of water infiltrated during the measurement period speaks in favor of this system. The drainage asphalt pavement was able to drain the precipitation as much as 2.2 times better than the concrete stone pavement, the gaps of which were filled with granite rubble and compared to the grass paver (gaps filled with grass), the porous asphalt was able to infiltrate 7.3 times more precipitation.

The change in infiltration properties due to climate is most noticeable in the case of grass paver. During the cold period, this system cannot drain at all, while the other two test areas show no significant decrease in drainage. In addition to freezing, dry and hot weather are also observed. In the case of porous asphalt, the problem was the dry season, in which there was no rainfall during the week. In this period, the structure dries out to such an extent that in case of heavy rain it is not capable to immediately infiltrate the rain through the road surface and undesirable run-off of precipitation takes place on the surface of the pavement. Similar results are found in studies in England, which show that the outflow of the dried structure in one day is 42% smaller and runoff on the pavement increases.

In addition, the intensity of rainfall also affects the work of the pervious pavements. This means that it is advisable to integrate near-natural systems with other near-natural solutions that accept excess rainwater. In addition to porous asphalt, concrete stone pavement and grass paver, water infiltration systems can be integrated with modular plastic geocellular systems, wetlands, green areas, filter strips, plastic cells, or the like.

The positive features of pervious pavements are:

- Pervious pavements act as a water buffer;
- With the right coating solution and a properly constructed pavement can drain regardless of the climate;
- No need for rainwater wells;
- Decreased flow volume;
- The flow time increases;
- Reduces the risk of flooding the area;
- Infiltrated water can be reused if necessary, e.g. as irrigation water.

Near-natural rainwater systems are certainly more sustainable and environmentally friendly than currently constructed solutions, also, properly built and maintained systems work without problems.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETEELU

- [1] "Eesti tuleviku kliimastenaariumid aastani 2100," Keskkonnaagentuur, 2014
- [2] "Eesti tuleviku kliimastenaariumid aastani 2100," esitlus Keskkonnaagentuur, 2016
<http://www.klab.ee/wp-content/uploads/sites/4/2015/09/2015-09-21-1-KAUR.pdf>
- [3] "Viimsi valla kliimamuutustega kohanemise arengukava 2021-2031," Viimsi, 2021 [Võrgumaterjal]. Available: https://www.viimsivald.ee/sites/default/files/inline-files/KLAK_0.pdf
- [4] "Manteeameti tegevuskava üleujutusosalade ja võimalike kliimamuutuste tuvastamiseks I osa," Maanteeamet, 2018 [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/i_osa_manteeameti_tegevuskava_uleujutusosalade_ja_voimalike_kliimamuutuste_tuvastamiseks.pdf
- [5] "Tallinna sademevee strateegia aastani 2030," 2012
- [6] Veeseadus, 6. peatükk, 2. jagu, §129, lõige 2 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/121092021006>
- [7] Veeseadus, 6. peatükk, 2. jagu, §129, lõige 1 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/121092021006>
- [8] Veeseadus, 6. peatükk, 2. jagu, §129, lõige 3 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/121092021006>
- [9] Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused, 2. peatükk, 1. jagu, §7 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/112112019006>
- [10] Urbanstorm, "Looduslähedased sademeveesüsteemid: Eesti kliimasse sobivad sademevee lahendused," 2020
- [11] LIFE UrbanStorm "Jätkusuutlike ja kliimamuutustele vastupidavate linnaliste sademeveesüsteemide arendamine omavalitsustes," 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://life.envir.ee/sites/default/files/timo/news_images/10042019_TanelMätlik_Viimsi_kliima.pdf
- [12] European Commission. Secretariat-General. COM/2019/640 Final—Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: "The European Green Deal," 2019 [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2019:640:FIN>
- [13] CIRIA C697 "The SuDS manual," 2007, lk 25
- [14] CIRIA C697 "The SuDS manual," 2007, lk 279

- [15] Raineo, "Stormbox immutusplakk" [Võrgumaterjal]. Available: <https://hals.ee/trading/wp-content/uploads/sites/1/2019/08/raineo-tehniline-kataloog.pdf>
- [16] CIRIA C697 "The SuDS manual, -Geocellular/modular systems," 2007, lk 303
- [17] CIRIA C697 "The SuDS manual, -Geocellular/modular systems," 2007, lk 310
- [18] Ecoraster, "Murukärg parkimisplatsi jaoks," [Võrgumaterjal]. Available: http://sangrit.ee/other_products/ecoraster/
- [19] Majed Alsubih, Scott Arthur, Grant Wright & Deonie Allen, "Experimental study on the hydrological performance of a permeable pavement," [Võrgumaterjal]. Available: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2016.1176221>
- [20] Pratt, C.J., Mantle, J.D.G. and Schofield, P.A., 1989. "Urban stormwater reduction and quality improvement through the use of permeable pavements," 2021, 776
- [21] Abbott, C. and Comino-Mateos, L., 2003. "In-situ hydraulic performance of a permeable pavement sustainable urban drainage system". *Water and Environment Journal*, 2017, 189
- [22] Kelly A. Collins, S.M.ASCE1; William F. Hunt, P.E., M.ASCE2; and Jon M "Hydrologic Comparison of Four Types of Permeable Pavement and Standard Asphalt in Eastern North Carolina," 2008, lk 1146
- [23] Urbanstorm Life, "UrbanStorm Life projekti tutvustus," [Võrgumaterjal]. Available: <https://life.envir.ee/urbanstorm-life>
- [24] Maanteeamet, "Maantee projekteerimismid," 2015 https://www.riigiteataja.ee/aktiivis/1070/8201/5014/MKM_m106_lisa.pdf
- [25] Projekt: Objekt nr 01- Parkla Randvere tee ääres: 20420000401_PP_AS-4-05_v03_loiked.pdf <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/2054532/documents?group=B>
- [26] Hydroseal OÜ, EPDM geomembrane, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hydroseal.ee/en/epdm-geomembrane/>
- [27] Projekt: Objekt nr 01- Parkla Randvere tee ääres: 20420000401_PP_AS-3-01_v02_seletuskiri.pdf, lk 14 <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/2054532/documents?group=B>
- [28] White, "Evaluating recycled waste plastic modification and extension of bituminous binder for asphalt", 2019.
- [29] Sweco Projekt, VK01 – Parkla Randvere tee ääres Drenaaž ja sademekanaliseerimine [Võrgumaterjal]. Available: https://urbanstorm.viimsivald.ee/wp-content/uploads/2020/05/20420000401_PP_VK-3-01_seletuskiri.pdf
- [30] EVS 848:2013.

LISAD

Lisa 1 Transpordiameti saadetud juhises "Plastjätmete kasutamine asfaldisegudes."

Lisa 2 Viimsi valla testalade mõõtetulemused.

Lisa 1. Transpordiameti saadetud juhises "Plastjätmete kasutamine asfaltsegudes"

Vastavalt „Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise“ (AKEJ) punktidele 2.6 võib taaskasutatavaid materjale asfaltsegudes kasutada eeldusel, et need on tellijaga kooskõlastatud ning on tõestatud kasutuskõlblikus asfaltsegudes. Viimase aasta jooksul on TRAM teinud paar katselõiku, kus on uuritud asfaltsegudes plastikjätmete kasutuselevõtu võimalusi. Konkreetselt on olnud selleks McReburi plastikjätmed ja Ida üksuse objektid. Hinnangu andmisel kaasati ka TalTechi teadlased ning tuginedes nende poolt läbiviidud katsetustele ja kokkuvõttele leiti, et teatud tingimustel võib McRebur lisandit TRAM objektidel kasutada.

Kasutamine on TRAM objektidel lubatud juhul, kui on täidetud kõik allpool toodud tingimused:

1. Kasutada võib ainult McRebur lisandit MR8;
2. MR8 lisandit võib kasutada ainult AC bin ja AC base asfaltsegudes;
3. Objekti liiklussagedus on kuni 6000 a/ööp;
4. Maksimaalne asendatav MR8 kogus on kuni 3 % asfaltsegus kasutatavast bituumensideaine massist;
5. MR8 ei halvenda AC omadusi;
6. Asfaltsegu retseptis tuleb MR8 lisandi kasutamine selgelt kirjeldada;
7. Tootja peab tagama, et asfaltsegu tootmisel MR8 lisand sulandub ja seguneb täielikult asfaltbetoonsegus bituumensideainega.

