

**Liiklussõlmede sademevete kogumise ja
osalise puhastamise uuring**

Uuringuaruanne kahes köites

Köide II

Kobras AS töö nr 2013-12

2013



MAANTEEAMET

Tallinn 2013

Üldinfo

- TÖÖ NIMETUS:** Liiklussõlmede sademevee kogumise ja osalise puhastamise uuring
- TÖÖ EESMÄRK:** Koostada uuring liiklussõlmede sademevee kogumise ja osalise puhastamise kohta
- TÖÖ TELLIJA:** **Maanteeamet**
Registrikood 70001490
Pärnu mnt 463a, Tallinn
10916 Harju maakond
- TÖÖ TÄITJAD:** **Maves AS**
registrikood 10097377
Marja 4D, Tallinn
10617 Harju maakond
Tel 656 7300
<http://www.maves.ee/>
- Kobras AS**
registrikood 10171636
Riia 35, 50410 Tartu
Tel 730 0310, faks 730 0315
<http://www.kobras.ee>
- PROJEKTIJUHI** **Indrek Tamm – Maves AS**
Tel +372 656 5428, +372 508 3764
indrek@maves.ee
- Erki Kõnd – Kobras AS**
Tel +372 730 0310, +372 5650 8163
erki@kobras.ee
- KOOSTAJAD:** **Maves AS:**
Madis Metsur – geoloog
madis@maves.ee
Indrek Tamm – geoloog
Tel +372 508 3764
indrek@maves.ee
- Kobras AS:**
Erki Kõnd – projekteerija, projektijuht
Tel +372 5650 8163
erki@kobras.ee
Heleen Vene – projekteerija
Tel +372 5354 2198
heleen@kobras.ee
- KONSULTANDID:** **Urmas Uri - geoloog, keskkonnaekspert (KMH0046)**
Rein Kaseleht - projekteerija
Kadi Kukk - projektijuht, keskkonnaekspert (KMH00126)
Teele Nigola – maastikuarhitekt-planeerija
Oleg Sosnovski – projektijuht, projekteerija
- KONTROLLIJAD:** **Katrin Helm – projekteerija**
Ene Kõnd - tehniline kontrollija

Kobras AS litsentsid / tegevusload:

1. Keskkonnamõju hindamise tegevuslitsentsid:
 - KMH0046 Urmas Uri;
 - KMH0047 Anne Rooma;
 - KMH0126 Kadi Kukk.
2. Hüdrogeoloogiliste tööde litsents nr 329.
3. Geodeetilised ja kartograafilised tööd. Tegevuslitsents 762 MA.
4. Maakorraldustööd. Tegevuslitsents 15 MA-k.
5. Ettevõtte Majandustegevuse Registri (MTR) registreeringud:
 - Ehitusjuhtimine EEJ002734;
 - Ehitusgeodeetilised ja -geoloogilised uuringud EG10171636-0001;
 - Ehitusprojektide ja ehitiste ekspertiiside tegemine EK10171636-0001;
 - Omanikujärelevalve EO10171636-0001;
 - Projekteerimine EP10171636-0001;
 - Kaevandamise või kaeveõõne teisese kasutamise projekteerimine KP00002;
 - Kaevandamine KKA000152;
 - Kaeveõõne teisene kasutamine KKT000005.
6. Ettevõtte registreeringud Maaparandusalal tegutsevate ettevõtjate registris (MATER):
 - Maaparandussüsteemi omanikujärelevalve MO0010-00;
 - Maaparandussüsteemi projekteerimine MP0010-00;
 - Maaparanduse uurimistöö MU0010-00.
7. Muinsuskaitseameti tegevusluba E 377/2008. Vastutav spetsialist Teele Nigola (VS 606/2012, tähtajatu). Ehitismälestiste, ajaloomälestiste, tööstusmälestiste ja UNESCO maailmapärandi nimekirja objektidel konserveerimise ja restaureerimise projektide ning muinsuskaitse eritingimuste koostamine, uuringud ja muinsuskaitsealine järelevalve (sh muinsuskaitsealadel) maastikuarhitektuuri valdkonnas.
8. Veeuuringut teostava proovivõtja atesteerimistunnistus (reoveesetest, pinnaveest, põhjaveest, heit- ja reoveest proovivõtmine) Noela Kulm - Nr 800/10.

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	7
1 METOODIKA	8
1.1 PROOVIDE VÕTMINE	8
1.2 KASUTATUD MATERJALID	8
1.3 KOOSTÖÖ ERIALA SPETSIALISTIDEGA	9
2 LIIKLUSSÕLMEDE SADEMEVEE PUHASTAMISE VAJADUS	10
2.1 REOSTUSALLIKAD JA KONTSENTRATSIOONID	10
2.1.1 ERINEVAD REOSTUSALLIKAD	10
2.1.2 SADEMEVEE KOOSTISOSAD	11
2.1.3 SAASTEAINETE KONTSENTRATSIOONID	12
2.2 SADEMEVEE PUHASTAMISE VAJADUS VASTAVALT LIIKLUSTIHEDUSELE	15
3 SEADUSANDLUS	16
3.1 KEHTIVAD ÕIGUSAKTID	16
3.2 KEHTIVAD STANDARDID	17
3.3 MUUD DOKUMENDID	18
3.4 EUROOPA LIIDU DIREKTIIVID JA MUUD DOKUMENDID	18
4 MUJAL MAAILMAS KASUTATAVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE MEETODID	20
4.1 SADEMEVEE KOGUMISE, PUHASTAMISE NING ÄRAJUHTIMISE TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED MUJAL MAAILMAS	20
4.1.1 TIIGID	20
4.1.2 TEHISMÄRGALAD	23
4.1.2.1 PINDMISE VOOLUGA SÜSTEEMID	24
TEHISLIK MÄRGALA SERPENTIINKRAAVIGA	25
4.1.2.2 PINNAALUSE VOOLUGA SÜSTEEMID – HORISONTAALSE LÄBIVOOLUGA PINNASFILTRID	26
4.1.2.3 PINNAALUSE VOOLUGA SÜSTEEMID – VERTIKAALSE LÄBIVOOLUGA PINNASFILTRID	28
4.1.3 FILTERSÜSTEEMID	29
4.1.3.1 LIIVA-JA ÕLIPÜÜDURID	29
4.1.3.2 LIIVAFILTRID	30
4.1.3.3 BIOPUHVRIID	32
4.1.4 IMBSÜSTEEMID	33
4.1.4.1 IMBKRAAVID	33
4.1.4.2 IMMUTUSBASSEIN	35
4.1.5 AVATUD SADEMEVEEKANALID	37
4.1.5.1 HALJASKANALID	37
4.1.5.2 KUIVAD KRAAVID	39
4.1.5.3 PÜSIVA VEETASEMEGA KRAAVID	39

4.1.6	PUHVERRIBAD	40
4.2	ERINEVATES REGIOONIDES ENIM KASUTATAVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE LAHENDUSED	41
4.2.1	KOKKUVÕTE	43
5	EESTIS KASUTUSEL OLEVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE MEETODID.....	44
6	EHITATUD JA EHITAMISEL OLEVATE LIIKLUSSÕLMEDE SADEMEVEE KOGUMISE JA PUHASTAMISE LAHENDUSED	48
6.1	KUKRUSE-JÕHVI TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEMID	48
6.1.1	ÜLEVAATUS	48
6.1.2	KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA ...	51
6.2	LOO-MAARDU TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEMID	55
6.2.1	ÜLEVAATUS	56
6.2.2	KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA ...	59
6.3	VAIDA-ARUVALLA TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEM.....	61
6.3.1	ÜLEVAATUS	61
6.3.2	KOKKUVÕTE	62
6.4	LUIGE ERITASANDILISE RISTMIKU SADEMEVEELAHENDUS	62
6.4.1	ÜLEVAATUS	62
6.4.2	KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA ...	66
7	ERINEVAD LAHENDUSVARIANDID JA NENDE SOBIVUS	69
7.1	SETTEBASSEINIDE VAJADUS JA NENDE DIMENSIONEERIMINE	71
7.1.1	SETTEBASSEINI VAJADUS	71
7.1.2	SETTEBASSEINI DIMENSIONEERIMINE	72
7.1.2.1	ARVUTUSKÄIK	72
7.1.2.2	SETTE LIIKUMINE.....	76
7.1.2.3	KESKMINE VOOLUKIIRUS SETTEBASSEINIS.....	80
7.1.3	SETTEBASSEINIDE ERINEVAD LAHENDUSVARIANDID	81
7.1.3.1	ERINEVA KUJUGA SETTEBASSEINID	81
7.1.3.2	ERINEVA KONSTRUKTSIOONIGA SETTEBASSEINID	82
7.1.4	SETTEBASSEINI HOOLDUS	83
7.1.5	SOOVITUSED SETTEBASSEINIDE PROJEKTEERIMISEKS	83
7.1.6	ETTEPANEKUD KONSTRUKTSIOONILISELE LAHENDUSELE	84
7.1.7	KOKKUVÕTE	88
7.2	PUHVERDUSKRAAVID JA ÕLIPÜÜDUR	89
7.3	KOKKUVÕTE.....	89
8	SADEMEVEE PUHASTUSSÜSTEEMIDE MAJANDUSLIK ANALÜÜS.....	91
9	ETTEPANEKUD JA SOOVITUSED	95
9.1	ETTEPANEKUD LÄHTEÜLESANDE TÄPSUSTAMISEKS.....	95
9.2	ETTEPANEKUD VAJALIKE UURINGUTE KOHTA.....	95
9.2.1	HÜDROLOOGILISED UURINGUD.....	96

9.2.2	GEOLOOGILINE UURING	96
9.2.3	HÜDROGEOLOOGILINE UURING	97
9.3	ETTEPANEKUD REOSTUSKOORMUSE VÄHENDAMISEKS E HITUSTÖÖDE AJAKS.....	97
9.4	SOOVITUSED LOODUSKAITSE SEISUKOHALT TÄHTSATE LIIKLUSSÕLMEDE	98
	REOSTUSKOORMUSE VÄHENDAMISEKS TULEVIKUS	98
9.4.1	TEEDE TIHEDAM HOOLDUS/PUHASTAMINE	98
9.4.2	TALVINE TEED E SOOLATAMINE	99
9.4.3	PUHVERRIBA KASUTAMINE	100
10	KOKKUVÖTE	102
11	KASUTATUD KIRJANDUS	104

SISSEJUHATUS

Käesolev uuring on koostatud Maanteeameti poolt tellitud (riigihange nr 131668) töö raames. Uuringu eesmärgiks on parendada liiklussõlmede sademeveelahenduste kavandamist ja elluviimist Maanteeameti poolt tellitavates projektides, arvestades seejuures oluliste keskkonnaaspektidega ning tellija, projekteerija ja ehitaja võimalustega.

Maanteeameti poolt tellitud töö sisaldab nii Kobras AS poolt koostatud uuringut (aruande köide I) kui ka Maves AS poolt koostatud sademevee koostise uuringut (aruande köide II). Käesolev Kobras AS poolt koostatud uuring kirjeldab olemasolevaid sademevee kogumise ja puhastamise lahendusi nii Eestis kui ka mujal maailmas ning annab üldise ülevaate parimatest lahendusest.

1 METOODIKA

Käesoleva uuringu koostamisel on kaasatud mitmeid oma eriala spetsialiste Eestist. Antud teema on Eestis uudne, mistõttu on uuringus kasutatud ka väga palju välismaist kirjandust.

1.1 PROOVIDE VÕTMINE

Maanteeameti poolt tellitud töö koostamiseks teostati proovivõtmised olemasolevatest sademevee puhastussüsteemidest. 2012. aasta septembris võeti viis setteproovi ja kaheksa veeproovi ning 2013. aasta aprillis neli setteproovi ja kümme veeproovi olemasolevatest maanteede sademevee puhastussüsteemidest.

Kõik võetud sette- ja veeproovid analüüsiti Saksamaal Hamburgis GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH laboris. Sette- ja veeproovide võtmine teostati keskkonnaministri määruse nr 30 „**Proovivõtumeetodid**“ nõudeid järgides. Sademevee- ja setteproovid võeti Maves AS töötajate Mati Salu ja Eik Eller¹ ning GBA Gesellschaft für Bioanalytik Hamburg mbH labori kutselise proovivõtja Valdur Utt poolt.

Esimese proovivõtmise ajal kehtisid Eesti Vabariigis nõuded vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele nr 269 (vastu võetud 31.07.2001, jõustunud 01.01.2002) „**Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord**“. Alates 1. jaanuarist 2013 hakkas kehtima aga uus märksa rangemate nõuetega Vabariigi Valitsuse määrus nr 99 „**Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed**“.

Täpsem kirjeldus ja analüüs proovivõtmiste kohta on toodud Maves AS poolt koostatud uuringu aruandes.

Vastavalt proovivõtmistel saadud tulemustele analüüsiti olemasolevaid sademeveepuhastussüsteeme, kirjeldati nende töötamist, positiivseid ja negatiivseid aspekte ning seejärel anti soovitusi nende paremaks toimimiseks.

1.2 KASUTATUD MATERJALID

Eestis pole maanteedelt kogutava sademevee kogumise ja puhastamise võimalusi eriti palju uuritud, mistõttu on käesolevas uuringus kasutatud väga palju välismaist kirjandust, et saada vajalikku teavet, informatsiooni mujal maailmas kasutatavatest meetoditest sademevee kogumise ja puhastamise lahendustest. Välismaisest kirjandusest on uuringus kasutatud erinevaid uurimistöid, standardeid, seadusi ja muid kättesaadavaid dokumente. Eesti kirjandusest on kasutatud kehtivaid normdokumente,

¹ Veeuuringut teostava proovivõtja atesteerimistunnistused 950/11 ja 951/11

standardeid ja määrusi. On kasutatud ka väheseid eestikeelsed sademevee puhastamise ja kogumise teemalised väljaanded.

1.3 KOOSTÖÖ ERIALA SPETSIALISTIDEGA

Uuringu koostamisel on teedeinsenere puudutava osa tõttu töösse kaasatud ka teedehituse insenerid.

Lahenduste arutamiseks kohtuti järgmiste asutuste ja nende esindajatega:

Nimi	Asutus	Amet	Kuupäev
Vello Sova	Tinter-Projekt OÜ	juhataja	10.05.2013
Lilian Erm	Nordecon AS	projekteerija	28.06.2013
Kersti Ritsberg	Ramboll Eesti AS	konsultant	28.06.2013
Inna Romandi	Ramboll Eesti AS	vanemprojekteerija	28.06.2013
Ats Pildre	Teede Tehnokeskus AS	projekteerija	09.05.2013
Andrei Kletsun	Teede Tehnokeskus AS	projekteerija	09.05.2013
Valdeko Laats	Teede Tehnokeskus AS	projektijuht	09.05.2013
Jüri Kivi	Teede Tehnokeskus AS	järelevalve peaspetsialist	09.05.2013

Samuti kohtuti 09.05.2013. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis ehitusteaduskonna teaduriga ning 30.05.2013. aastal Eesti Maaülikooli veemajanduse osakonna ja keskkonnakaitse teaduritega, kes samuti edastasid oma arvamused ning visioonid uuringu eesmärgi paremaks saavutamiseks.

Uuringu koostamisel konsulteeriti järgmiste erialaspetsialistidega:

Nimi	Asutus	Amet	Kuupäev
Toomas Timmusk	Eesti Maaülikool	Veemajanduse osakonna juhataja	30.05.2013
Valdo Kuusemets	Eesti Maaülikool	Keskkonnakaitse osakonna juhataja	30.05.2013
Mait Kriipsalu	Eesti Maaülikool	professor (jäätmekäitlus, veekaitse, reoveekäitlus)	30.05.2013
Toomas Tamm	Eesti Maaülikool	Metsandus- ja maaehitusinstituudi direktor, teadur (kuivendus)	30.05.2013
Mihkel Gross	Eesti Maaülikool	teadur (hüdraulika)	30.05.2013
Raido Puust	Tallinna Tehnikaülikool	vanemteadur (Mehaanikainstituut, hüdro- ja aeromehaanika õppetool)	09.05.2013

Käesolev aruanne on koostatud Kobras AS spetsialistide Erki Kõnd ja Heleen Vene poolt.

2 LIIKLUSSÕLMEDE SADEMEVEE PUHASTAMISE VAJADUS

Seoses Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) veekogude hea seisundi nõudega suureneb tähelepanu sademevee puhastamise osas. [1]

Suurim probleem sademevee puhastamisel tuleneb puhastamist vajava vee koguse suurest muutlikkusest, mistõttu oleks mõistlik rajada suure veevastuvõtu- ja puhastusvõimega süsteeme, et teedelt lisanduv koormus ei halvendaks eesvooludeks olevate veekogude seisundit.

Sademevee heljumist puhastamiseks on vaja rajada ühe osana ka puhastussüsteemid, mis aitavad kaasa heljumi püüdmisel (nt settebasseinid). Settebasseinide täpseks dimensioneerimiseks on vajalik teada puhastatava sademevee vooluhulka ja selles esineva heljumi koostist. Sademevee kogus sõltub valgala suurusest.

Tabel 1. Metallühendite sisaldus heljumis vastavalt heljumi osakeste suurusele [4]

Osakese suurus (µm)	Metalliühendid (%)							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
<10	46	60	71	63	71	63	73	60
10-100	36	31	24	30	21	29	23	35
>100	18	9	5	7	8	8	4	5

2.1 REOSTUSALLIKAD JA KONTSENTRATSIOONID

2.1.1 ERINEVAD REOSTUSALLIKAD

Sademevette satub üsna suur hulk erineva iseloomuga ühendeid ja elemente nii looduslike protsesside kui ka inimtegevuse tagajärjel. On väga palju erinevaid saasteaineid, mis põhjustavad sademevee reostumist. Saastumist põhjustavad nii tahkes, vedelas kui gaasilises olekus olevad ained.

Sademeveel on kolm põhilist reostusallikat:

- **Atmosfääris olevad gaasid, aerosoolid ja tolmu.**

Atmosfäärist tulnud saasteained sadestuvad linnaaladele, maapindadele ja teedele. Sadestumine võib toimuda kolmes erinevas protsessis:

- kuiv sadestumine;
- märg sadestumine;
- okultne sadestumine.

Näiteks suur osa fossiilsete kütuste põletamisel atmosfääri emiteeritavast vääveldioksiidist sajab alla happelihmadena. Samuti põlemisprotsesside tulemusena atmosfääri sattuvad lämmastikoksiidid muunduvad nitraatideks. [19]

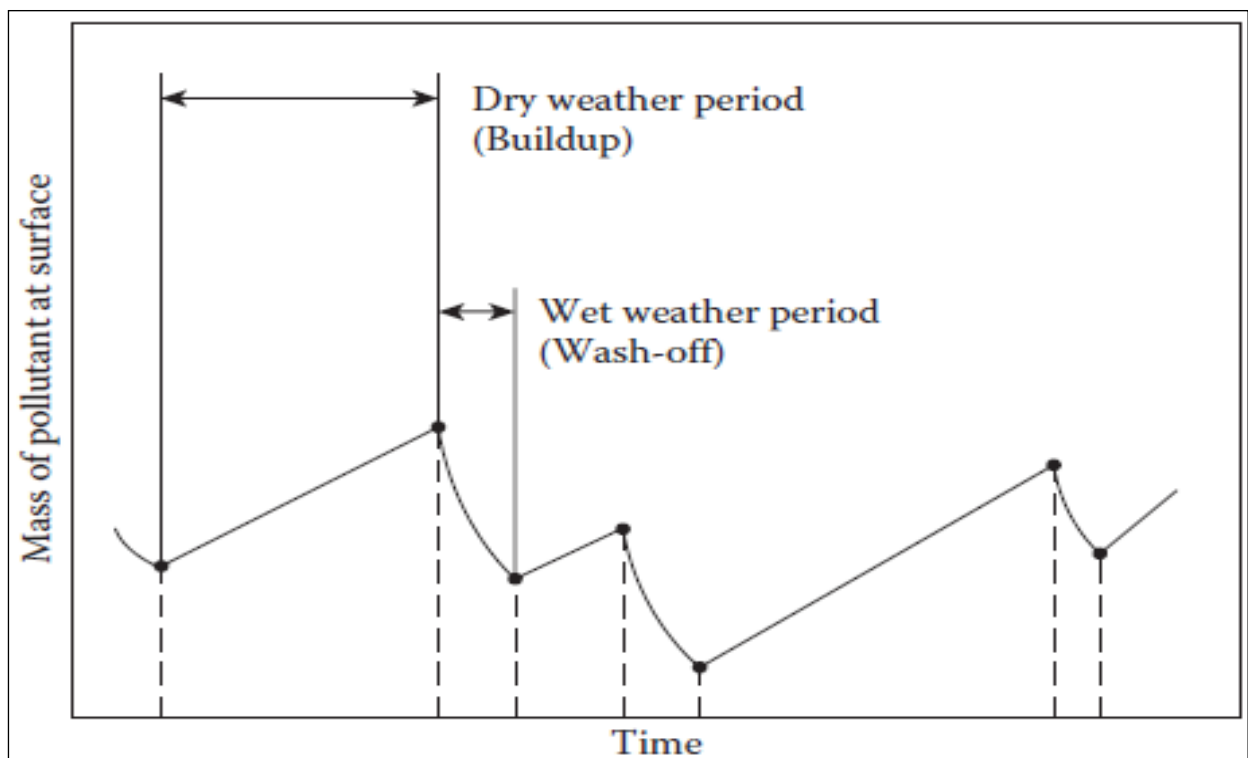
- **Katustelt, tänavatelt, parklatelt, teedelt ja maanteedelt tulev sademevesi;**

Saasteaine kogused sõltuvad paljudest teguritest (kliima, liiklustihedus, maa-ala pindala jne).

- **Lekked, õnnetused, illegaalsed ja mittersobilikud tegevused, mille tagajärjel satuvad reostusohhtlikud ained sademe- ja pinnavette.**

Maanteedel ja linnaaladel toimuvate transpordiõnnetuste ning muude seaduslike ja ebaseaduslike tegevuste tagajärjel võib sademevette sattuda väga suurtes kogustes saasteaineid. Avariilukordades on saasteainete sisaldus enamjaolt mitmeid kordi suurem kui tavaolukordades. Projekteerimisel tuleb arvestada kõigi teguritega.

Saasteainete allikad on regiooniti erinevad. Igal kohal on oma spetsiifiline ja domineeriv panus. Peamiselt kuhjuvad saasteained linnaaladel ja teedel kuiva perioodi jooksul ning pestakse välja vihmade ajal (vt graafik 1).



Graafik 1. Saasteaine koguseline graafik [4]

2.1.2 SADEMEVEE KOOSTISOSAD

Vihmana alla sadanud ning seejärel maapinnal kogunenud sademevesi koosneb orgaanilistest ja anorgaanilistest ainetest: [4]

- **Biolagunevad orgaanilised ained.** Sademevee äravoolus esinevad biolagunevatest orgaanilistest ainetest enamjaolt taimsed ühendid. Veekogus olevate orgaaniliste ainete hulka ning nende lagundamiseks vajaminevat hapniku kogust mõistetakse hapnikutarbe all [4].

Hapnikutarvet määratakse kas biokeemilisel (BHT; inglise keeles BOD) või keemilisel (KHT; inglise keeles COD) teel [9].

- **Toitained.** Toitainete grupp koosneb aktiivsest lämmastikust (N) ja fosforist (P). Lämmastiku ja fosfori üleküllus võib põhjustada suublate eutrofeerumise. Kiire ja ühekülgse (biogeenide hulk pole mineraalainetega tasakaalus) biogeenidega rikastumise tulemusena on kujunenud ja võivad kujuneda meie regioonile ebatüüpilised pehmeveelised eutroofsed ja hüpertroofsed veekogud, mis on väga ebastabiilse režiimiga. [27]
- **Raskmetallid.** Sademevees leidub raskmetallidest peamiselt vaske (Cu), pliid (Pb), tsinki (Zn), kaadmiumi (Cd), niklit (Ni) ja kroomi (Cr). Mõningatel juhtudel on uuritud ka elavhõbeda (Hg) ja arseeni (As) kontsentratsiooni sademevees. Metallid ja teised anorgaanilised ühendid satuvad keskkonda mitmetest erinevatest allikatest [4].

Metallid, välja arvatud elavhõbe, tina ja arseen, on mittelenduvad ühendid. Nende lahustuvus sõltub konkreetsest elemendist, tema iooni laengust, lahuse pH väärtusest ning teiste ionide ja mitmete teiste ühendite olemasolust keskkonnas. Metallid kui elemendid keskkonnas ei lagune. Nende liikuvus väheneb, kui nad seotakse kompleksühenditesse [19].

- **Orgaanilised mikroeoained.** Sisaldavad suurt arvu erinevaid orgaanilisi aineid, mis satuvad keskkonda mikrokogustes. Kuigi kogused on väikesed, on nad siiski ohtlikud. Sademevees võib esineda järgmisi mikroeoaineid: pestitsiidid, aromaatsed süsivesinikud, fenoolid, dioksiinid, eetrid, pehmemdajad, anioonsed pesuained, PAH, PCB jne [4]. PAH-id on fossiilsete kütuste koostisosad. Mõned PAH-id on kantserogeensete ning mutageensete omadustega [10].
- **Haigusttekitavad mikroorganismid** - organismile mitteomased viirused [4].

Sademevees sisalduvad orgaanilised ja anorgaanilised saasteained võivad esineda nii lahustunud kujul kui ka heljumina.

2.1.3 SAASTEAINETE KONTSENTRATSIOONID

Saasteainete kontsentratsioon sademevees ei ole konstantne. Kontsentratsioon sõltub mõõtmise asukohast, ajast ning maakasutusest.

1983. aastal USA-s valminud töö käigus mõõdeti ja võrreldi nii õhus kui ka maismaal (elamurajoonis) ohtlike ainete heljumi kontsentratsiooni. Vastavalt tulemustele võib väita, et mõõdetud ohtlike ainete sisaldused õhus on väiksemad kui maismaal, välja arvatud tsingi (Zn) kontsentratsioon.

Samuti sõltuvad sademevee saasteainete kontsentratsioonid maakasutusest. 1990ndatel on Norras läbi viidud uuring mikroeoainete sisalduse kohta sademevee äravoolus. Uuringus võrreldi sademevees

sisalduvate saasteainete kogust/hulka/kontsentratsiooni nii elamurajoonis, tööstuspiirkonnas, linnaaladel kui ka teedelt tulevast lumesulamisvees (vt tabel 2).

Kontsentratsioonide võrdlemisel selgus, et raskmetallide ja heljuvaine kontsentratsioon on kõige kõrgem lumesulamisveel. Vaid Cr ja Ni ühendite kõrgeimad väärtused mõõdetuna linnaaladel ületasid lumesulamisvee kontsentratsiooni väärtusi.

Tabel 2. Norras mõõdetud saasteainete sisaldus elamurajoonis, tööstuspiirkonnas ja linnaalal tulevalt lumesulamisveelt [7]

Saasteaine (mg m ⁻³)	Linnaalad	Elamurajoon	Tööstuspiirkond	Raskmetallide ja heljuvaine kontsentratsioon lumesulamisvees Norras
Cd	0.1-0.5	0.1-0.4	0.1-0.5	3.9-26
Hg	0.2-1.2			0.19-13.2
Pb	1-33	1-8	1-19	max 690
Ni	3-190	1-10	1-11	42-106
Cr	1-170	1-12	1-7	30-150
Zn	10-300	5-140	8-92	200-740
Cu	6-120	3-15	4-32	13-430
PAH	0.1-2.7	0.1-0.8	0.01-0.3	1500-11 600

Linnaaladel ja teedel sõltuvad saasteainete kontsentratsioonid enamasti järgnevatest teguritest:

- **kliima** (vihm, lumi, tuul, temperatuur);
- **maakasutus** (tööstuslik, põllumajanduslik jne);
- **hoolduse ja halduse iseloom** (tänavate puhastamine, jääsulatusainete kasutamine, taimemürkide kasutamine jne);
- **ehitustöödel kasutatavad materjalid ja masinad**;
- **lekete esinemise sagedus**;
- **liiklustihedus, -kiirus ja -kultuur**;
- **mootorsõidukid** (vanus ja eesmärk);
- **seadused ja regulatsioonid**.