MR8 lisandi arvutusnäide sideaine asendamisel:

- AC 20 base retsepti järgne doseeritav bituumensideaine kogus on näiteks 4,0%.
- Asendades 3% bituumenist MR8 lisandiga, tuleb retsepti järgseks bituumensideaine doseeritavaks koguseks 3,88%.
- 0,12% sideainest läheb retseptile kirja MR8 lisandiga.

NB! MR8 lisandit kasutades ei saa muuta retseptijärgse lahustuva sideaine sisaldust.

Lisa 2. Viimsi valla testalade mõõtetulemused

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011

February, 2021



Day	Total [m ³]	Flow rate					Level	
		Time of min > 0 hh:mm	Min > 0 [m ³ /s]	Average [m ³ /s]	Time of max hh:mm	Max [m ³ /s]	Min > 0 [m]	Max [m]
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.	0.00	02:19	0.00	0.00	02:19	0.00	0.03	0.03
9.	0.04	11:46	0.33	0.00	11:00	0.37	0.03	0.03
10.	0.78	09:47	0.31	0.01	02:12	1.35	0.03	0.03
11.	7.76	03:35	0.07	0.09	11:14	4.17	0.03	0.03
12.	2.50	02:54	0.31	0.03	02:03	0.39	0.03	0.03
13.	0.43	09:52	0.32	0.00	05:14	0.39	0.03	0.03
14.	0.13	01:58	0.32	0.01	01:15	0.38	0.03	0.03
15.	8.66	07:33	0.31	0.29	06:03	0.39	0.03	0.03
16.	26.34	12:37	0.31	0.30	08:59	0.39	0.03	0.03
17.	27.29	11:55	0.31	0.32	12:54	0.39	0.03	0.03
18.	29.62	07:20	0.31	0.34	11:15	0.38	0.03	0.03
19.	28.27	01:52	0.31	0.33	10:48	0.39	0.03	0.03
20.	26.82	08:04	0.31	0.31	10:16	0.39	0.03	0.03
21.	11.68	10:42	0.05	0.14	01:38	0.39	0.03	0.03
22.	12.86	02:26	0.30	0.15	03:39	0.39	0.03	0.03
23.	16.21	12:03	0.31	0.19	01:11	0.39	0.03	0.04
24.	11.42	02:36	0.31	0.13	02:50	0.39	0.03	0.04
25.	0.08	05:39	0.08	0.00	04:17	0.14	0.03	0.03
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
27.	20.27	03:45	0.10	0.23	04:40	0.39	0.03	0.03
28.	18.02	01:55	0.31	0.21	11:08	0.39	0.03	0.03
29.								
30.								
31.								
Total	249.18							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011



March, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	27.06	05:17	0.31	0.31	07:21	0.39	0.03	0.03
2.	31.13	09:49	0.30	0.36	11:31	0.38	0.03	0.03
3.	30.79	02:42	0.31	0.36	02:50	0.39	0.03	0.03
4.	30.98	11:26	0.31	0.36	05:58	0.38	0.03	0.03
5.	30.72	03:20	0.31	0.36	12:02	0.37	0.03	0.03
6.	21.79	05:42	0.31	0.25	05:48	0.38	0.03	0.05
7.	24.48	11:16	0.31	0.28	10:32	0.38	0.03	0.04
8.	6.12	08:47	0.31	0.07	08:54	0.38	0.03	0.05
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.04	0.06
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.04	0.05
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.05	0.06
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.05	0.06
13.	7.19	06:32	0.31	0.08	07:30	0.39	0.03	0.06
14.	16.53	12:09	0.31	0.19	12:43	0.39	0.03	0.03
15.	13.43	04:03	0.31	0.16	05:54	0.39	0.03	0.03
16.	26.23	02:37	0.31	0.30	07:38	0.39	0.03	0.03
17.	28.39	06:57	0.31	0.33	02:10	0.39	0.03	0.03
18.	30.71	08:08	0.31	0.36	07:22	0.39	0.03	0.03
19.	16.26	08:15	0.31	0.19	01:46	0.38	0.03	0.05
20.	9.00	04:51	0.31	0.10	04:51	0.38	0.03	0.08
21.	28.38	04:18	0.31	0.33	06:35	0.39	0.03	0.03
22.	29.29	02:47	0.31	0.34	12:21	0.39	0.03	0.03
23.	29.88	01:19	0.31	0.35	12:42	0.39	0.03	0.03
24.	29.17	02:12	0.31	0.34	10:09	0.39	0.03	0.03
25.	27.62	03:21	0.30	0.32	04:36	0.39	0.03	0.03
26.	27.19	01:44	0.31	0.31	04:41	0.39	0.03	0.03
27.	16.39	06:29	0.30	0.19	10:07	0.39	0.03	0.03
28.	2.78	12:32	0.31	0.03	03:59	0.38	0.03	0.03
29.	3.31	11:02	0.31	0.04	04:11	0.39	0.03	0.03
30.	8.51	04:48	0.30	0.10	09:43	0.39	0.03	0.03
31.	3.45	04:03	0.31	0.04	12:06	0.39	0.03	0.03
Total	556.81							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011

April, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m³]	hh:mm	[m³/s]	[m³/s]	hh:mm	[m³/s]	[m]	[m]
1.	14.83	11:37	0.31	0.17	08:15	0.39	0.03	0.03
2.	28.39	02:15	0.31	0.33	11:51	0.39	0.03	0.03
3.	30.18	06:14	0.31	0.35	12:53	0.38	0.03	0.03
4.	31.21	05:36	0.31	0.36	04:35	0.38	0.03	0.03
5.	26.19	06:54	0.31	0.30	06:36	0.38	0.03	0.03
6.	28.34	08:58	0.31	0.33	07:44	0.39	0.03	0.03
7.	31.05	11:32	0.31	0.36	11:11	0.38	0.03	0.03
8.	30.16	07:44	0.31	0.35	06:39	0.39	0.03	0.03
9.	29.98	12:07	0.31	0.35	02:50	0.39	0.03	0.03
10.	31.23	06:50	0.31	0.36	06:39	0.39	0.03	0.03
11.	29.73	05:37	0.31	0.34	07:40	0.39	0.03	0.03
12.	30.90	03:10	0.31	0.36	03:29	0.39	0.03	0.03
13.	31.53	11:14	0.31	0.36	03:06	0.38	0.03	0.03
14.	30.39	09:50	0.30	0.35	10:25	0.38	0.03	0.03
15.	29.13	12:25	0.31	0.34	02:23	0.38	0.03	0.03
16.	22.90	04:56	0.31	0.27	02:09	0.39	0.03	0.03
17.	19.16	09:16	0.31	0.22	06:50	0.39	0.03	0.03
18.	11.86	09:48	0.31	0.14	05:46	0.39	0.03	0.03
19.	14.93	08:42	0.31	0.17	10:16	0.39	0.03	0.03
20.	13.94	09:12	0.31	0.16	06:06	0.39	0.03	0.03
21.	15.95	10:56	0.31	0.18	11:06	0.39	0.03	0.03
22.	16.99	06:28	0.31	0.20	09:48	0.39	0.03	0.03
23.	1.54	10:07	0.31	0.02	08:09	0.39	0.03	0.03
24.	5.33	01:59	0.31	0.06	04:27	0.39	0.03	0.03
25.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
28.	3.15	11:28	0.31	0.04	02:51	0.39	0.03	0.03
29.	19.89	12:12	0.30	0.23	11:30	0.39	0.03	0.03
30.	25.21	06:45	0.31	0.29	02:27	0.39	0.03	0.03
31.								
Total	604.09							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011

May, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	30.60	03:59	0.31	0.35	02:44	0.39	0.03	0.03
2.	29.34	05:46	0.31	0.34	12:46	0.39	0.03	0.03
3.	31.54	02:08	0.32	0.37	01:52	0.37	0.03	0.03
4.	30.56	09:33	0.31	0.35	09:51	0.38	0.03	0.03
5.	20.98	02:02	0.31	0.24	03:18	0.38	0.03	0.03
6.	4.35	10:35	0.11	0.05	10:06	0.38	0.03	0.05
7.	0.01	05:30	0.14	0.00	05:30	0.14	0.03	0.04
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
9.	7.15	04:21	0.31	0.08	09:32	0.39	0.03	0.03
10.	23.55	05:54	0.31	0.27	09:24	0.39	0.03	0.03
11.	30.83	07:43	0.31	0.36	07:23	0.38	0.03	0.03
12.	29.08	11:26	0.31	0.34	02:45	0.38	0.03	0.03
13.	28.59	10:42	0.31	0.33	01:05	0.38	0.03	0.03
14.	25.59	05:46	0.31	0.30	04:52	0.39	0.03	0.03
15.	20.23	12:03	0.31	0.23	03:42	0.38	0.03	0.03
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
17.	2.64	11:36	0.31	0.03	10:29	0.38	0.03	0.03
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
19.	0.04	06:23	0.14	0.00	06:46	0.16	0.03	0.04
20.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
21.	2.24	01:05	0.02	0.03	04:21	0.28	0.03	0.04
22.	1.91	03:11	0.06	0.02	03:39	0.29	0.03	0.04
23.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
25.	0.01	09:28	0.33	0.00	09:27	0.38	0.03	0.03
26.	2.27	02:39	0.12	0.02	03:19	0.29	0.03	0.04
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
28.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
29.	19.46	02:06	0.31	0.23	07:39	0.38	0.03	0.03
30.	26.61	06:44	0.31	0.31	12:17	0.39	0.03	0.03
31.	30.64	02:39	0.32	0.35	12:05	0.37	0.03	0.03
Total	398.22							



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	26.60	10:32	0.31	0.31	10:28	0.39	0.03	0.03
2.	30.37	04:38	0.32	0.35	12:00	0.37	0.03	0.03
3.	29.97	10:41	0.32	0.35	04:40	0.37	0.03	0.03
4.	28.19	02:06	0.30	0.33	12:01	0.37	0.03	0.03
5.	17.78	07:55	0.31	0.21	06:06	0.38	0.03	0.03
6.	21.29	08:01	0.31	0.25	05:58	0.39	0.03	0.03
7.	26.69	12:36	0.31	0.31	12:01	0.37	0.03	0.03
8.	29.52	01:38	0.30	0.34	12:24	0.37	0.03	0.03
9.	29.48	01:27	0.31	0.34	01:03	0.37	0.03	0.03
10.	29.29	01:57	0.30	0.34	02:40	0.37	0.03	0.03
11.	29.04	02:13	0.30	0.34	07:41	0.35	0.03	0.03
12.	28.98	03:53	0.31	0.34	12:32	0.37	0.03	0.03
13.	1.04	12:27	0.31	0.01	12:01	0.37	0.03	0.03
14.	2.31	05:28	0.31	0.03	10:39	0.39	0.03	0.03
15.	21.17	09:37	0.31	0.25	05:15	0.37	0.03	0.03
16.	29.81	02:20	0.31	0.34	12:03	0.37	0.03	0.03
17.	29.90	11:53	0.31	0.35	12:01	0.37	0.03	0.03
18.	29.75	01:41	0.31	0.34	12:00	0.37	0.03	0.03
19.	29.31	12:13	0.31	0.34	12:03	0.37	0.03	0.03
20.	29.25	12:23	0.31	0.34	07:45	0.36	0.03	0.03
21.	29.23	01:54	0.30	0.34	02:44	0.37	0.03	0.03
22.	29.22	01:31	0.30	0.34	11:49	0.37	0.03	0.03
23.	23.87	04:20	0.00	0.28	01:19	2.93	0.03	0.13
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
25.	2.22	01:42	0.16	0.03	01:21	0.20	0.03	0.03
26.	7.95	10:30	0.16	0.09	03:20	0.19	0.03	0.03
27.	14.61	08:55	0.16	0.17	12:07	0.19	0.03	0.03
28.	15.18	08:17	0.16	0.18	12:05	0.19	0.03	0.03
29.	15.12	10:33	0.16	0.18	07:15	0.19	0.03	0.03
30.	14.71	09:10	0.16	0.17	06:27	0.19	0.03	0.03
31.								
Total	651.85							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011
July, 2021



Day	Total [m ³]	Flow rate					Level	
		Time of min > 0 hh:mm	Min > 0 [m ³ /s]	Average [m ³ /s]	Time of max hh:mm	Max [m ³ /s]	Min > 0 [m]	Max [m]
1.	13.81	12:11	0.16	0.16	12:01	0.19	0.03	0.03
2.	14.98	02:20	0.16	0.17	12:05	0.19	0.03	0.03
3.	15.23	02:58	0.16	0.18	12:01	0.19	0.03	0.03
4.	15.09	02:38	0.16	0.17	06:14	0.19	0.03	0.03
5.	15.31	03:42	0.17	0.18	02:41	0.19	0.03	0.03
6.	14.38	09:28	0.00	0.17	10:26	0.34	0.03	0.05
7.	0.11	12:24	0.10	0.00	02:32	0.28	0.03	0.04
8.	3.71	11:10	0.02	0.04	11:41	0.89	0.03	0.06
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
10.	5.12	03:45	0.16	0.06	10:50	0.20	0.03	0.03
11.	11.68	04:23	0.16	0.14	12:54	0.19	0.03	0.03
12.	15.39	12:21	0.16	0.18	04:05	0.19	0.03	0.03
13.	15.39	11:45	0.16	0.18	11:19	0.19	0.03	0.03
14.	15.38	09:05	0.17	0.18	07:34	0.19	0.03	0.03
15.	15.32	08:58	0.15	0.18	12:58	0.19	0.03	0.03
16.	15.28	05:08	0.16	0.18	02:55	0.19	0.03	0.03
17.	15.33	01:36	0.16	0.18	01:01	0.19	0.03	0.03
18.	15.16	03:57	0.16	0.18	07:16	0.19	0.03	0.03
19.	15.10	07:42	0.16	0.17	07:19	0.19	0.03	0.03
20.	15.04	03:57	0.16	0.17	03:24	0.19	0.03	0.03
21.	14.94	10:22	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
22.	14.86	12:50	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
23.	14.71	02:46	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
24.	14.70	03:39	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
25.	14.73	09:55	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
26.	14.80	03:41	0.16	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
27.	14.67	03:38	0.16	0.17	12:01	0.18	0.03	0.03
28.	15.11	09:44	0.17	0.17	12:00	0.18	0.03	0.03
29.	15.41	09:21	0.17	0.18	08:28	0.19	0.03	0.03
30.	12.62	06:06	0.16	0.15	04:44	0.19	0.03	0.03
31.	0.06	02:44	0.12	0.00	02:47	0.15	0.03	0.04
Total	393.44							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011



August, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	1.10	04:48	0.14	0.01	02:58	7.78	0.03	0.04
2.	-0.01	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
3.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
4.	3.63	04:39	0.16	0.04	05:01	0.19	0.03	0.03
5.	11.28	04:29	0.16	0.13	04:53	0.20	0.03	0.03
6.	13.10	10:48	0.16	0.15	12:00	0.19	0.03	0.03
7.	5.36	09:29	0.16	0.06	12:00	0.19	0.03	0.04
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
11.	0.16	09:35	0.16	0.00	09:35	0.19	0.03	0.03
12.	0.19	03:30	0.16	0.00	02:14	0.19	0.03	0.03
13.	2.15	10:46	0.16	0.02	12:27	0.20	0.03	0.03
14.	2.09	02:51	0.16	0.02	02:26	0.20	0.03	0.03
15.	0.07	02:40	0.16	0.00	01:21	0.19	0.03	0.04
16.	2.66	08:33	0.04	0.03	08:57	0.56	0.03	0.05
17.	0.05	11:16	0.12	0.00	12:17	0.19	0.03	0.04
18.	-0.01	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
19.	0.09	04:05	0.12	0.00	06:30	0.19	0.03	0.04
20.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
21.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
22.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
23.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
24.	1.37	04:02	0.16	0.02	10:53	0.20	0.03	0.03
25.	0.94	08:55	0.01	0.01	05:35	0.23	0.03	0.04
26.	0.00	04:03	0.16	0.00	04:03	0.16	0.03	0.04
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
28.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
29.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
30.	0.05	01:30	0.16	0.00	01:18	0.19	0.03	0.03
31.	0.21	10:59	0.16	0.00	11:34	0.20	0.03	0.03
Total	44.45							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011
September, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	0.33	01:58	0.16	0.00	01:13	0.20	0.03	0.03
2.	1.70	11:29	0.16	0.02	10:08	0.20	0.03	0.03
3.	2.87	04:07	0.16	0.03	09:28	0.20	0.03	0.03
4.	7.27	10:22	0.16	0.08	09:30	0.20	0.03	0.03
5.	13.65	04:26	0.16	0.16	04:40	0.20	0.03	0.03
6.	11.27	01:15	0.16	0.13	09:24	0.20	0.03	0.03
7.	13.50	01:45	0.16	0.16	10:32	0.20	0.03	0.03
8.	8.95	11:35	0.16	0.10	01:14	0.20	0.03	0.03
9.	7.18	06:01	0.16	0.08	08:07	0.20	0.03	0.03
10.	4.02	12:43	0.16	0.05	12:03	0.19	0.03	0.03
11.	5.60	09:17	0.16	0.06	12:20	0.20	0.03	0.03
12.	2.42	12:38	0.04	0.03	10:14	0.28	0.03	0.04
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
14.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
15.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
18.	0.66	09:02	0.16	0.01	06:10	0.20	0.03	0.03
19.	1.73	10:27	0.16	0.02	09:49	0.20	0.03	0.03
20.	3.66	01:01	0.16	0.04	06:50	0.20	0.03	0.03
21.	16.21	10:18	0.17	0.19	12:00	0.19	0.03	0.03
22.	16.21	03:48	0.17	0.19	12:02	0.19	0.03	0.03
23.	13.53	01:05	0.16	0.16	09:22	0.20	0.03	0.03
24.	0.31	01:05	0.16	0.00	12:21	0.20	0.03	0.03
25.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
28.	1.76	12:08	0.16	0.02	09:19	0.21	0.03	0.03
29.	0.20	08:03	0.16	0.00	08:26	0.20	0.03	0.03
30.	0.14	02:19	0.17	0.00	09:46	0.20	0.03	0.03
31.								
Total	133.18							

Site: Dreenasfalt Station:
2103NLN0011
October, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	0.14	06:16	0.17	0.00	01:22	0.20	0.03	0.03
2.	6.46	07:48	0.16	0.07	08:02	0.20	0.03	0.03
3.	6.34	07:26	0.16	0.07	05:55	0.20	0.03	0.03
4.	11.10	10:23	0.16	0.13	05:19	0.20	0.03	0.03
5.	9.41	02:11	0.16	0.11	01:48	0.20	0.03	0.03
6.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
7.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
9.	0.03	04:31	0.17	0.00	02:43	0.19	0.03	0.03
10.	-0.01	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
14.	0.01	06:04	0.17	0.00	06:04	0.20	0.03	0.03
15.	0.37	05:20	0.14	0.00	05:47	0.24	0.03	0.04
16.	-0.03	01:09	0.98	0.00	01:08	1.01	0.03	0.04
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
19.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
20.	9.25	08:02	0.01	0.11	10:54	0.56	0.03	0.05
21.	4.06	08:19	0.02	0.05	07:39	0.68	0.03	0.06
22.	2.28	09:41	0.15	0.03	05:05	4.99	0.03	0.05
23.	-0.06	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
25.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
27.								
28.								
29.								
30.								
31.								
Total	49.35							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011

February, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.	0.00	02:19	0.00	0.00	02:19	0.00	0.01	0.01
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
14.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
15.	0.00	03:41	0.00	0.00	03:41	0.00	0.00	0.01
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
19.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
20.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
21.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
22.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
23.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
25.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
28.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
29.								
30.								
31.								
Total	0.00							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011
March, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
2.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.00	0.01
3.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
4.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
5.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
6.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
7.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.03
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.04
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
14.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
15.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
19.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
20.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
21.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
22.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
23.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
25.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
26.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
28.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
29.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
30.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.03
31.	1.41	07:40	0.04	0.02	10:58	10.42	0.02	0.06
Total	1.41							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011



April, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
2.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
3.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
4.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
5.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
6.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
7.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
14.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
15.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
19.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
20.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
21.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
22.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
23.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.01
24.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
25.	0.01	12:42	0.13	0.00	12:42	0.13	0.02	0.04
26.	0.18	01:31	0.14	0.00	04:27	2.34	0.04	0.05
27.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
28.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
29.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
30.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
31.								
Total	0.19							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011



May, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
2.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
3.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
4.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
5.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.02
6.	0.79	12:06	0.22	0.01	08:42	8.27	0.02	0.09
7.	0.01	06:57	0.07	0.00	01:18	0.08	0.04	0.07
8.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.04
9.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.03	0.03
10.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
11.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
12.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.01	0.03
13.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
14.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.02
15.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
16.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
17.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.03
18.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.02	0.04
19.	0.00	12:00	0.00	0.00	12:00	0.00	0.04	0.08
20.	0.00	12:13	0.05	0.00	12:13	0.05	0.03	0.04
21.	-0.02	09:53	0.05	0.00	04:18	3.67	0.04	0.10
22.	0.64	08:38	0.15	0.01	01:48	4.78	0.03	0.09
23.	-0.13	12:09	0.08	0.00	12:09	0.08	0.03	0.08
24.	17.64	10:19	0.31	0.20	10:09	0.41	0.03	0.04
25.	24.48	03:40	0.22	0.29	02:56	0.38	0.02	0.03
26.	8.99	12:43	0.22	0.11	10:09	0.42	0.02	0.09
27.	0.38	11:18	0.08	0.00	06:35	2.92	0.04	0.08
28.	2.62	11:14	0.03	0.03	05:19	4.24	0.01	0.05
29.	3.81	01:50	0.03	0.04	02:34	0.05	0.01	0.01
30.	3.48	02:14	0.03	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
31.	3.45	12:32	0.03	0.04	12:01	0.05	0.01	0.01
Total	66.15							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011



June, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	3.24	01:53	0.03	0.04	01:25	0.05	0.01	0.01
2.	3.17	04:29	0.03	0.04	01:39	0.05	0.01	0.01
3.	3.08	02:03	0.02	0.04	06:18	0.05	0.01	0.01
4.	3.03	02:04	0.02	0.04	05:49	0.05	0.01	0.01
5.	3.08	06:40	0.03	0.04	01:54	0.05	0.01	0.01
6.	3.05	07:08	0.03	0.04	12:39	0.04	0.01	0.01
7.	2.96	01:44	0.02	0.03	11:54	0.04	0.01	0.01
8.	2.88	04:35	0.02	0.03	09:48	0.04	0.01	0.01
9.	2.89	02:53	0.02	0.03	01:48	0.04	0.01	0.01
10.	2.86	05:05	0.02	0.03	12:03	0.04	0.01	0.01
11.	2.80	01:16	0.02	0.03	01:09	0.04	0.01	0.01
12.	2.99	02:19	0.02	0.03	05:18	0.04	0.01	0.01
13.	3.17	04:25	0.03	0.04	01:24	0.04	0.01	0.01
14.	3.12	07:14	0.03	0.04	12:32	0.05	0.01	0.01
15.	3.10	02:16	0.03	0.04	01:28	0.05	0.01	0.01
16.	3.10	04:24	0.02	0.04	12:06	0.05	0.01	0.01
17.	2.96	01:39	0.02	0.03	06:17	0.05	0.01	0.01
18.	2.91	05:28	0.01	0.03	11:50	0.04	0.01	0.01
19.	2.95	03:29	0.01	0.03	11:59	0.05	0.01	0.01
20.	2.89	02:21	0.02	0.03	12:37	0.05	0.01	0.01
21.	2.94	04:59	0.02	0.03	10:14	0.05	0.01	0.01
22.	3.10	03:10	0.02	0.04	04:18	0.05	0.01	0.01
23.	5.15	10:13	0.03	0.06	01:00	2.37	0.01	0.12
24.	3.52	12:02	0.03	0.04	02:26	0.05	0.01	0.01
25.	3.50	12:43	0.03	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
26.	3.11	05:29	0.03	0.04	12:00	0.04	0.01	0.01
27.	2.90	12:50	0.03	0.03	02:52	0.04	0.01	0.01
28.	2.68	12:01	0.03	0.03	02:54	0.04	0.01	0.01
29.	2.57	12:47	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
30.	2.49	02:47	0.02	0.03	02:09	0.03	0.01	0.01
31.								
Total	92.17							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011

July, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	2.78	05:34	0.01	0.03	01:36	0.04	0.01	0.01
2.	2.80	03:43	0.01	0.03	02:07	0.04	0.01	0.01
3.	2.76	12:28	0.01	0.03	12:11	0.04	0.01	0.01
4.	2.74	06:31	0.01	0.03	03:07	0.04	0.01	0.01
5.	2.75	03:56	0.01	0.03	03:12	0.04	0.01	0.01
6.	2.79	01:37	0.02	0.03	11:36	0.05	0.01	0.01
7.	3.29	02:40	0.03	0.04	12:18	0.04	0.01	0.01
8.	5.93	11:05	0.03	0.07	12:13	0.19	0.01	0.03
9.	3.78	09:54	0.03	0.04	12:37	0.07	0.01	0.02
10.	3.44	12:47	0.03	0.04	12:17	0.05	0.01	0.01
11.	3.30	02:27	0.03	0.04	03:48	0.04	0.01	0.01
12.	2.98	04:39	0.03	0.03	12:00	0.04	0.01	0.01
13.	2.81	12:41	0.03	0.03	07:24	0.04	0.01	0.01
14.	2.63	02:28	0.02	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
15.	2.59	04:59	0.02	0.03	11:56	0.04	0.01	0.01
16.	2.75	04:51	0.01	0.03	08:45	0.04	0.01	0.01
17.	2.86	03:10	0.02	0.03	02:42	0.04	0.01	0.01
18.	2.88	02:32	0.02	0.03	12:40	0.04	0.01	0.01
19.	2.77	08:20	0.02	0.03	12:06	0.04	0.01	0.01
20.	2.77	02:58	0.02	0.03	08:04	0.04	0.01	0.01
21.	2.79	08:13	0.02	0.03	12:52	0.04	0.01	0.01
22.	2.81	03:46	0.02	0.03	06:58	0.04	0.01	0.01
23.	2.84	04:03	0.01	0.03	12:34	0.04	0.01	0.01
24.	2.85	03:47	0.01	0.03	02:50	0.04	0.01	0.01
25.	2.86	03:57	0.01	0.03	02:37	0.04	0.01	0.01
26.	2.89	03:09	0.02	0.03	06:35	0.04	0.01	0.01
27.	2.95	06:57	0.01	0.03	12:15	0.04	0.01	0.01
28.	3.08	12:38	0.02	0.04	12:20	0.04	0.01	0.01
29.	3.03	02:36	0.01	0.04	12:01	0.04	0.01	0.01
30.	3.06	11:47	0.02	0.04	12:47	0.04	0.01	0.01
31.	2.85	02:27	0.02	0.03	01:24	0.04	0.01	0.01
Total	93.39							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011



August, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	3.71	12:00	0.03	0.04	01:48	0.11	0.01	0.02
2.	3.63	01:49	0.03	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
3.	3.31	01:08	0.03	0.04	12:14	0.05	0.01	0.01
4.	2.95	07:16	0.03	0.03	12:00	0.04	0.01	0.01
5.	2.68	03:26	0.02	0.03	02:51	0.04	0.01	0.01
6.	2.57	03:33	0.02	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
7.	3.08	08:42	0.02	0.04	05:10	0.05	0.01	0.01
8.	3.32	11:42	0.03	0.04	12:30	0.05	0.01	0.01
9.	4.18	12:00	0.03	0.05	04:18	0.07	0.01	0.02
10.	3.33	05:32	0.03	0.04	12:15	0.05	0.01	0.01
11.	3.02	01:59	0.03	0.03	01:14	0.04	0.01	0.01
12.	2.70	03:58	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
13.	2.62	03:42	0.02	0.03	01:28	0.04	0.01	0.01
14.	2.83	12:20	0.03	0.03	12:28	0.04	0.01	0.01
15.	3.13	02:27	0.03	0.04	11:09	0.05	0.01	0.01
16.	5.17	02:45	0.04	0.06	08:57	0.18	0.01	0.03
17.	5.79	03:59	0.04	0.07	12:02	0.12	0.01	0.02
18.	4.72	05:15	0.04	0.05	04:01	0.08	0.01	0.02
19.	4.78	06:30	0.04	0.06	10:46	0.07	0.01	0.02
20.	4.20	08:28	0.04	0.05	02:48	0.07	0.01	0.02
21.	3.46	02:05	0.03	0.04	12:35	0.05	0.01	0.01
22.	3.12	07:50	0.03	0.04	01:53	0.04	0.01	0.01
23.	2.83	11:36	0.03	0.03	03:02	0.04	0.01	0.01
24.	2.73	12:28	0.02	0.03	12:32	0.04	0.01	0.01
25.	5.92	12:00	0.03	0.07	01:12	0.12	0.01	0.02
26.	4.90	07:36	0.04	0.06	05:23	0.08	0.01	0.02
27.	4.02	02:10	0.04	0.05	12:00	0.06	0.01	0.02
28.	3.71	05:03	0.04	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
29.	3.24	03:53	0.03	0.04	12:00	0.04	0.01	0.01
30.	2.84	01:04	0.03	0.03	01:11	0.04	0.01	0.01
31.	2.66	04:38	0.03	0.03	12:54	0.04	0.01	0.01
Total	111.15							

Site: Murukivisillutis Station:
2103NLN0011
September, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	2.70	07:25	0.02	0.03	12:27	0.03	0.01	0.01
2.	2.69	09:24	0.02	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
3.	2.68	10:06	0.02	0.03	09:02	0.04	0.01	0.01
4.	2.80	06:30	0.02	0.03	10:06	0.04	0.01	0.01
5.	2.81	06:06	0.02	0.03	09:41	0.04	0.01	0.01
6.	2.92	04:19	0.03	0.03	01:35	0.04	0.01	0.01
7.	2.88	01:01	0.03	0.03	06:55	0.04	0.01	0.01
8.	2.90	01:36	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
9.	2.87	12:52	0.02	0.03	01:24	0.04	0.01	0.01
10.	2.81	11:11	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
11.	2.85	03:02	0.02	0.03	12:44	0.04	0.01	0.01
12.	3.58	09:44	0.03	0.04	11:27	0.06	0.01	0.02
13.	4.09	07:11	0.03	0.05	08:26	0.07	0.01	0.02
14.	3.56	11:42	0.03	0.04	01:53	0.05	0.01	0.01
15.	3.11	08:11	0.03	0.04	12:00	0.04	0.01	0.01
16.	2.87	10:42	0.03	0.03	02:04	0.04	0.01	0.01
17.	2.75	05:17	0.03	0.03	08:34	0.04	0.01	0.01
18.	2.72	12:30	0.03	0.03	12:11	0.04	0.01	0.01
19.	2.85	02:55	0.02	0.03	10:00	0.04	0.01	0.01
20.	2.85	09:26	0.01	0.03	07:36	0.04	0.01	0.01
21.	2.80	06:29	0.03	0.03	08:28	0.04	0.01	0.01
22.	2.72	11:07	0.03	0.03	07:59	0.04	0.01	0.01
23.	2.74	06:22	0.02	0.03	10:16	0.04	0.01	0.01
24.	3.31	01:41	0.03	0.04	08:23	0.05	0.01	0.01
25.	4.00	12:01	0.04	0.05	03:48	0.05	0.01	0.01
26.	3.57	11:36	0.03	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
27.	3.03	07:36	0.03	0.04	12:02	0.04	0.01	0.01
28.	2.85	12:23	0.03	0.03	11:31	0.04	0.01	0.01
29.	2.72	12:15	0.03	0.03	09:03	0.04	0.01	0.01
30.	2.89	01:16	0.03	0.03	01:50	0.04	0.01	0.01
31.								
Total	89.91							