Saasteainete kontsentratsiooni suurenemist põhjustavad ka autorehvide lagunemine, piduriklotside kulumine, autode korrosioon, veetava laadungi jäägid, kütuse põlemisproduktid, tee pinnakattelt eralduvad saasteained. [4]

Talvel suurendab saasteainete kogust veelgi liiva, naastrehvide ning jääkõrvaldusainete kasutamine. [4]

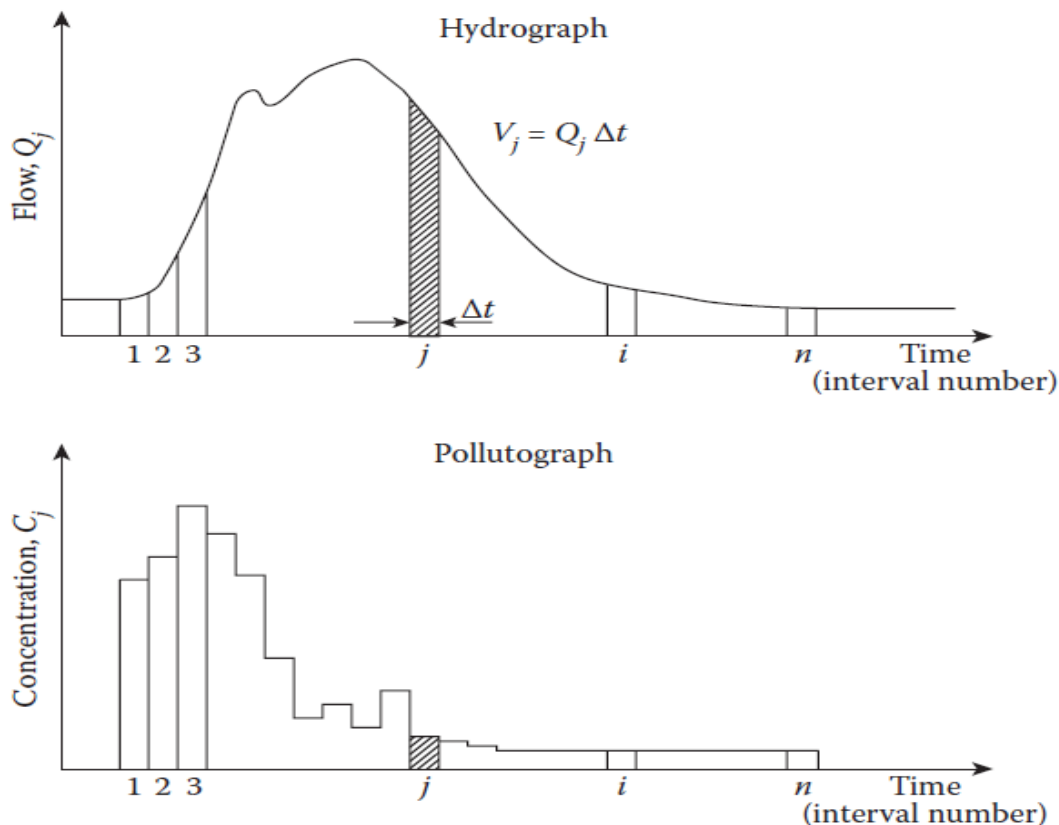
UK Highway Agency ja UK Environment Agency poolt 2003. aastal läbi viidud uuringus tuli välja, et peale talvist jäätõrjet teedel oli metallide kontsentratsioon sademevees suurem kui tavaliselt. Sellest

tingituna on sademevee äravoolu saasteainete kontsentratsioon talvel kuni mitu korda suurem kui suvel samas kohas mõõdetuna. Saasteainete kontsentratsiooni pole aga võimalik talvel mõõta, sest saasteained on kuhjunud ja kuhjatud lumehunnikutes jaotunud erinevalt. [4]

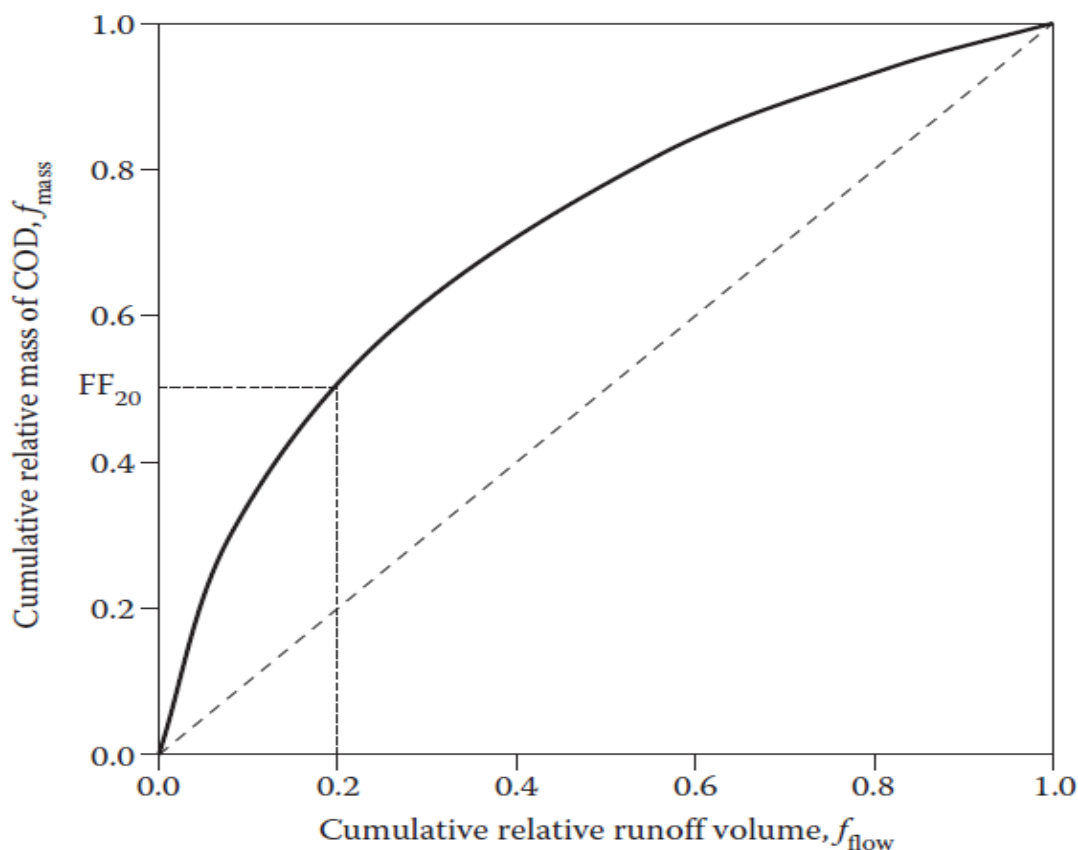
Sademevee äravoolu heljuvaine kontsentratsioon sõltub ka sademevee äravoolusüsteemidest. Kui äravoolusüsteemideks on lahtised kraavid, siis tuleb arvestada, et sademevesi kannab edasi ka erosiooni tõttu kraavi sattunud pinnast. Sellest tulenevalt on väga oluline, et kraavid, mida mööda sademevett kogutakse ja juhitakse, oleksid õigesti dimensioneeritud ning vajadusel ka kindlustatud.

Sademevee äravoolus sisalduvate ainete kontsentratsioon on erinev iga vihmahoo korral. Kõige kõrgema saasteaine kontsentratsiooniga sademevesi on esimese vihmavalingu ajal.

Alljärgnevalt on ära toodud esimest vihma iseloomustav hüdrograaf ja sellele vastav saasteaine graafik ning esimest vihma iseloomustav kõver, võrdlemaks esimese vihma saasteainete massi ja vooluhulga suhet. Kui kõver on sirge, siis on kogu vihmaperioodi vihmavee kontsentratsioonid konstantsed (vt graafik 2 ja 3).



Graafik 2. Esimest valingvihma kirjeldav hüdrograaf ja sellele vastav saasteainete graafik [4]



Graafik 3. Esimese valingvihma suhtelise voolu ja keemilise hapnikutarbe kõver [4]

2.2 SADEMEVEE PUHASTAMISE VAJADUS VASTAVALT LIIKLUSTIHEDUSELE

Maanteedelt kogutava sademevee puhastamise vajadust määratakse paljudes riikides liiklustiheduse järgi. Uus-Meremaal läbiviidud uurimuse järgi on liikluskoomusel 10 000 autot ööpäevas moodustuval sademeveel vähene mõju veekeskkonnale [13]. Samas Eesti naaberriikide kogemuste põhjal tuleb liikluskoomusega kaasneva keskkonnariski vähendamiseks sademevett käidelda alates liiklustihedusest 30 000 autot ööpäevas [12].

Soovituslikult tuleb sademevee käitlemise vajadust Eestis analüüsida alates liiklustihedusest 15 000 autot ööpäevas. Arvestada tuleb eesvoolude tundlikkust, nõudeid johtuvalt veekogu seisundist ja kaitstavatest loodusobjektidest.

Eesti maantee liiklussagedusest annab ülevaate AS Teede Tehnokeskuse poolt tehtud aruanne „Liiklusloenduse tulemused 2011“ [14].

3 SEADUSANDLUS

Vabariigi Valitsus on sätestanud sademeveele küll nõuded, aga puudub praktiline kogemus nende nõuete täitmise võimalikkuse osas.

Saasteainete ja vooluhulkade arvutuslikuks määramiseks puuduvad hetkel uuringud ja normid, mis fikseeriksid sademevee koostise seostatuna sademete intensiivsuse ning valgalade suuruse ja pinnakatetega. Seetõttu on peaaegu võimatu otsustada, missugune peaks olema sademevee puhastusviis ja kas see on siiski vajalik.

3.1 KEHTIVAD ÕIGUSAKTID

11.05.1994. aastal kehtima hakanud **veeseaduse** üldine eesmärk on vee saastamise vältimine, sealjuures lähtutakse erinevate veekeskonna osade tähtsusest veekasutuse ja kaitset vajavate vee-elupaikade kaitse nõuetest [21].

Maanteedelt kogutavas sademevees sisalduvad reoained ja taimetoitained võivad suublat kahjustada, seega tuleks reostunud sademevett enne suublasse juhtimist puhastada.

Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise nõuded ja piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed kehtestab Vabariigi Valitsuse määrus (vastu võetud 29.11.2012) nr 99 „**Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed**“. 2013. aasta 1. jaanuaril kehtima hakanud eelnevalt nimetatud Vabariigi Valitsuse määruse järgi suureneb tähelepanu sademevee kvaliteedile.

Määruse kohaselt tohib sademeveekanalisisatsioonist sademeveelaskme kaudu veekogusse juhtida sademevett, mille reostusnäitajad ei ületa lisas 1 sätestatud reostusnäitajate piirväärtusi, mis kehtivad reoveekogumisala kohta, mille reostuskoormus on 2000–9999 ie, välja arvatud heljuvaine sisaldus, mis ei tohi ületada 40 mg/l. Naftasaaduste sisaldus sademevees ei tohi ületada 5 mg/l. Kui sademevee reostusnäitajad ei vasta lõikes 3 ülnimetatud reostusnäitajate ning muude reostusnäitajate poolest kehtestatud piirväärtustele, käsitletakse sademevett saastatud sademeveena, mis vajab enne suublasse juhtimist puhastamist. [3]

Sademeveelask ei tohi seisuveekogu korral asuda lähemal kui 200 meetrit supelranna või supluskoha välispiirist ning vooluveekogu korral asuda lähemal kui 200 meetrit supelranna või supluskoha välispiirist ülesvoolu ja lähemal kui 50 m supelranna või supluskoha välispiirist allavoolu [3].

Heit- ja sademevee immutussügavus peab olema aastaringselt vähemalt 1.2 m ülalpool põhjavee kõrgeimat taset ning jääma 1.2 m kõrgemale aluspõhja kivimitest [3].

Heit- ja sademevee pinnasesse juhtimine ei ole lubatud veehaarde sanitaarkaitsealal või hooldusalal ja lähemal kui 50 m sanitaarkaitseala või hooldusala välispiirist ning lähemal kui 50 m veehaardest, millel puudub sanitaarkaitseala või hooldusala, või joogivee tarbeks kasutatavast salvkaevus [3].

Ohtlike ainete sisalduse nõuetekohaseks viimine vastavalt eelnevalt nimetatud määrusele nr 99 toob kaasa uusi kulutusi. Seega antakse vajalike puhastusmeetmete rakendamiseks aega 3...10 aastat sõltuvalt ohtliku aine ohtlikkusest inimestele ja keskkonnale. **Sellest tulenevalt kehtivad kõik enne uue määruse nr 99 jõustumist antud load vastavalt loas esitatud tingimustele kuni 1. jaanuarini 2015. aastal.**

Peale sademevee kogumist ja puhastamist tuleb see kas immutada või suunata olemasolevatesse veekogudesse.

Paljudel juhtudel juhitakse sademevesi maaparanduse eesvooludesse ning seetõttu peab sademevee kogumis- ja puhastussüsteemide projekteerimisel arvestama ka maaparandussüsteeme käsitlevate seaduste ja normdokumentidega. [3] Nt 17.02.2005 aastal vastu võetud „**Maaparandussüsteemi projekteerimisnormid**“ kohaselt tuleb kontrollida arvutustega eesvoolu ristlõike ja eesvoolul asuvate rajatiste avade suuruse vastavust nõuetele kui kavandatava inimtegevuse tulemusena suureneb eesvoolu valgala või sademete ja muu vee juhtimine eesvoolu. [22]

3.2 KEHTIVAD STANDARDID

Sademevee puhastamise kohta Eesti standardid puuduvad. Kehtib EVS 848:2013 „**Väliskanalisatsioonivõrk**“, kus on öeldud, et veekogusse juhitava sademevee reostusnäitajad peavad vastama õigusaktides ettenähtud nõuetele. Saastatud sademevett peab enne suublasse juhtimist puhastama nii, et see ei halvendaks suubla seisundit.

Sademevee ärajuhtimist tuleb kavandada terviklikult, arvestades nii sademevee kvaliteedi kui ka vooluhulga mõjuga suublale, eesmärgiga suunata sademevesi võimalikult kiiresti tagasi loodusesse. Kui pinnase iseloom, sademevee kvaliteet, õigusaktid ja muud asjaolud seda lubavad, immutatakse sademevesi või vähemalt osa sellest samal alal, kus see tekivad. Kui sademevett ei saa immutada, tuleb võimalusel tekkekohas äravoolu aeglustada, viivitada (viibeaega pikendada) enne selle ärajuhtimist. Kui sademevett ei saa immutada või selle viibeaega tekkekohas pikendada, siis tuleb sademevesi juhtida edasi tõkestava ja viivitava immutussüsteemiga, nt kraavide, lohkude jms kaudu, kus vesi saab imbuda pinnasesse. Kui sademevett ei saa immutada ega juhtida tekkekohast edasi aeglustava (tõkestava) ja viivitava immutussüsteemiga, siis juhitakse vesi edasi toruga, rakendades vajadusel enne suublasse juhtimist aeglustust (tiigid), puhastust. [23]

Standardi kohaselt tuleks sademevee ärajuhtimiseks eelistada kraavide ja tiikide rajamist, millega on võimalik suurte vihmade korral akumuleerida vooluhulki ja võimalikku reostust lokaliseerida. Kraave, tiike ja mahuteid peab saama hooldada ning keskkonnarajatiste seinad, truubiotsad ja põhjad peavad olema kindlustatud. [23]

Standardis „Väliskanalisatsioonivõrk“ on ära toodud ka sademevee arvutusäravoolu arvutused. Kokkuvoolava sademevee hulka on võimalik arvutada ka maaparanduses laialdast kasutust leidvate K. Hommiku empiiriliste valemitega, mis on välja toodud A. Maastiku poolt koostatud ja Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi veemajanduse osakonna poolt 2006. aastal välja antud teoses „**Hüdroloogia ja hüdromeetria. Lühikursus**“. [47] K. Hommiku valemid ei pruugi olla nii täpsed, sest teisi äravoolu mõjutavaid looduslikke tegureid, nagu aluspõhja kivimilised erinevused ja pinnakatte koostise eripära (karsti mõju), pole K. Hommiku arvestanud. Samuti pole K. Hommiku valemid mõeldud arvutamaks kokkuvoolu kõvakattega aladelt, mistõttu võib neid valemeid antud juhul kasutada kontrollimise meetodiks.

3.3 MUUD DOKUMENDID

Sademevee ärajuhtimiseks, kogumiseks ning puhastamiseks Eestis detailseid normdokumente ei leidu. Siiski leidub mõningaid üksikuid dokumente, mis on projekteerimisel abiks.

Üheks projekteerimisel kasutatavaks dokumendiks on Maanteeameti poolt seni kasutusel olnud teealade kuivenduse projekteerimise juhend, mis käsitleb kuivendusrajatiste projekteerimist pinna- ja põhjaveetaseme alandamiseks muldkeha aluspinnases. Juhendis on välja toodud teealade veega toitumise tüübid, nende ohud ning neile sobivad kuivendusviisid. Keskkonnatingimuste kohta on välja toodud, et teeala kuivendust vett ei tohi juhtida karstikurissusse. Kogutud pinnavee ja sademevee edasise kogumise ja osalise puhastamise kohta informatsioon projekteerimise juhendis puudub. [24]

Reostuse levikut tõkestavaid keskkonnarajatise on kirjeldatud 2007. aastal Põllumajandusministeeriumi poolt välja antud juhendis „**Põllumajandusliku hajureostuse leviku ja erosiooni tõkestamine ning looduskahjude vähendamine**“. Juhendis on pikemalt seletatud reostuse levikut tõkestavatest keskkonnarajatistest nagu puhastuslodu, mille eesmärgiks on pinna- ja drenivee bioloogiline puhastamine ja reostusohultikult alalt tulla võiva vähese sette hulga kinnipidamine, ning settebassein, mis peab kinni püüdma mittereostustundlikus eesvoolukraavis liikuva sette. Juhendi kohaselt projekteeritakse settebasseinid koos puhastuslodudega. [25]

Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt on 2005. aastal välja antud töö „**Maanteeade projekteerimismõnede ja sellega seotud määruste korrektuur. Kõide II**“ [51]. Teoses on välja toodud keskmised saastetegurid (grammi läbinud auto-kilomeetri kohta). On kirjeldatud ka, et maanteeade projekteerimisel põhja- või pinnaveehaarde sanitaarkaitsealal tuleb lähtuda vastavate õigusaktide nõuetest.

3.4 EUROOPA LIIDU DIREKTIIVID JA MUUD DOKUMENDID

Lisaks eelpool mainitud dokumentidele on Läänemere regioonis HELCOM'i poolt koostatud soovituslik dokument 23/5 „**Veereostuse vähendamine asulate sademeveekanalisatsiooni nõuetelevastava korraldamise teel**“.

HELCOM'i soovitusete sisu koosneb põhimõtteliselt kahest eesmärgist:

- 1. Asulate reostuskoormuse vähendamine sademevee äravoolu nõuetekohase korraldamise teel.** Selleks tuleks vältida sademevee kvaliteedi halvenemist juba reostusallika juures (õlipüüdurid bensiinijaamades, puhastid tööstusterritooriumitel jm), minimeerida ühis- ja lahkvoolsesse kanalisatsiooni sattuvat sademevee hulka (lokaalne käitlemine), ühisvoolse kanalisatsiooni ülevoolude rakendumine ei tohiks olla sagedasem kui 10 korda aastas ning sademevee enamreostunud osa tuleks suunata reoveepuhastile. [23]
- 2. Õlisisalduse piiramine sademevees.** Õlist sademevett ei tohiks juhtida puhastamata suublasse, vaid see tuleks käidelda reostusallikale võimalikult lähedal. [23]

HELCOM'i soovitusi võib leida Eesti Standardist EVS 848:2013 "**Väliskanalisatsioonivõrk**".

4 MUJAL MAAILMAS KASUTATAVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE MEETODID

Maanteedelt kogutava sademevee puhastamine on vajalik hoidmaks ära teedelt kaasa kantava heljumi ja reoainete kahjustavat mõju veekogudele. Veed lahustuvad reoained, õli ja kummiosakesed satuvad maanteedelt koos teiste keemiliste ainetega vette ning lagunevad seal väga aeglaselt. Sademevees sisalduvad reoained ja taimetoiained võivad suublat tugevasti koormata. Seetõttu tuleb reostunud sademevett enne suublasse juhtimist puhastada [4].

Suurim probleem sademevee puhastamisel tuleneb puhastamist vajava vee koguse suurest muutlikkusest, mistõttu tuleb sademevee kogumisel rajada suure veevastuvõtu- ja puhastusvõimega süsteeme, et teedelt lisanduv koormus ei halvendaks eesvooludeks olevate veekogude seisundit. Sademevee vooluhulga arvutamisel on vaja kasutada vihmaseadu piisavalt kirjeldavaid andmeid, sest arvutustulemus sõltub suuresti sündmuste kokkulangevusest, aastaajast ning ilmastikust vaadeldava perioodi eel ja ajal.

4.1 SADEMEVEE KOGUMISE, PUHASTAMISE NING ÄRAJUHTIMISE TEHNOLOOGILISED LAHENDUSED MUJAL MAAILMAS

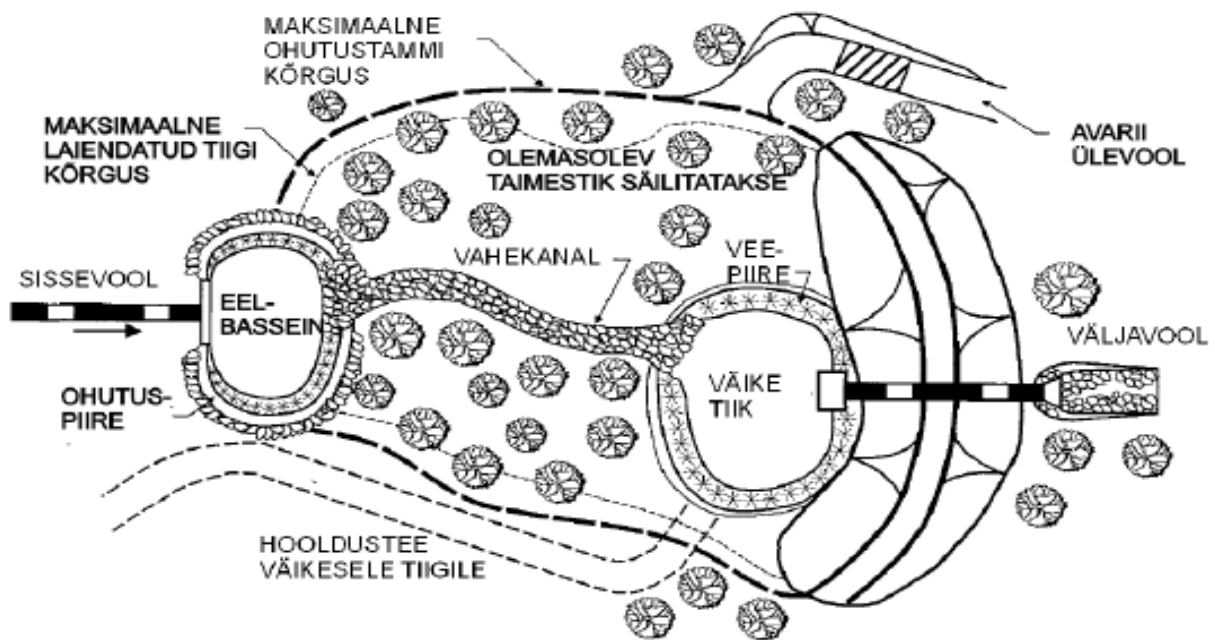
Teede sademeveekäitluse probleemid on mujal maailmas rohkem tähtsustatud kui Eestis. See on põhiliselt tingitud suuremast liiklustihedusest. Seetõttu on mujal maailmas maanteedelt tulevat sademevee kogumise ja osalise puhastamise vajadust uuritud ning käsitletud rohkem ja detailsemalt kui meil ning sellepärast on paljudes riikides sademevee ärajuhtimiseks ja sademeveega veekogude reostumise vältimiseks välja töötatud ka vastavad projekteerimisnormid ja keskkonnakaitselised nõuded.

Kuigi mujal maailmas on sademevee puhastamise vajadust uuritud ning sademevee puhastussüsteeme rajatud rohkem, siis erinevate looduslike tingimuste tõttu ei pruugi samade puhastussüsteemide rajamine anda samu tulemusi. Riigiti ja regiooniti erinevad nii pinnased kui mullad, nende filtratsiooni- ning sidumisomadused, samuti vegetatsiooniperioodi pikkused, sademete kogused ja jaotused ning temperatuurid. Seega ei pruugi Ameerikas enim kasutatavad sademevee puhastussüsteemid sama efektiivselt töötada Eestis.

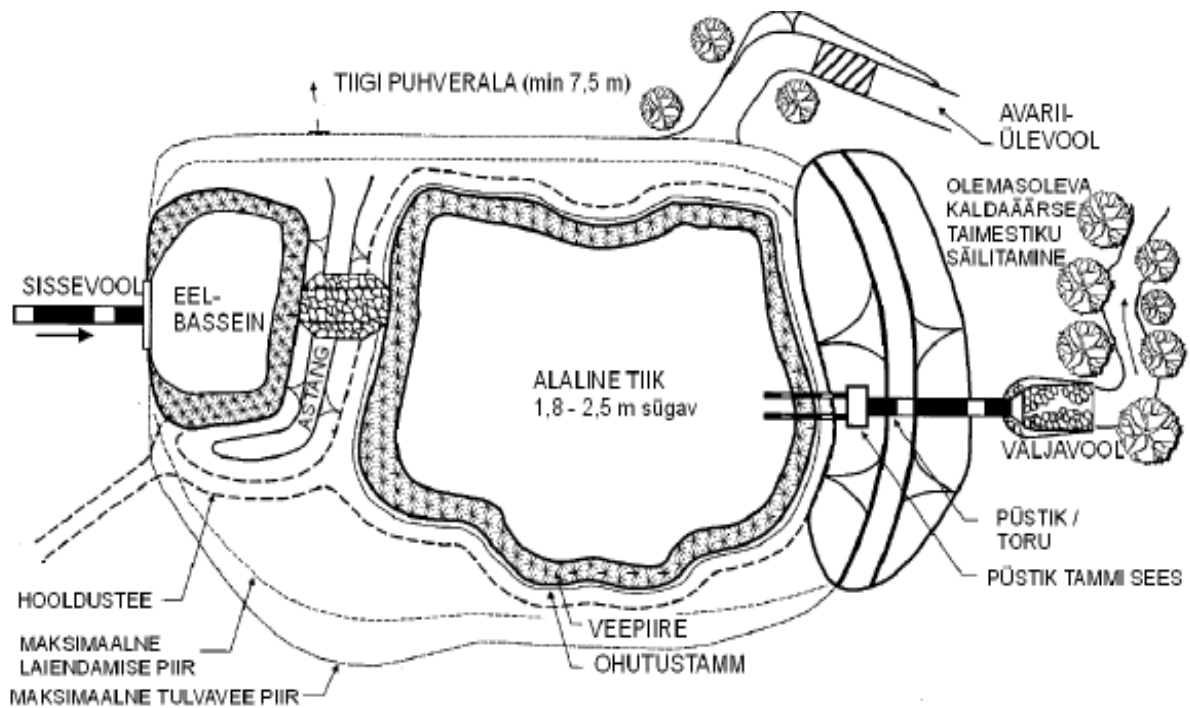
Järgnevalt on käsitletud mujal maailmas kasutusel olevaid sademevee puhastamise meetodeid, tehnilisi lahendusi.

4.1.1 TIIGID

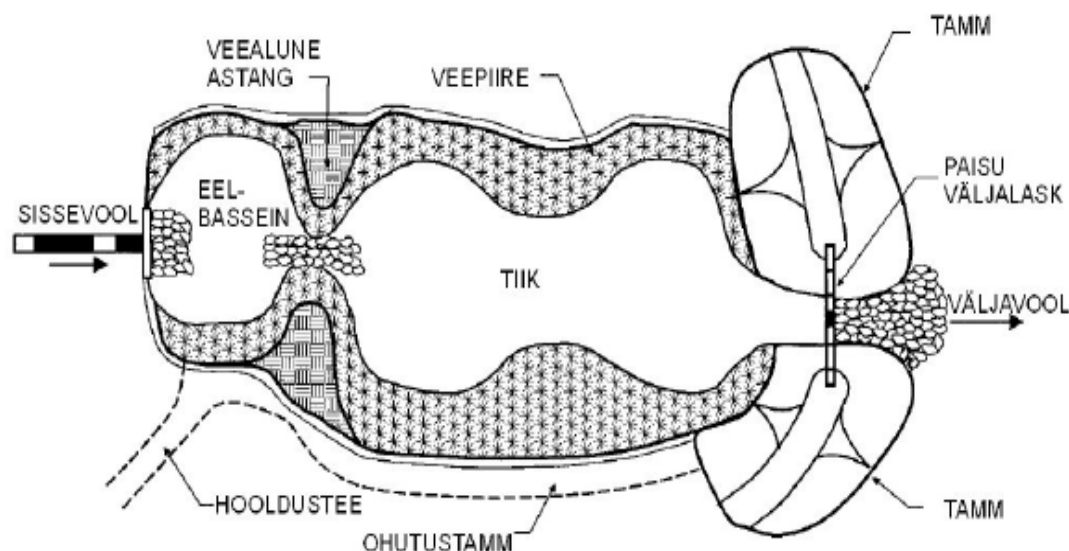
Sademevee kogumise tiigid kujutavad endast mitmeosalist, püsiva veetasemega basseinide ning mõnikord ka madalat märgala sarnast kompleksi. Tavalisest tiigilaadsest veekogust eristab sademevee kogumise tiike ka eelbasseini (settetii) olemasolu, milles settib välja sademeveega tiiki sattuv liiv ja muud tahked osakesed (vt joonised 1...3). [32]



Joonis 1. Väikese tiigiga sademevee puhvertiik [32]



Joonis 2. Suure tiigiga sademevee puhvertiik [32]



Joonis 3. Sademevee kogumise tiik kõrge lokaalse põhjaveetasemega piirkonnas [32]

Sademevee kogumise tiigid suudavad ajutiselt mahutada paduvihma tagajärjel tiigi valgalas maha sadanud veehulga ning äravool tiigist toimub pikema (kuni mõnepäevase) perioodi jooksul, mille vältel osa veest ka aurub ja infiltreerub tiigi märgala laadses osas. Seega aitavad sellised tiigid osaliselt vähendada kanaliseeritava sademevee mahtu ning alandada äravoolu maksimume. Sademevee kogumise tiikides toimuvad sademevee puhastamisel järgnevad mehhanismid [32]:

- tahkete osakeste settimine tiigi põhja;
- saasteainete bioloogiline ärastus taimede, vetikate ja bakterite poolt;
- osade saasteainete degradatsioon.