Site: Murukivisillutis Station:
 2103NLN0011
 October, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	2.82	01:21	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
2.	2.79	11:37	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
3.	2.74	12:41	0.02	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
4.	2.75	12:55	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
5.	2.85	01:53	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
6.	2.87	12:07	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
7.	2.78	06:58	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
8.	2.66	04:45	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
9.	2.69	01:26	0.03	0.03	01:33	0.03	0.01	0.01
10.	2.84	12:30	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
11.	2.80	12:03	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
12.	2.50	08:51	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
13.	2.42	11:46	0.02	0.03	04:45	0.03	0.01	0.01
14.	2.50	03:46	0.02	0.03	05:10	0.03	0.01	0.01
15.	3.40	05:42	0.02	0.04	09:39	0.08	0.01	0.02
16.	4.08	02:56	0.04	0.05	12:00	0.07	0.01	0.02
17.	3.50	06:44	0.03	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
18.	3.13	08:18	0.03	0.04	03:46	0.04	0.01	0.01
19.	2.89	09:28	0.03	0.03	12:01	0.04	0.01	0.01
20.	6.69	01:31	0.03	0.08	10:43	0.19	0.01	0.03
21.	7.39	03:15	0.04	0.09	07:46	0.21	0.01	0.03
22.	6.57	05:57	0.04	0.08	04:36	0.17	0.01	0.03
23.	4.31	03:38	0.04	0.05	09:46	0.06	0.01	0.02
24.	3.81	09:08	0.03	0.04	02:18	0.05	0.01	0.01
25.	3.51	02:41	0.04	0.04	12:00	0.05	0.01	0.01
26.	0.00	12:00	0.04	0.04	12:00	0.04	0.01	0.01
27.								
28.								
29.								
30.								
31.								
Total	87.28							

Site: Sillutiskivi Station: 2103NLN0011

Measuring device: NF



February, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.	1.60	05:15	0.00	0.05	07:49	0.07	0.01	0.01
9.	3.89	01:42	0.03	0.05	12:23	0.06	0.01	0.01
10.	3.98	04:28	0.03	0.05	12:56	0.06	0.01	0.01
11.	4.16	05:29	0.03	0.05	06:32	0.07	0.01	0.02
12.	4.33	11:41	0.03	0.05	09:12	0.07	0.01	0.02
13.	4.48	09:58	0.04	0.05	09:08	0.07	0.01	0.02
14.	4.50	01:46	0.04	0.05	01:21	0.07	0.01	0.02
15.	4.40	10:44	0.04	0.05	05:07	0.07	0.01	0.02
16.	4.88	12:37	0.04	0.06	01:37	0.07	0.01	0.02
17.	4.87	08:42	0.04	0.06	11:43	0.08	0.01	0.02
18.	5.18	10:02	0.00	0.06	03:59	0.08	0.00	0.02
19.	5.32	09:57	0.04	0.06	08:20	0.08	0.01	0.02
20.	5.54	12:29	0.05	0.06	12:47	0.08	0.01	0.02
21.	5.19	04:00	0.04	0.06	03:50	0.08	0.01	0.02
22.	5.27	05:37	0.04	0.06	10:36	0.09	0.01	0.02
23.	6.21	02:20	0.05	0.07	01:22	0.09	0.01	0.02
24.	9.56	12:17	0.06	0.11	07:53	0.16	0.01	0.02
25.	12.04	11:35	0.12	0.14	10:26	0.16	0.02	0.02
26.	9.92	06:58	0.09	0.11	12:08	0.14	0.02	0.02
27.	8.11	09:13	0.08	0.09	01:52	0.10	0.02	0.02
28.	7.92	03:18	0.07	0.09	09:02	0.11	0.02	0.02
29.								
30.								
31.								
Total	121.35							

Site: Sillutuskivid Station:
2103NLN0011



March, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	7.05	11:01	0.06	0.08	02:52	0.11	0.01	0.02
2.	6.19	12:30	0.05	0.07	10:53	0.10	0.01	0.02
3.	5.63	08:16	0.04	0.07	06:30	0.09	0.01	0.02
4.	4.84	03:08	0.04	0.06	05:27	0.08	0.01	0.02
5.	6.08	12:32	0.00	0.07	05:07	0.29	0.01	0.04
6.	6.58	08:47	-0.16	0.08	02:56	0.31	0.01	0.04
7.	9.22	12:08	0.00	0.11	07:49	0.32	0.01	0.04
8.	0.61	11:48	0.00	0.01	03:45	0.31	0.03	0.04
9.	8.27	11:55	0.00	0.10	10:20	0.30	0.03	0.03
10.	6.26	06:50	0.00	0.07	09:30	0.30	0.03	0.03
11.	0.05	07:35	0.00	0.00	08:43	0.29	0.03	0.03
12.	0.09	09:48	0.00	0.00	04:13	0.28	0.03	0.03
13.	2.37	11:07	0.00	0.03	08:03	0.29	0.01	0.03
14.	3.75	02:01	0.02	0.04	10:39	0.09	0.01	0.02
15.	5.22	10:24	0.04	0.06	03:56	0.09	0.01	0.02
16.	4.97	11:10	0.04	0.06	05:36	0.08	0.01	0.02
17.	5.20	08:14	0.04	0.06	04:57	0.09	0.01	0.02
18.	6.05	11:43	0.04	0.07	10:26	0.24	0.01	0.03
19.	9.24	12:13	0.00	0.11	02:13	0.30	0.01	0.04
20.	3.84	11:58	0.00	0.04	12:50	0.29	0.02	0.05
21.	6.65	11:12	0.04	0.08	12:24	0.20	0.01	0.03
22.	7.06	11:46	0.00	0.08	09:22	0.30	0.01	0.03
23.	7.50	12:14	0.03	0.09	08:22	0.22	0.01	0.03
24.	5.84	09:45	0.04	0.07	11:39	0.10	0.01	0.02
25.	7.93	03:28	0.06	0.09	04:42	0.12	0.01	0.02
26.	9.12	06:48	0.08	0.11	12:07	0.12	0.02	0.02
27.	9.84	04:28	0.10	0.11	12:00	0.12	0.02	0.02
28.	8.35	08:25	0.05	0.10	12:00	0.12	0.01	0.02
29.	5.34	03:46	0.05	0.06	03:08	0.09	0.01	0.02
30.	5.77	01:42	0.05	0.07	10:59	0.10	0.01	0.02
31.	8.13	04:34	0.06	0.09	11:05	0.16	0.01	0.02
Total	183.03							

Site: Sillutuskivid Station:
2103NLN0011

April, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	6.27	12:55	0.05	0.07	04:12	0.10	0.01	0.02
2.	5.47	07:27	0.05	0.06	02:39	0.09	0.01	0.02
3.	5.60	03:13	0.05	0.06	02:00	0.10	0.01	0.02
4.	5.61	11:50	0.05	0.06	12:58	0.10	0.01	0.02
5.	5.96	07:20	0.05	0.07	07:18	0.11	0.01	0.02
6.	5.78	05:17	0.05	0.07	12:16	0.09	0.01	0.02
7.	5.61	09:25	0.05	0.06	03:12	0.09	0.01	0.02
8.	5.29	01:17	0.04	0.06	02:22	0.08	0.01	0.02
9.	5.19	12:22	0.04	0.06	03:59	0.09	0.01	0.02
10.	4.88	11:42	0.04	0.06	07:57	0.08	0.01	0.02
11.	5.28	02:24	0.04	0.06	01:32	0.09	0.01	0.02
12.	5.76	01:52	0.04	0.07	03:49	0.09	0.01	0.02
13.	5.11	02:40	0.04	0.06	09:49	0.09	0.01	0.02
14.	4.59	01:46	0.04	0.05	01:05	0.08	0.01	0.02
15.	4.51	05:08	0.03	0.05	04:06	0.08	0.01	0.02
16.	4.44	03:01	0.04	0.05	02:12	0.08	0.01	0.02
17.	4.54	04:13	0.04	0.05	02:06	0.08	0.01	0.02
18.	4.67	01:31	0.03	0.05	01:09	0.08	0.01	0.02
19.	4.80	05:13	0.04	0.06	01:19	0.09	0.01	0.02
20.	4.93	07:08	0.04	0.06	12:03	0.09	0.01	0.02
21.	5.20	07:44	0.04	0.06	11:27	0.09	0.01	0.02
22.	4.86	08:47	0.04	0.06	03:33	0.08	0.01	0.02
23.	4.73	10:31	0.03	0.05	12:20	0.08	0.01	0.02
24.	6.37	02:37	0.04	0.07	11:32	0.12	0.01	0.02
25.	9.04	06:56	0.07	0.10	08:42	0.15	0.02	0.02
26.	9.08	01:42	0.08	0.11	03:47	0.14	0.02	0.02
27.	8.16	11:57	0.07	0.09	03:19	0.13	0.01	0.02
28.	6.61	02:09	0.05	0.08	12:10	0.11	0.01	0.02
29.	6.50	01:33	0.05	0.08	04:24	0.11	0.01	0.02
30.	6.36	03:25	0.05	0.07	12:19	0.10	0.01	0.02
31.								
Total	171.17							



May, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	6.17	02:01	0.04	0.07	09:53	0.10	0.01	0.02
2.	6.11	12:17	0.05	0.07	01:24	0.10	0.01	0.02
3.	5.78	07:43	0.04	0.07	02:37	0.09	0.01	0.02
4.	5.12	12:43	0.03	0.06	02:39	0.09	0.01	0.02
5.	5.39	01:56	0.04	0.06	08:37	0.09	0.01	0.02
6.	12.06	12:11	0.00	0.14	10:22	2.72	0.01	0.03
7.	10.65	10:39	0.08	0.12	04:58	0.18	0.02	0.02
8.	7.76	11:26	0.06	0.09	04:04	0.12	0.01	0.02
9.	7.43	06:18	0.06	0.09	12:46	0.11	0.01	0.02
10.	7.99	12:18	0.06	0.09	09:48	0.11	0.01	0.02
11.	8.19	04:34	0.07	0.09	02:14	0.11	0.02	0.02
12.	8.41	03:39	0.08	0.10	12:35	0.11	0.02	0.02
13.	8.54	02:01	0.08	0.10	12:09	0.11	0.02	0.02
14.	8.26	01:57	0.08	0.10	08:09	0.11	0.02	0.02
15.	9.93	10:53	0.08	0.12	06:13	0.17	0.02	0.02
16.	10.42	03:26	0.11	0.12	12:08	0.14	0.02	0.02
17.	9.40	05:51	0.09	0.11	10:31	0.13	0.02	0.02
18.	9.56	04:56	0.08	0.11	10:53	0.14	0.02	0.02
19.	13.29	03:15	0.09	0.15	07:02	0.22	0.02	0.03
20.	10.55	11:16	0.10	0.12	11:59	0.16	0.02	0.02
21.	14.40	01:43	0.00	0.17	04:03	0.30	0.02	0.03
22.	12.89	03:20	0.00	0.15	04:14	0.40	0.02	0.03
23.	10.94	10:55	0.09	0.13	12:01	0.16	0.02	0.02
24.	9.32	12:39	0.08	0.11	12:20	0.12	0.02	0.02
25.	9.12	02:09	0.10	0.11	12:00	0.11	0.02	0.02
26.	13.52	02:54	0.00	0.16	03:50	0.45	0.02	0.03
27.	12.07	12:14	0.12	0.14	12:00	0.17	0.02	0.02
28.	10.72	03:34	0.11	0.12	12:00	0.14	0.02	0.02
29.	9.59	04:25	0.08	0.11	12:07	0.12	0.02	0.02
30.	8.78	01:07	0.06	0.10	12:13	0.12	0.01	0.02
31.	8.87	12:42	0.09	0.10	12:01	0.11	0.02	0.02
Total	291.22							

Site: Sillutuskivid Station:
2103NLN0011

June, 2021



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	9.21	04:03	0.08	0.11	04:06	0.12	0.02	0.02
2.	8.48	01:05	0.06	0.10	02:15	0.12	0.01	0.02
3.	8.33	04:47	0.08	0.10	12:00	0.11	0.02	0.02
4.	8.34	12:43	0.07	0.10	01:25	0.11	0.02	0.02
5.	8.26	02:11	0.08	0.10	12:00	0.11	0.02	0.02
6.	8.41	02:49	0.08	0.10	12:25	0.11	0.02	0.02
7.	8.30	12:18	0.08	0.10	01:46	0.11	0.02	0.02
8.	7.84	01:10	0.07	0.09	03:02	0.11	0.02	0.02
9.	7.66	12:49	0.07	0.09	12:00	0.10	0.02	0.02
10.	7.51	12:19	0.07	0.09	12:00	0.10	0.02	0.02
11.	7.08	03:06	0.07	0.08	12:30	0.10	0.01	0.02
12.	7.44	02:17	0.07	0.09	11:40	0.11	0.02	0.02
13.	10.04	12:26	0.10	0.12	08:09	0.13	0.02	0.02
14.	9.15	12:02	0.10	0.11	12:00	0.12	0.02	0.02
15.	8.74	01:21	0.09	0.10	12:00	0.11	0.02	0.02
16.	8.06	03:02	0.08	0.09	04:08	0.11	0.02	0.02
17.	7.84	05:35	0.07	0.09	12:00	0.10	0.02	0.02
18.	7.37	04:07	0.07	0.09	12:00	0.10	0.02	0.02
19.	7.03	05:07	0.07	0.08	01:43	0.10	0.02	0.02
20.	6.81	04:05	0.07	0.08	12:00	0.08	0.01	0.02
21.	6.72	02:36	0.06	0.08	12:00	0.08	0.01	0.02
22.	6.42	11:03	0.07	0.07	03:32	0.08	0.01	0.02
23.	14.21	12:30	-0.43	0.16	01:20	2.40	0.00	0.12
24.	8.19	02:29	0.08	0.09	12:00	0.12	0.02	0.02
25.	7.22	01:02	0.08	0.08	12:00	0.09	0.02	0.02
26.	6.66	02:03	0.07	0.08	01:58	0.09	0.02	0.02
27.	6.14	03:36	0.06	0.07	12:00	0.08	0.02	0.02
28.	5.44	12:38	0.05	0.06	12:00	0.07	0.01	0.02
29.	4.94	02:15	0.05	0.06	12:00	0.06	0.01	0.02
30.	4.80	12:58	0.05	0.06	12:37	0.06	0.01	0.02
31.								
Total	232.61							

July, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	4.63	01:09	0.04	0.05	03:40	0.06	0.01	0.02
2.	4.57	04:59	0.04	0.05	07:40	0.06	0.01	0.02
3.	4.46	05:35	0.04	0.05	12:00	0.05	0.01	0.01
4.	4.32	03:16	0.04	0.05	12:00	0.05	0.01	0.01
5.	4.06	05:06	0.04	0.05	06:56	0.05	0.01	0.01
6.	5.95	08:04	-0.14	0.07	08:04	0.26	0.01	0.05
7.	8.75	09:15	0.08	0.10	12:00	0.17	0.02	0.03
8.	13.10	06:55	0.00	0.15	11:40	1.32	0.02	0.05
9.	8.00	05:13	0.08	0.09	12:00	0.11	0.02	0.02
10.	6.96	10:24	0.07	0.08	12:00	0.09	0.02	0.02
11.	6.26	01:27	0.06	0.07	12:00	0.08	0.02	0.02
12.	5.76	12:31	0.06	0.07	12:00	0.07	0.02	0.02
13.	5.28	05:54	0.05	0.06	12:00	0.07	0.01	0.02
14.	5.07	01:46	0.05	0.06	12:42	0.06	0.01	0.02
15.	4.92	02:47	0.04	0.06	03:51	0.06	0.01	0.02
16.	4.76	04:08	0.05	0.06	06:49	0.06	0.01	0.02
17.	4.76	07:33	0.05	0.06	03:13	0.06	0.01	0.02
18.	4.62	11:42	0.05	0.05	06:41	0.06	0.01	0.02
19.	4.40	04:04	0.05	0.05	12:00	0.05	0.01	0.01
20.	4.03	02:00	0.04	0.05	12:09	0.05	0.01	0.01
21.	3.87	10:03	0.04	0.04	02:29	0.05	0.01	0.01
22.	2.81	02:02	0.01	0.03	12:00	0.05	0.01	0.01
23.	2.33	12:00	0.01	0.03	11:48	0.04	0.01	0.01
24.	2.96	01:34	0.03	0.03	12:00	0.04	0.01	0.01
25.	2.66	04:20	0.03	0.03	12:00	0.03	0.01	0.01
26.	1.58	02:01	0.01	0.02	12:11	0.03	0.01	0.01
27.	1.48	11:58	0.01	0.02	03:30	0.02	0.01	0.01
28.	1.82	12:04	0.02	0.02	12:02	0.02	0.01	0.01
29.	2.01	11:28	0.02	0.02	08:49	0.03	0.01	0.01
30.	2.41	07:15	0.02	0.03	11:06	0.05	0.01	0.01
31.	6.10	12:04	0.04	0.07	04:31	0.14	0.01	0.02
Total	144.68							



Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	9.09	07:39	0.00	0.11	02:45	0.27	0.02	0.03
2.	7.96	02:49	0.08	0.09	12:00	0.11	0.02	0.02
3.	7.17	07:00	0.07	0.08	12:02	0.09	0.02	0.02
4.	6.44	12:17	0.06	0.07	12:54	0.08	0.02	0.02
5.	5.73	04:41	0.05	0.07	04:13	0.08	0.01	0.02
6.	5.41	02:42	0.05	0.06	12:40	0.07	0.01	0.02
7.	7.87	04:41	0.06	0.09	03:13	0.14	0.02	0.02
8.	7.61	12:36	0.08	0.09	01:06	0.10	0.02	0.02
9.	9.41	12:00	0.08	0.11	03:24	0.16	0.02	0.03
10.	7.13	05:35	0.07	0.08	12:18	0.10	0.02	0.02
11.	6.62	11:13	0.07	0.08	12:00	0.08	0.02	0.02
12.	6.43	03:32	0.06	0.07	12:00	0.08	0.02	0.02
13.	5.61	06:31	0.05	0.06	12:00	0.07	0.01	0.02
14.	5.49	05:59	0.05	0.06	05:00	0.07	0.01	0.02
15.	8.26	12:00	0.06	0.10	06:17	0.14	0.02	0.02
16.	11.29	04:38	0.00	0.13	08:55	0.73	0.02	0.07
17.	11.03	03:15	0.09	0.13	12:00	0.21	0.02	0.03
18.	10.01	02:11	0.00	0.12	02:16	0.24	0.02	0.04
19.	10.37	04:27	0.10	0.12	09:57	0.16	0.02	0.03
20.	9.21	08:46	0.09	0.11	02:19	0.13	0.02	0.02
21.	7.48	10:22	0.08	0.09	05:48	0.10	0.02	0.02
22.	7.01	04:41	0.07	0.08	12:00	0.09	0.02	0.02
23.	6.27	04:34	0.06	0.07	12:00	0.08	0.02	0.02
24.	5.44	02:09	0.06	0.06	12:00	0.07	0.02	0.02
25.	11.78	12:00	0.06	0.14	12:39	0.23	0.02	0.03
26.	10.32	11:11	0.10	0.12	04:44	0.16	0.02	0.03
27.	8.34	02:08	0.09	0.10	12:04	0.12	0.02	0.02
28.	7.34	11:36	0.08	0.08	12:00	0.09	0.02	0.02
29.	6.60	11:29	0.07	0.08	12:00	0.08	0.02	0.02
30.	5.96	03:01	0.06	0.07	07:10	0.08	0.02	0.02
31.	5.63	04:19	0.06	0.07	12:00	0.07	0.02	0.02
Total	240.31							

September, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m ³]	hh:mm	[m ³ /s]	[m ³ /s]	hh:mm	[m ³ /s]	[m]	[m]
1.	5.36	04:53	0.05	0.06	10:21	0.07	0.01	0.02
2.	5.23	02:46	0.05	0.06	12:00	0.06	0.01	0.02
3.	4.90	07:48	0.04	0.06	12:08	0.06	0.01	0.02
4.	4.71	08:25	0.05	0.05	12:12	0.06	0.01	0.02
5.	4.33	11:12	0.03	0.05	12:00	0.05	0.01	0.01
6.	4.12	01:30	0.02	0.05	03:48	0.05	0.01	0.01
7.	3.89	11:45	0.03	0.04	01:16	0.05	0.01	0.01
8.	3.66	02:57	0.03	0.04	12:35	0.05	0.01	0.01
9.	3.84	03:39	0.02	0.04	09:28	0.05	0.01	0.01
10.	4.59	12:59	0.04	0.05	12:01	0.05	0.01	0.01
11.	4.57	10:52	0.05	0.05	12:00	0.05	0.01	0.01
12.	9.33	09:47	-0.21	0.11	09:47	0.28	0.01	0.06
13.	9.77	11:38	0.09	0.11	08:22	0.17	0.02	0.03
14.	7.55	09:31	0.08	0.09	12:00	0.10	0.02	0.02
15.	6.84	10:47	0.07	0.08	12:00	0.09	0.02	0.02
16.	6.26	10:04	0.07	0.07	12:01	0.08	0.02	0.02
17.	5.85	08:33	0.06	0.07	12:00	0.07	0.02	0.02
18.	5.42	09:19	0.06	0.06	06:15	0.07	0.02	0.02
19.	5.38	11:15	0.05	0.06	02:56	0.07	0.01	0.02
20.	5.19	09:53	0.05	0.06	07:29	0.07	0.01	0.02
21.	4.98	06:36	0.04	0.06	12:04	0.06	0.01	0.02
22.	4.62	10:31	0.04	0.05	12:08	0.06	0.01	0.02
23.	4.57	08:17	0.03	0.05	11:47	0.07	0.01	0.02
24.	8.21	04:47	0.06	0.10	09:43	0.13	0.02	0.02
25.	9.36	07:39	0.09	0.11	06:31	0.13	0.02	0.02
26.	7.28	11:10	0.07	0.08	12:00	0.10	0.02	0.02
27.	6.55	06:58	0.00	0.08	02:23	0.08	0.02	0.02
28.	6.10	12:39	0.06	0.07	12:26	0.08	0.02	0.02
29.	5.61	12:28	0.06	0.06	12:01	0.07	0.02	0.02
30.	5.33	09:00	0.05	0.06	01:29	0.07	0.01	0.02
31.								
Total	173.38							

Site: Sillutuskivid Station:
2103NLN0011



October, 2021

Day	Total	Flow rate					Level	
		Time of min > 0	Min > 0	Average	Time of max	Max	Min > 0	Max
	[m³]	hh:mm	[m³/s]	[m³/s]	hh:mm	[m³/s]	[m]	[m]
1.	5.33	09:52	0.06	0.06	12:00	0.06	0.02	0.02
2.	5.18	02:24	0.05	0.06	12:00	0.06	0.01	0.02
3.	5.09	12:02	0.05	0.06	08:24	0.06	0.01	0.02
4.	5.21	01:25	0.05	0.06	12:00	0.06	0.01	0.02
5.	5.56	06:48	0.05	0.06	02:00	0.07	0.01	0.02
6.	6.56	12:00	0.06	0.08	06:53	0.08	0.02	0.02
7.	6.20	11:54	0.06	0.07	12:01	0.08	0.02	0.02
8.	5.33	03:49	0.05	0.06	01:15	0.07	0.01	0.02
9.	5.46	12:00	0.06	0.06	06:55	0.07	0.02	0.02
10.	7.43	12:01	0.06	0.09	02:04	0.09	0.02	0.02
11.	6.88	09:40	0.07	0.08	01:57	0.09	0.02	0.02
12.	6.02	06:27	0.06	0.07	12:16	0.08	0.02	0.02
13.	5.63	02:30	0.06	0.07	12:15	0.07	0.02	0.02
14.	5.28	03:12	0.05	0.06	01:01	0.06	0.02	0.02
15.	8.09	06:47	-0.80	0.09	04:51	0.33	0.02	0.08
16.	10.09	09:20	0.10	0.12	12:02	0.15	0.02	0.02
17.	7.80	07:43	0.08	0.09	12:14	0.11	0.02	0.02
18.	7.00	10:27	0.07	0.08	07:47	0.09	0.02	0.02
19.	6.78	07:15	0.07	0.08	04:50	0.09	0.02	0.02
20.	15.84	06:53	0.00	0.18	06:07	0.93	0.02	0.05
21.	13.55	02:52	0.00	0.16	07:37	0.84	0.02	0.05
22.	12.57	04:07	0.00	0.15	04:47	0.49	0.02	0.04
23.	10.73	12:48	0.10	0.12	01:32	0.17	0.02	0.03
24.	8.26	08:34	0.08	0.10	01:10	0.11	0.02	0.02
25.	7.66	11:52	0.08	0.09	06:40	0.10	0.02	0.02
26.	0.00	12:00	0.08	0.08	12:00	0.08	0.02	0.02
27.								
28.								
29.								
30.								
31.								
Total	189.55							