Tabelis 3 on toodud sademevee kogumise tiikide rakendamise puhul täheldatud hinnangulised puhastusefektiivsused erinevate saasteainete suhtes. Üldjuhul toimub piisava mahuga sademevee kogumise tiikides kõige efektiivsem saasteainete ärastamine võrreldes teiste alternatiivsete sademevett käitlevate süsteemidega. [32]

Talveperioodil on sademevee kogumise tiikide puhastusefektiivsus erinevate saasteainete suhtes mõnevõrra madalam, kuna püsiva veetasemega tiigi osa on osaliselt või täielikult jääkatte all. [32]

Tabel 3. Saasteainete ärastamise hinnanguline efektiivsus sademevee kogumise tiikides [31]

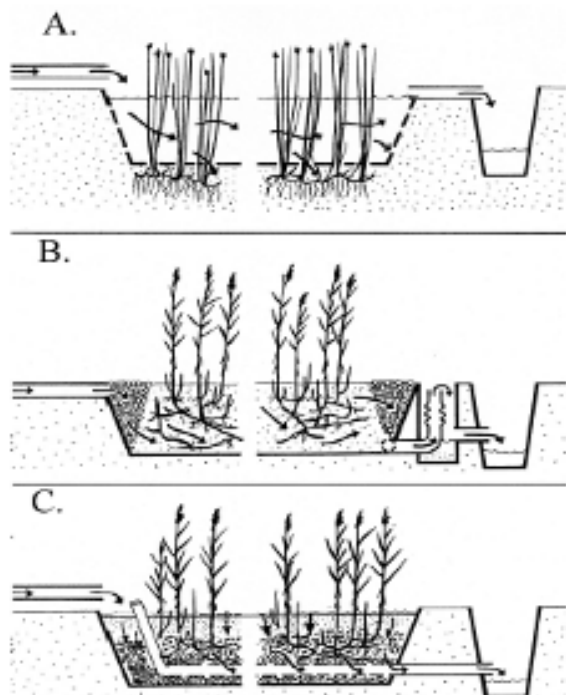
Saasteaine	Puhastusefektiivsus
Kogu fosfor (P)	mõõdukas kuni kõrge
Kogu lämmastik (N)	mõõdukas
Tahked osakesed	kõrge
Tina (Sn)	kõrge
Tsink (Zn)	mõõdukas
Biokeemiline ja keemiline hapnikutarve (BHT ja KHT)	mõõdukas
Õli ja rasv	kõrge
Bakteriaalne reostus	kõrge

Saasteainete eemaldamise efektiivsust võivad vähendada tiigi projekteerimisel tehtud vead või tiikide vähene hooldamine. Tiikide projekteerimisel ja rajamisel tuleks seega arvestada järgmisi asjaolusid:

- **Projekteerimine (dimensioneerimine)** – sademevee kogumise tiikide kuju tuleb projekteerida vastavalt tema rakendamise eesmärgile ning hüdroloogilisele ja saastekoormusele. Valesti projekteeritud kuju võib põhjustada vee voolamist ning kogunemist vaid osal tiigi alal, mis vähendab tiigi puhastusefektiivsust, kuna tiiki juhitud sademevee puhastamine toimub vaid osal tiigi kogupinnast. Et saavutada maksimaalset puhastusefektiivsust, peab vee voolutee pikkus tiigis olema vähemalt 3 korda pikem voolutee lausest. Kui sellise pikliku tiigi rajamine ei ole ruumikasutuse mõttes otstarbekas, tuleks tiigis vee vooluteed pikendada otsevoolu takistavate tõkete kasutamisega. [32] Tüüpilise sademevee kogumise tiigi sügavus on 1-2 meetrit. Dimensioneerimisel tuleb suurus ja sügavus valida vee juurdevoolu suhtes nii, et kuival sadudevahelisel perioodil tiigi püsiva veetasemega osad ära ei kuivaks. Selleks, et tiigis säiliks püsiv veetase, tuleb tiik rajada vettpidava pinnasega kohta või kasutada tiigi kindlustamisel savi, geomembraane või võimaluse korral pinnase tihendamist. Tiigi kallaste kalle ei tohiks olla järsem kui 3:1, hoidmaks ära erosiooni ning mitte laugem kui 1:20, et tagada püsiva veetasemega osadel piisav sügavus mõistliku veehulga korral. [32]
- **Projekteerimine (asukoht)** - tiigi kallast peaks piirama 10 m laiune puhverriba, vähest hooldust vajavate ning tiigi veetaseme muutustele tolerantsete taimeliikidega. Suhteliselt esteetilise välimuse tõttu on sademevee kogumise tiikide asukohavalik lihtsustatud, kuna neid võib rajada ka avalikesse, nähtavatesse kohtadesse ning nad võivad vastavatele aladele lisada rekreatiivset väärtust. [32]
- **Hooldus** – sademevee kogumise tiigid vajavad regulaarset ülevaatust, sisse- ja väljavoolu puhastust. Perioodiliselt on vaja teostada setete ärastamist ning vajadusel vooluteede süvendamist ja parandustöid sõltuvalt tiigi seisukorrast. [32]

4.1.2 TEHISMÄRGALAD

Tehismärgalad on madalad tiigid või pinnasfiltrid, mis on rajatud spetsiaalselt sademevee või reovee puhastamiseks ning milles on loodud sobivad kasvutingimused märgalakooslustes kasvavatele taimedele. Tehismärgalad jagatakse enamasti kaheks põhitüübiks: pindmise vooluga süsteemid (avaveelised märgalad) ja pinnaaluse vooluga süsteemid (horisontaalse ning vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid) (vt joonis 4). [32]



- A- Avaveeline tehismärgala
- B- Horisontaalse läbivooluga pinnasfilter
- C- Vertikaalse läbivooluga pinnasfilter

Joonis 4. Tehismärgalade tüübid [32]

Tehismärgalad on madalad, mistõttu hõlmavad nad väga suure maa-ala, kuid samas toimub märgaladelt suures osas aurumine. [34]

Tehismärgalasid kasutatakse sademevee puhastamiseks laialdaselt USA-s.

Märgalade kasutamine külmas kliimas on mõningal määral problemaatiline. Külma kliimaga aladel võib juhtuda, et suur osa märgalast või sisse- ja väljavoolutoru võib külmuda. Selliste olukordade puhul tuleks märgala projekteerida selliselt, et pidevalt toimuks vee voolamine. Sellistes regioonides tuleks märgala jagada mitmeks osaks, mis on eraldatud ülevooludega. Samuti tuleb kasutada külmumiskindlaid väljavoole.

4.1.2.1 Pindmise vooluga süsteemid

Pindmise vooluga süsteemid ehk avaveelised tehismärgalad on püsiva veetasemega madalad tiigid või niisked alad, mille põhja ja külgedele on kasvanud kõrgem taimestik. Avaveelised märgalad toimivad saastunud reovee puhastajatena ning õige projekteerimise korral suudavad ka paduvihma ajal moodustuvaid sademevee löökoormusi puhverdada. [32]

Avaveelistes märgalades toimuvad mitmed settimis- ja adsorptsiooniprotsessid ning ka bioloogilised protsessid. Antud märgalad koosnevad madalaveelistest (10 - 50 cm) kasvusubstraadil asuvatest tiikidest. Vee voolamist mõjutab madal sügavus, väike voolukiirus, kokkupuutumine taimedega ja varisega. Märgalasse võib istutada väga erinevaid taimi, peamine neist oleks laialehine hundinui. Taimede risosfääri (juurte) piirkonnas toimuvad põhilised saasteainete lagundamis- ja

sidumisprotsessid, kuna taimed loovad puhastusprotsessis osalevate mikroobide elukeskkonna. Märgala taimestiku niitmine ei ole üldiselt vajalik. [32]

Avaveelistel märgaladel peavad olema projekteeritud veetaseme reguleerimist võimaldavad väljavoolud. Parema süsteemi puhastamise ja hooldamise huvides võib rajada paralleelsete tiikidega märgalad. [32]

Avaveeliste sademevee tehismärgalade projekteerimisel ja rajamisel tuleks arvestada järgmisi asjaolusid:

- **Projekteerimine (dimensioneerimine)** – sademevee puhverdamise ja puhastamise märgala kuju tuleb projekteerida vastavalt tema rakendamise eesmärgile ning hüdroloogilisele ja saastekoormusele. Soovitav on rajada pikad ja kitsad tiigid pikkuse-laiuse suhtega minimaalselt 2:1, soovitatavalt kuni 10:1.
- **Tüüpilise sademevee puhastamise avaveelise märgala pindala sõltub valgala suurusest.** Dimensioneerimisel tuleb suurus ja sügavus valida vee juurdevoolu suhtes nii, et sajujuhtude vahelisel perioodil märgala püsiva veetasemega osad ära ei kuivaks. Kogu märgala veemahust peaks haarama 50% tiigi osa. Märgala pindalast peaks vähemalt 25% olema sügavamad alad. Et märgalas säiliks püsiv veetase, tuleb märgala tiigi osa rajada vettpidava pinnasega kohta või kasutada tiigi kindlustamisel savi, geomembraane või võimaluse korral pinnase tihendamist. Märgalale peaks olema projekteeritud ka puhverdusvõime, et suurte sademevee hulkade korral suudaks märgala veetaseme tõustes mahutada suurema koguse sademevett.

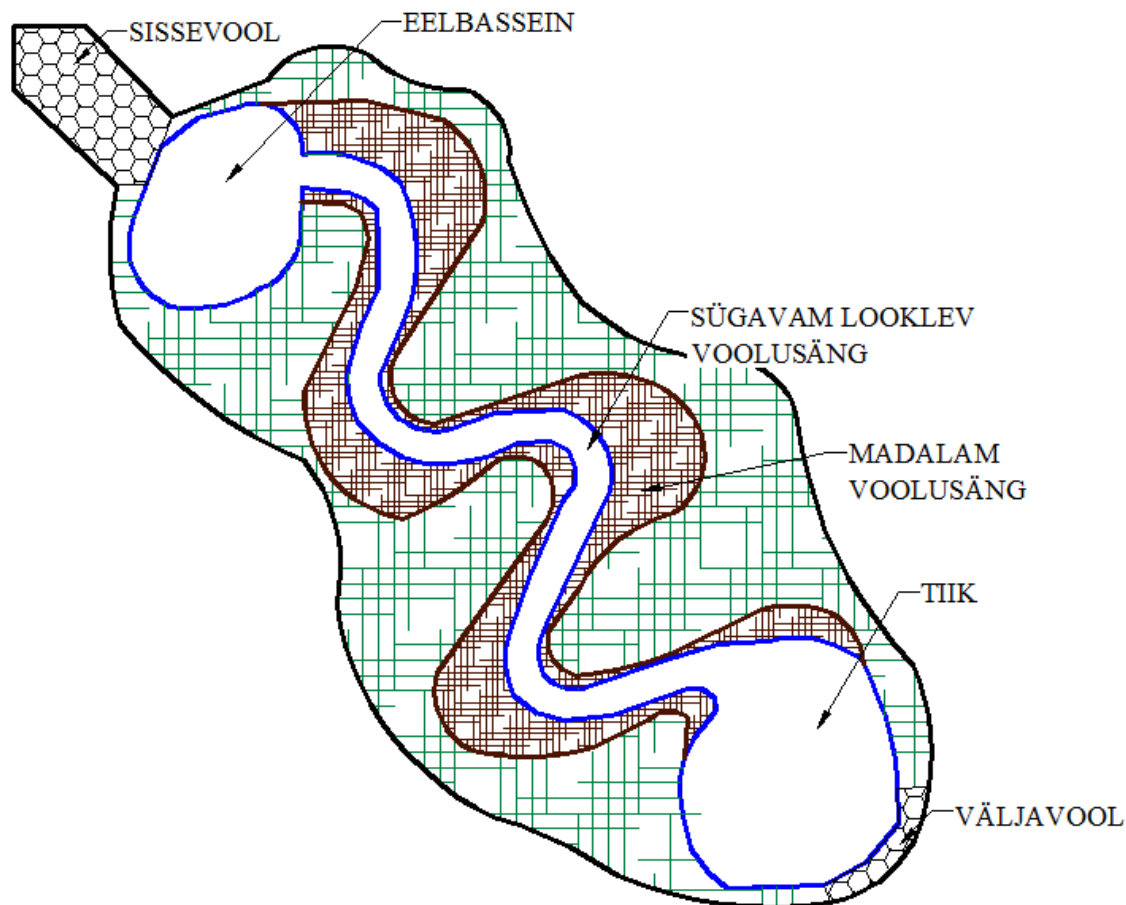
USA-s on märgala minimaalseks pindalaks määratud vähemalt 1-1.5% selle valgala pindalast.

- **Projekteerimine (asukoht)** - märgala peaks piirama minimaalselt 7.5 m laiune puhverriba, vähest hooldust vajavate ning veetaseme muutustele tolerantsete taimeliikidega. Taimestik tiigi pinnal ja puhveralal tuleks valida mitmekesine.
- **Hooldus** – sademevee puhastamise avaveelised märgalad vajavad regulaarset ülevaatus, sisse- ja väljavoolu puhastust. [32]

Tehislik märgala serpentiinkraaviga

Viimasel ajal on hakatud sademevee puhastamiseks rajama ka serpentiinikujulisi tehislikke märgalasid (vt joonis 5). Sellises märgalas toimub sademevee puhastumine vastavalt vabavee märgalades toimuvatele protsessidele. Märgala võimaldab suurestuse korral reostuse likvideerimist reostunud pinnase ja vee eemaldamise näol. Tehismärgalal aeglaselt kruusast ja märgalataimestikust läbi voolates vesi puhastub. Taimestik toimib nii visuaalse kui ka ökoloogilise puhvrina – aitab kaasa vee puhastumisele ja sulandab tehisliku rajatise ümbritsevasse loodusse.

Serpentiinkraaviga märgala paremaks toimimiseks rajatakse sellele eelbassein sügavusega 1.2 – 1.8 m. Eelbassein eraldatakse ülejäänud tehismärgalast valliga. Märgala lõppu võib rajada teise sama sügava ja sama mahutavusega basseini, mille väljavool tehakse vähemalt 30 cm allapoole minimaalset sademeveesüsteemi veetaset, et praht ei tekitaks ummistust. Tehismärgalale on planeeritud sügavam looklev voolusäng (kalle kuni 2%), mille põhjas vesi normaalse veeseisu ajal voolab ning voolu suunaga risti asetsevad kõrgemad alad (umbes 15 m vahekaugusega).

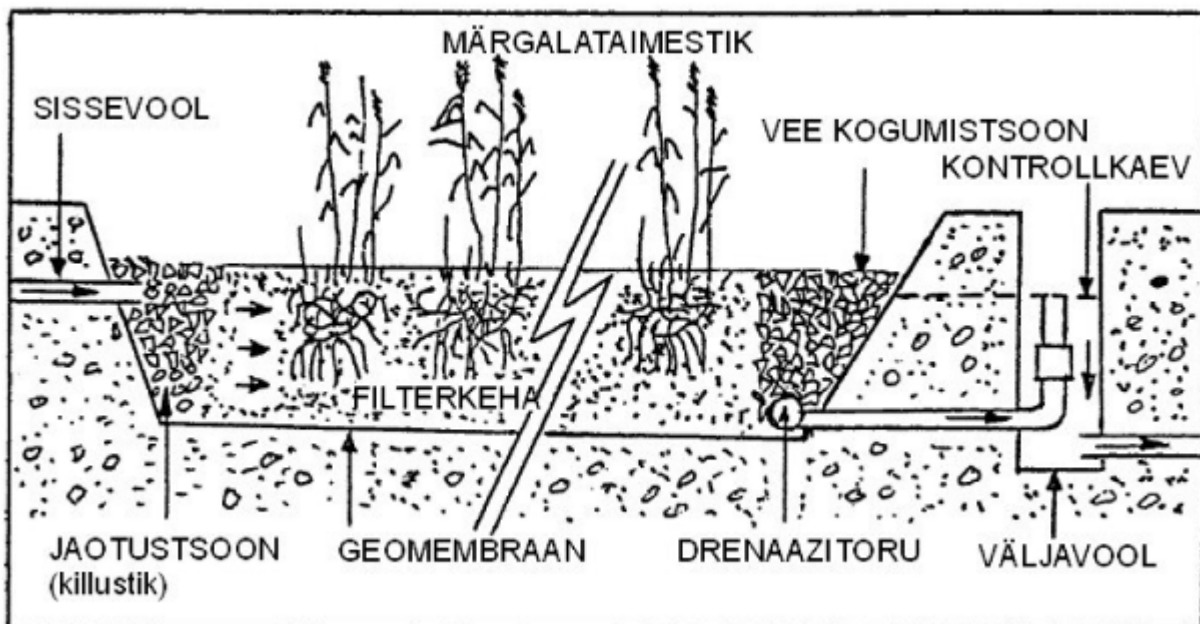


Joonis 5. Serpentiinkraav settebasseiniga

4.1.2.2 Pinnaaluse vooluga süsteemid – horisontaalse läbivooluga pinnasfiltrid

Pinnaaluse horisontaalse vooluga süsteemid ehk juurestikpuhastid kujutavad endast märgala, millel ei ole vabaveelist pinda. Veevool toimub märgala täitvas vett juhtivas pinnases nagu kruus, kergkruus vms selle välispinna all. Enamasti valitakse filtermaterjali terasuuruseks 2 – 10 mm, kusjuures sisse- ja väljavoolutsoonid ehitatakse jämekillustikust, et vältida süsteemi ummistumist [57].

Horisontaalse läbivooluga pinnasfiltri ehitus on toodud joonisel 6. Pinnasfiltris on ühte serva paigutatud jaotus- ja teise kogumistorud. Jaotus- ja kogumistorustik paigutatakse alati filtri pikemasse külge, millega tagatakse suurem kokkupuutepind pinnasega ja parem hüdrauline läbilaskevõime. [32]



Joonis 6. Horisontaalse läbivooluga pinnasfilter [32]

Süsteemi kutsutakse horisontaalse vooluga pinnasfiltriks, sest vesi siseneb ja voolab aeglaselt läbi poorse pinnasfiltri enamasti horisontaalsel teel. Projekteerimisel on vajalik arvestada sademevee iseloomu, hüdraulilist koormust, filtermaterjalide omadusi, vee sügavust süsteemis, viibeaega, vee liikumise reguleerimist, taimede liike ja nende hooldamist. [32]

Põhimõtteliselt võib süsteemi rajada ka märgalataimestikuta, paigutades filterkeha peale kasvupinnase kihi ning külvates sinna näiteks muru. Sel moel on tegemist maa-aluse pinnasfiltriga, mis sobitub hästi linnalisele haljasalale. Mõnevõrra võib märgalataimestiku puudumine vähendada aga sademevee puhastusefektiivsust. [32]

Pinnasfiltrid ei vähenda oluliselt sademevee koguseid, vaid on ette nähtud kõva kattega aladelt kogutava sademevee puhastamiseks ja edasiseks kanalisatsiooni, suublasse või immutamisse suunamiseks. [32]

Sellise konstruktsiooniga pinnasfiltrid ei ole Eesti oludes kõige sobivamad, sest kirjeldatud süsteeme ei ole Eestis sademevee puhastamise eesmärgil piisavalt katsetatud.

Horisontaalse läbivooluga tehismärgalade projekteerimisel ja rajamisel tuleks arvestada järgmisi asjaolusid:

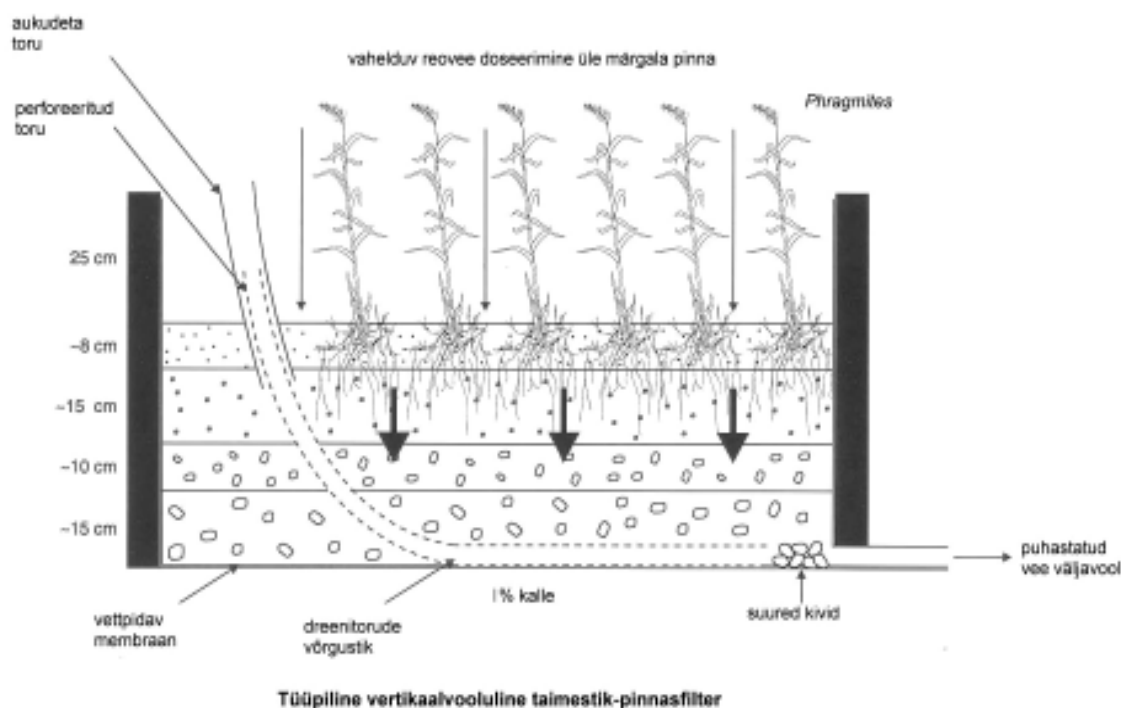
- **Projekteerimine (dimensioneerimine)** – sademevee puhverdamise ja puhastamise märgala kuju tuleb projekteerida vastupidiselt avaveelisele tehismärgalale, lai ning lühike.

- **Tüüpilise sademevee puhastamise horisontaalse läbivooluga pinnasfiltri** pindala sõltub valgala suurusest. Soovitav filterkeha sügavus on 1-1.2 m. Et märgalas säiliks püsiv veetase, tuleb märgala rajada vettpidava pinnasega kohta või kasutada selle kindlustamisel savi või geomembraane. Märgalale peaks olema projekteeritud ka puhverdusvõime, et suurte sademevee hulkade korral suudaks märgala veetaseme tõustes mahutada suurema koguse sademevett. Sõltuvalt vee pealevoolust peaks märgala väljavool olema reguleeritav.
- **Märgala sissevoolule peab eelnema kindlasti settekaev.**
- **Hoolitus** – sademevee puhastamise horisontaalse läbivooluga märgalad vajavad regulaarset ülevaatust, sisse- ja väljavoolu puhastust. Perioodiliselt on vaja teostada setete ärastamist settekaevust. [32]

4.1.2.3 Pinnaaluse vooluga süsteemid – vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid

Vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid kujutavad endast maapinnast isoleeritud, peamiselt kruusast või kergkruusast koosneva pinnasega täidetud vanni, mis on kaetud taimkattega ning mis ujutatakse perioodiliselt veega üle. Vertikaalse läbivooluga pinnasfiltri ehitus on toodud joonisel 7.

Vee vertikaalsel imbumisel läbi pinnase vesi puhastub filtreerumise ning mikrobioloogiliste protsesside tagajärjel, samuti toimub efektiivne vee aeratsioon. Filtri peamine ülesanne on hapnikku nõudvate protsesside toimumise soodustamine (orgaanilise reostuse degradeerimine, nitrifikatsioon). [32]



Joonis 7. Tüüpiline vertikaalse läbivooluga pinnasfilter [32]

Selles tehismärgala tüübis kombineeritakse erineva teraläbimõõduga pinnasmaterjalide kihid (põhjas suurema ja ülemises kihis väiksema fraktsiooniga) ja pinnasfiltri hüdrauline toide. Filterkihi tusedus on

enamasti 10 cm, millele võib täiendavaks soojusisolatsiooniks lisada mõnikümmend sentimeetrit isolatsioonimaterjali, et tagada süsteemi toimimine talvisel perioodil. Filtrid kavandatakse enamasti riskülikukujulised, kus pikkuse ja laiuse suhtarvud ulatuvad 0.3 kuni 3-ni. Filtrile istutatakse hariliku pilliroo taimed, mis osalevad tugeva juurestikuga puhastussüsteemi keskkonna mitmekesisemaks muutmisel ning tagavad pikaajalise pinnase hüdraulilise läbilaskevõime säilimise. Mikroorganismide poolt läbiviidavad protsessid on sellist tüüpi pinnasfiltris väga intensiivsed ja seetõttu ei kahanda taimede ärajätmine oluliselt puhastuse intensiivsust [57].

Suurema osa hõljuvaine eemaldamine reoveest enne pinnasfiltrisse juhtimist on oluline, et vältida filtrite ummistumist. Heljum, mida reoveest ei õnnestu välja setitada, filtreeritakse välja pinnasfiltrites. Vee juhtimiseks pinnasfiltri pinnale on vajalik kas reljeefist tingitud kõrguste vahe või siis vee pumpamine, mistõttu pole vertikaalse läbivooluga märgalasüsteemid sademevee puhastamisel olulist rakendust leidnud.

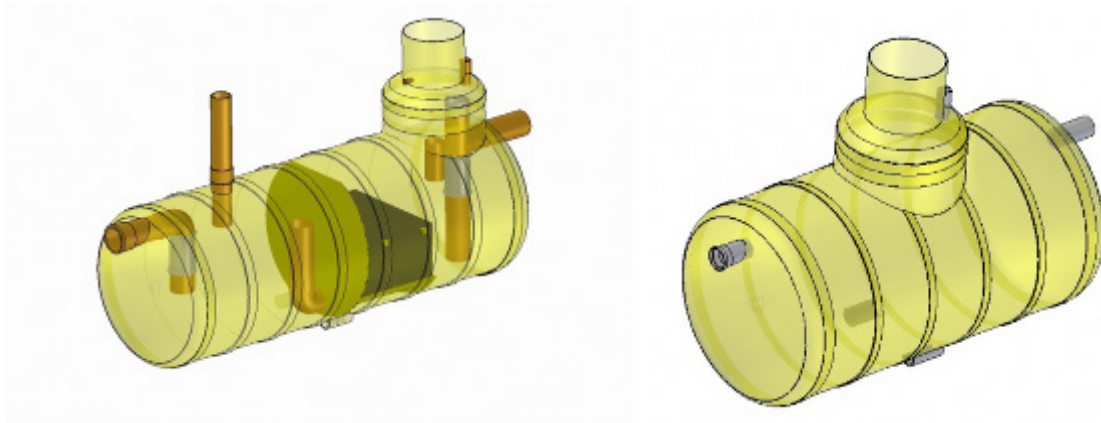
Tegemist on pigem olulise tehismärgala süsteemiga reovee puhastamisel kui sademevee puhastamisel.

4.1.3 FILTERSÜSTEEMID

Kogutava sademevee puhastamiseks kasutatakse ka erinevaid filtersüsteeme. Filtersüsteemid hoiavad nendesse juhitud sademevee ajutiselt kinni ning juhivad selle läbi liivast, orgaanilisest materjalist või pinnasest filtri. Filtri läbinud vesi kogutakse ja juhitakse sademeveesüsteemidesse. Filtersüsteemid ei vähenda oluliselt kanaliseeritava sademevee hulka, vaid on vahendiks kõvakattega pindadelt sademevee kogumiseks ja selle vee puhastamisel enne suublasse suunamist. Filtersüsteemide erinevad tüübid hõlmavad lahtiseid liivafiltreid, maa-aluseid liivafiltreid ning biopuhvreid. [32]

4.1.3.1 Liiva-ja õlipüüdurid

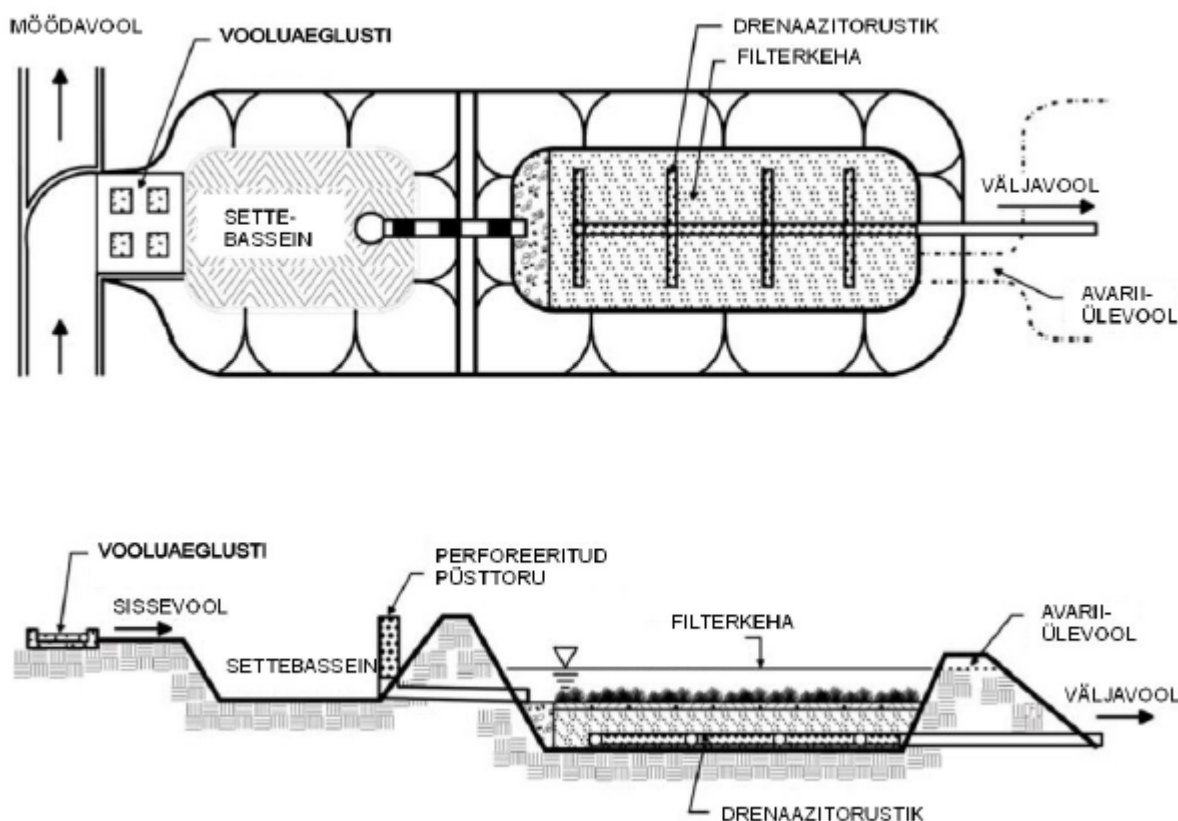
Parklatelt ja teedelt kogutav sademevesi sisaldab õlijääkprodukte ning muid tahkeid osakesi. Õlijääkproduktide ja heljumi eemaldamiseks kasutatakse liiva- ja õlipüüdureid. Esimeses faasis jõuab sademevesi liivapüüdurisse, kus toimub tahkete ainete eraldumine. Järgmises faasis jõuab õlijääkproduktidega sademevesi õlipüüdurisse, kus flotatsiooni ajal (ehk suuremate õlijääkproduktide osakesed muutuvad tilkadeks ja tõusevad pinnale) toimub vastav eraldamine. Õlipüüdurite kasutamine on väga eesmärgipärane just õnnetusjuhtumite korral.



Joonis 8. Liiva- ja õlipüüdur [53]

4.1.3.2 Liivafiltrid

Liivafiltrid on enamasti kaheosalised süsteemid, mis koosnevad eelmahutist ning liivaga täidetud järelmahutist. Eelmahutis setitatakse välja vees olevad tahked osakesed ning järelmahutis immutatakse vesi läbi liiva ning kogutakse torudrenaažiga edasiseks käitluseks (vt joonis 9). Liivafiltrid võivad suuruselt ja konstruktsioonilt olla väga varieeruvad. Lihtsamad süsteemid koosnevadki vaid avatud, tiigilaadsest eelmahutist ning haljastatud ja liivaga täidetud järelmahutitest. Tahkete osakeste liivakihti sattumise vältimiseks on liivakiht tavaliselt geotekstiiliga kaetud. [32]



Joonis 9. Avatud, pindmise vooluga liivafiltri konstruktsioon [32]

Liivafiltrite puhastusefektiivsus sõltub suurel määral asukohast, ilmastikutingimustest ning filtreeritava vee hulgast ja kvaliteedist (vt tabel 4). Üldiselt eemaldab liivafilter veest paremini tahkeid osakesi (sh tahkete osakestega seotud raskmetalle) ja heljumit. Liivafilter töötab eeskätt mehhaanilise filtrina, mistõttu lahustunud saasteainete eemaldamine toimub vaid vähesel määral. [32]

Tabel 4. Liivafiltri hinnanguline puhastusefektiivsus erinevate saasteainete suhtes [32]

Saasteaine	Puhastusefektiivsus
Kogu fosfor (P)	keskmine
Kogu lämmastik (N)	keskmine
Tahked osakesed	väga kõrge
Tahkete osakestega seotud metallid	väga kõrge
Biokeemiline ja keemiline hapnikutarve (BHT ja KHT)	keskmine
Õli ja rasv	kõrge
Bakteriaalne reostus	keskmine

Liivafiltrite projekteerimisel ja dimensioneerimisel tuleks arvestada järgnevate asjaoludega:

- **Kasutusvõimalused** – liivafiltrite suurus on varieeruv, mistõttu saab neid kasutada täpselt nii nagu olemasolev asukoht võimaldab ja konkreetselt pinnalt kogutav sademevee hulk nõuab. Eeskätt kehtib see just maa-aluste liivafiltrite puhul, kuna süsteemiga hõivatud maa-ala on osaliselt kasutatav. Avatud liivafiltri puhul – eriti suuremate süsteemide korral – ei ole maa-ala

võimalik alternatiivselt kasutada. Suuremate avatud süsteemide puhul on probleemiks mitteatraktiivne välimus, mistõttu sellised süsteemid tuleks projekteerida kõrvalisematesse kohtadesse või kasutada nende varjamiseks hekke või muid looduslikke tõkkeid.

- **Tehnilised nõuded** – filterkihina kasutatav liivakiht peab olema vähemalt 0.5 meetri paksune, et toimida piisavalt efektiivselt. Dimensioneerimisel tuleks lähtuda lokaalsetest ilmastikutingimustest nii, et süsteem oleks võimeline lühiajaliselt mahutama umbes 75% sademeveest. Väga suurtelt kõvakattega pindadelt kogutud sademevee puhastamiseks on otstarbekas kasutada mitut paralleelset filtersüsteemi.

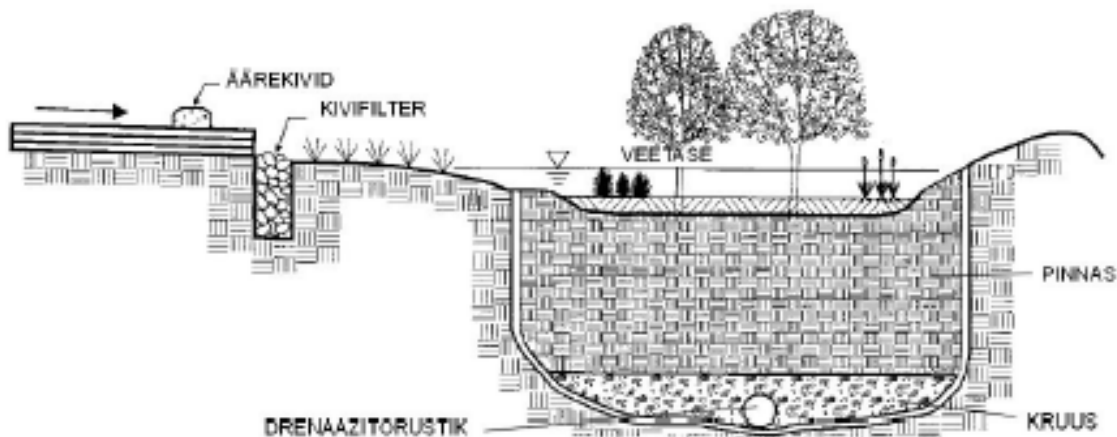
Külma kliimaga piirkondades tuleb arvestada, et talveperioodil, kui esineb sissevoolu ja väljavoolu ning filterkihi jäätumise oht, on filtersüsteemi töö häiritud. Kevadisel sulaperioodil taastub filterkihi puhastusvõime pärast sulamist suhteliselt kiirelt. Külma kliimaga aladel peaks maa-alune liivafilter olema paigutatud madalamale külmumispiirist. Vahel võib alternatiivsete abinõude, ülevoolusüsteemide, kasutamine settemahutite ja filterpeenarde vahel vältida külmumist. Turba- ja liivafiltri kasutamist ei soovitata talvisel perioodil kasutada. Samuti soovitatakse settemahutid rajada suuremad, et need suudaksid vastu võtta ka talvel teedel kastutatavad liivakogused.

- **Hooldusvajadus** – liivafiltrid vajavad pidevat ülevaatus. Regulaarselt tuleb eelmahutist eemaldada sinna settinud tahked osakesed. Avatud liivafiltri korral tuleb perioodiliselt niita filtrit katvat taimestikku ning eemaldada filterkihile langenud varis ja prügi. Kui sademevee filtreerumisperiood läbi filtri pikeneb üle 36 tunni, on vaja filtrit kattev pinnas või maa-aluse filtri korral kruusa või killustiku kiht sinna sattunud setetest puhastada või kiht uue materjaliga asendada. Korrapärase hoolduse korral on liivafiltri kasutusaeg pikk ning puhastusefektiivsus stabiilne. [32]

4.1.3.3 Biopuhvrid

Mujal maailmas kasutatakse sademevee puhastamiseks ka biopuhvrit. Biopuhvri puhul on tegemist suhteliselt suuremõtmelise, kasvupinnasega täidetud ning ülejäänud pinnasest veekindla membraaniga eraldatud basseini, mis on haljastatud (sh osaliselt ka kõrghaljastusega). Kasvupinnasest läbi filtreeruv vesi kogutakse kasvupinnase all asuva drenaažiga ning suunatakse kanalisatsiooni või edasisele käitlemisele, näiteks imbsüsteemidesse.

Kui ümbritseva pinnase hüdrauline juhtivus on piisavalt suur, siis võib biopuhver olla ka ümbritsevast pinnasest eraldamata. Sellisel juhul lastakse sademevesi pärast biopuhvri läbimist otse ümbritsevasse pinnasesse. Setete kuhjumise vältimiseks kasvupinnase peal kasutatakse sissevoolul tahkete osakeste eemaldamiseks eelpuhastust – näiteks haljastatud puhverriba. Kuigi biopuhvrid ei võimalda olulisel määral vähendada sademevee hulka, aitab nende rohke kasutamine alandada sademevee vooluhulga maksimume. Biopuhvri üks võimalik näidiskonstruktsioon on toodud joonisel 10. [32]



Joonis 10. Biopuhver [32]

Biopuhvreid saab kasutada kõvakattega aladelt kogutud sademevee puhastamiseks ja sademevee koguse vähendamiseks seal, kus on piisavalt ruumi ja sobivad tingimused biopuhvri rajamiseks. USA-s arvestatakse biopuhvri minimaalseks pindalaks 5-7% tema valgalast. Samuti sõltub biopuhvrite rajamine lokaalsetest ilmastikutingimustest.

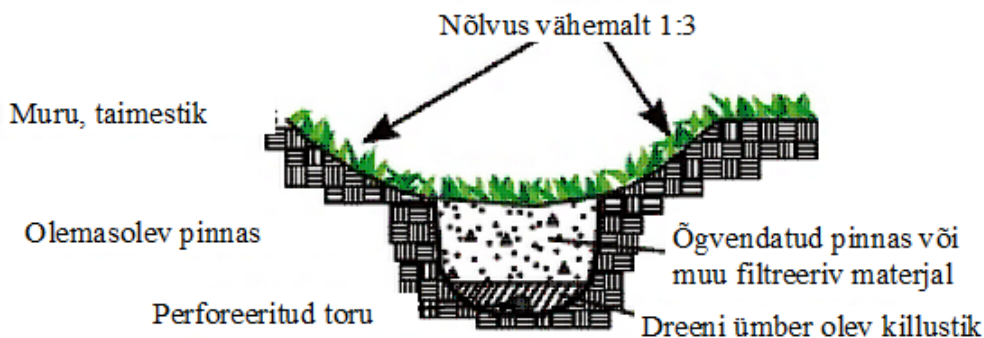
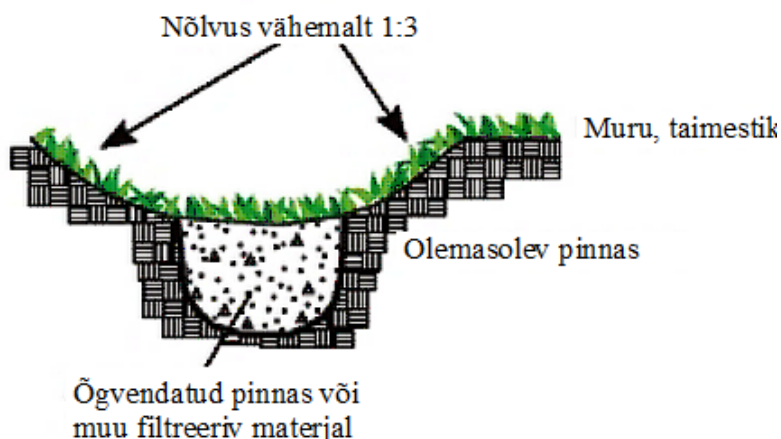
Filtersüsteeme sademevee puhastamiseks pole Eestis eriti rajatud, mistõttu tuleks nende sobivuse hindamiseks koostada eelnevalt uuringud.

4.1.4 IMBSÜSTEEMID

Sademevee kogumiseks ja puhastamiseks kasutatakse ka erinevaid imbsüsteeme. Imbsüsteemid kujutavad endast süsteeme, mis suudavad ajutiselt koguda sademevett ning juhtida seda mõnepäevase perioodi jooksul pinnasesse. Imbsüsteemid jagunevad kolme gruppi: imbkraavid, imbväljakud ning imbkaevud. [32]

4.1.4.1 Imbkraavid

Imbkraav kujutab endast kaevikulaadset, suhteliselt lühikest kraavi, mis on täidetud killustikuga või sarnase materjaliga, et luua ajutine maa-alune reservuaar sademevee hoidmiseks (vt joonis 11). Sademevesi juhitakse reservuaari ehk n-ö immutuskihti jaotustorustiku kaudu. Reservuaari kogunenud sademevesi imbib aegamisi läbi kraavi põhja pinnasesse ja sealt põhjavette. [32]

Imbkraav maa-aluse drenitoruga**Imbkraav maa-aluse drenitoruta****Joonis 11. Imbkraav [35]**

Imbkraavi peamiseks funktsiooniks on vee puhastamine enne vee immutamist. Korralikult hooldatud imbkraav suudab veest eemaldada nii tahkeid kui lahustunud saasteaineid. Saasteainete eemaldamine toimub nende filtreerumisel, adsorptsioonil pinnaseosakestele ning mikrobioloogilisel ja keemilisel lagunemisel pinnases. Puhastusefektiivsus sõltub suuresti pinnasetüübist, kuhu imbkraav on rajatud. Hinnangulised puhastusefektiivsused imbkraavi kasutamisel erinevate saasteainete puhul on toodud tabelis 5. [32]

Tabel 5. Hinnangulised puhastusefektiivsused imbkraavi kasutamisel erinevate saasteainete puhul [32]

Saasteaine	Puhastusefektiivsus
Kogu fosfor (P)	kõrge
Kogu lämmastik (N)	kõrge
Tahked osakesed	väga kõrge
Raskmetallid	väga kõrge
Biokeemiline ja keemiline hapnikutarve (BHT ja KHT)	väga kõrge
Õli ja rasv	kõrge
Bakteriaalne reostus	väga kõrge

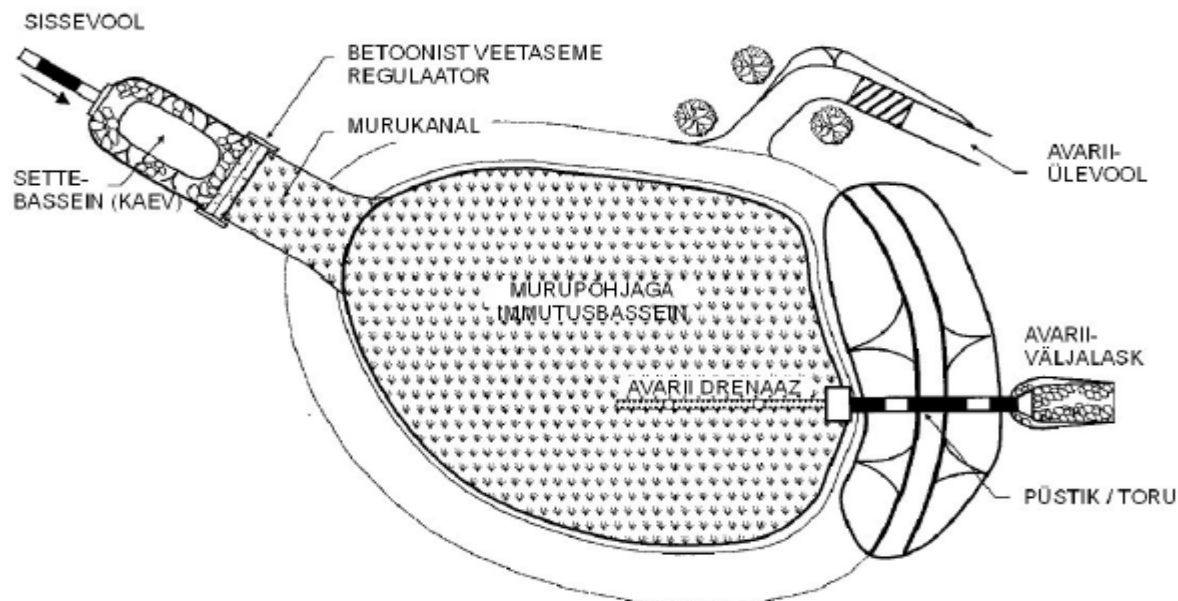
Imbkraavide rajamisel tuleb arvestada järgmiste asjaoludega:

- **Kasutusvõimalused** – kuigi vee imutamine pinnasesse töötab suhteliselt lihtsal põhimõttel, tuleb imbkraavide projekteerimisel ja rajamisel põhjaveereostuse ning imbsüsteemide ülekoormuse vältimiseks arvestada olulisel määral lokaalsete tingimustega. Imbkraave saab kasutada liiv- ja saviliivpinnastes, kus põhjavee maksimaalne tase jääb immutustasandist vähemalt 1.2 meetri sügavusele. Sobivate tingimuste olemasolul saab imbsüsteeme üsna edukalt kasutada, sest süsteemid võtavad enda alla üsna vähe pinda ning neid saab rajada praktiliselt igale poole, kus oleks vaja rakendada sademevee kohtkäitlust.
- **Tehnilised nõuded** – imbkraavid tehakse aastaringse kasutamise korral 1.2 kuni 1.8 m sügavad, ainult suvise kasutamise korral võib imbkraavide sügavuseks olla ka umbes 0.5 meetrit. Imbkraavi põhi ja küljed tuleb ümbritsevast pinnasest eraldada geotekstiiliga (filterkangaga), et vältida täitematerjali ummistumist pinnaseosakestega. Jaotustorustik tehakse umbes 100 mm läbimõõduga drenaažitorudest. Olenevalt imbkraavi juhitava vee kvaliteedist ning mahust on soovitatav ummistuste vältimiseks kasutada setitit või eelpuhastit, mis eemaldab veest suurema osa tahketest osakestest.
- **Hooldusvajadus** – efektiivsuse säilitamiseks vajavad imbkraavid pidevat ülevaatus- ning eelpuhasti (setiti) ja sissevoolu puhastamist. Regulaarselt tuleks läbipuhumisega puhastada ka jaotustorustikku. [32]

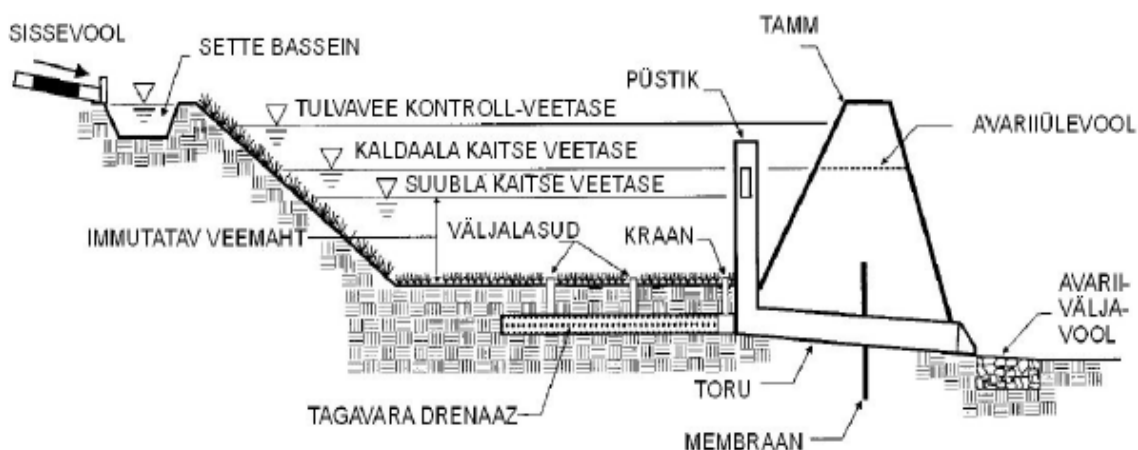
4.1.4.2 Immutusbassein

Imbväljakute (-basseinide) näol on tegemist lamedapõhjalise haljastatud väljaku või alaga, mis on igast küljest tammiga piiratud ning asub poorsel või vett hästi juhtival pinnasel (vt joonis 12 ja 13). Kui imbväljakule juhitakse sademevett, muutub see ajutiselt madala tiigi laadseks veekoguks, kus vesi mõne päeva jooksul maasse ning seal edasi põhjavette imbib. Kontrollimatu ülevoolu vältimiseks rajatakse imbväljakule tavaliselt ka alternatiivne väljavool, mis rakendub kõrge veetaseme korral. Imbväljakud sobivad ainult suviseks kasutamiseks ning sademevee infiltreerimisvõime säilitamiseks tuleb sõltuvalt imbväljakule juhitava vee kvaliteedist kasutada eelsetitit vms süsteemi, mis vähendab tahkete osakeste kandumist imbväljakule.

Sarnaselt imbkraavidele on korralikult projekteeritud ja hooldatud imbväljakud võimelised veest eemaldama nii tahkeid kui lahustunud saasteaineid. Saasteainete eemaldamine toimub nende adsorptsioonil pinnaseosakestel ning mikrobioloogilisel ja keemilisel lagunemisel pinnases. Puhastusefektiivsus sõltub suuresti pinnasetüübist, kuhu immutusbassein on rajatud.



Joonis 12. Avariülevooluga immutusbassein [32]



Joonis 13. Avariülevooluga immutusbassein ja selle ristlõige [32]

Imbväljakute rajamisel tuleb arvestada järgnevate asjaoludega:

- **Rakendusvõimalused** - imbväljakuid saab kasutada liiv- ja saviliivpinnastel, kus põhjavee maksimaalne tase jääb immutussügavusest vähemalt 1.2 meetri sügavusele. Imbväljakute rajamiseks sobivad vaid lameda kaldega, ühtlase pinnaga alad.
- **Tehnilised nõuded** – dimensioneerimisel tuleb arvestada suurel määral lokaalsete pinnase- ning ilmastikutingimustega. Imbväljak peaks optimaalse efektiivsuse jaoks olema võimeline aasta jooksul mahutama umbes 80-85% aastasest sademete hulgast selle valgala – st ümbritsevad tammid peavad olema piisavalt kõrged, et mahutada piisav hulk sademevett sõltuvalt keskmisest sademete jaotumisest. Tammide kalle ei tohiks olla järsem kui 3:1 hoidmaks ära erosiooni. Sõltuvalt pinnase hüdrauilisest juhtivusest tuleb imbväljak dimensioneerida selliselt, et kogu sademevesi imbuks pinnasesse 48 tunni jooksul. Kui

imbväljak rajatakse maapinnast madalama süvendina, siis tuleb imbväljaku kaldad piirata umbes 10 meetri laiuse puhverribaga.

- **Hooldusvajadus** – imbväljakud vajavad pidevat ülevaatust, et vajadusel parandada erosiooni mõjul tekkinud kahjustusi. Perioodiliselt tuleb tegeleda prahi eemaldamisega ja väljakut katva taimestiku niitmisega, et säilitada imbväljaku esteetilist välimust.

4.1.5 AVATUD SADEMEVEEKANALID

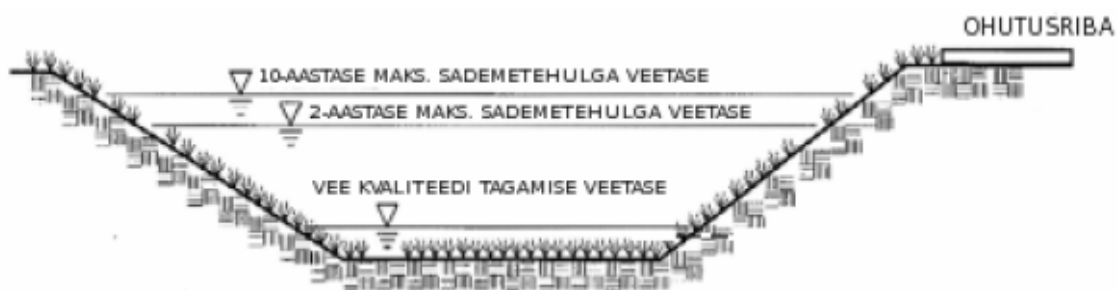
Sademevee kogumiseks ja puhastamiseks saab kasutada ka erinevaid avatud sademevee kanaleid, milles toimub sademevee käitlemine kombineerides sademevee filtreerumist läbi pindmise taimkatte ning imbumist pinnasesse. Avatud sademevee kanalid võib jagada neljaks põhitüübiks: haljaskanalid, kuivad kraavid, püsiva veetasemega kraavid ning puhverribad. Süsteemid käitlevad sademevett analoogselt, kuid erinevad veidi ehituselt ning kasutuselt. [32]

Avatud sademevee kanalite alla kuuluvaid süsteeme loetakse sademevee kogumise tiikide ning tehismärgalade kõrval üheks paremaks lahenduseks sademevee käitlemisel külmema kliimaga piirkondades. [32]

4.1.5.1 Haljaskanalid

Haljaskanalid sarnanevad paljuski tavapäraste konventsionaalsete kanalitega (kraavidega), mida kasutatakse vee ärajuhtimiseks, kuid mis tagavad täiendavalt ka sademevee puhastumise (vt joonis 14 ja foto 1). Sarnaselt filtersüsteemidele eemaldavad haljaskanalid sademeveest efektiivselt tahkeid osakesi ja heljumit, tahkete osakestega seotud raskmetalle ning vähendavad biokeemilist hapnikutarvet. Ülejäänud saasteainete suhtes toimivad haljaskanalid vähemefektiivselt.

Haljaskanalitel on laiad, suhteliselt lauged kaldad, mis on kaetud tiheda taimestikuga. Kallaste laius, kaldenurk ning kanali pikkus on otseselt sõltuv käideldava sademevee mahust ja selle pealevoolu intensiivsusest – s.o valgala suuruselt ja lokaalsetest ilmastikutingimustest.



Joonis 14. Haljaskanali ristlõige [32]



Foto 1. Haljaskanalid ristlõige [58]

Haljaskanalite kasutamise eesmärk on eeskätt vähendada sademevee löökoormust kanalisatsioonisüsteemile või suublale, aeglustades vee voolamist. Täiendava funktsioonina puhastub vesi osaliselt tahketest osakestest ja saasteainetest, voolates üle haljastatud pinna ning imbudes pinnasesse. [32]

Haljaskanalid sobivad kasutamiseks igal pool, kus on nende rajamiseks piisavalt ruumi, sobivad ilmastikutingimused püsiva haljastuse rajamiseks, maapind piisava kaldega vee äravoolu tagamiseks piki kanalit ning erosioonile piisavalt vastupidav pinnas. Haljaskanaleid saab edukalt lülitada sademeveekanalisatsiooni koosseisu, asendades nendega näiteks kõvakattega alade ääres paiknevad rentsliid jms vett koguvad ning edasikandvad süsteemid. [32]

Haljaskanalite efektiivsus sademevee käitlemisel väheneb oluliselt intensiivsemate sajujuhtude korral. Suured veehulgad ning vee kiire voolamine võivad haljaskanalid kaldaid erodeerida ning põhjustada seeläbi süsteemi kahjustumist. Seepärast ei sobi haljaskanalid kasutamiseks väga suurte kõvakattega pindade puhul, millelt toimuv äravool võib ajuti olla väga intensiivne ja suure mahuga. [32]

Haljaskanalite projekteerimisel peaks arvestama järgnevate asjaoludega:

- **Tehnilised nõuded** – haljaskanaleid ei saa erosiooniohu tõttu rajada kruusastele ning väga liivastele pinnastele, samas peaks pinnase filtratsioonijuhtivus olema vähemalt 0.3 m/ööp ning seetõttu tuleks kanalite rajamisel vältida pinnase kokkusurumist raskete masinatega. Sademevee viibeaja pikendamiseks haljaskanalid peaks kanali kalle pikisuunas olema võimalikult väike, kuid tagama siiski vee voolamise. Haljaskanalid võivad erosiooni ärahoidmiseks olla maksimaalselt kaldega 1:3.
- **Dimensioneerimine** - soovitatav haljaskanalid põhja laius on 1–2 m (maksimaalselt 2.5 m). USA-s arvestatakse haljaskanalid dimensioneerimisel 1%-7% ulatuses valgala hõivamisega sõltuvalt pinnase hüdrauilisest juhtivusest ning kallaste kaldest.

- **Hooldusvajadus** – haljaskanali puhastusefektiivsuse ning infiltratsioonivõime säilitamiseks vajab see pidevat ülevaatust, niitmist, vajadusel umbrohutõrjet ning paljanduvate kohtade taashaljastamist. Perioodiliselt tuleb eemaldada praht ning varis, mis võib takistada vee voolamist. [32]

4.1.5.2 Kuivad kraavid

Kuivad kraavid on analoogsed haljaskanalitele, kuid piki kanali põhja on rajatud kruusaga täidetud sügavam vagu, mille all asub filterkangaga eraldatud drenaažikiht ning torudrenaaž. Kuivade kraavide kasutuseesmärk on filtreerida ja puhastada sademeveet saasteainetest ning vähendada sademevee löökkormust kanalisatsioonile. Iseseisva süsteemina ei vähenda kuivad kraavid oluliselt kanaliseeritava vee hulka ning kraavi põhjast torudrenaažiga kogutud vesi vajab edasist käitlemist alternatiivsetes süsteemides või suunamist kanalisatsiooni. Kuivades kraavides filtreerub veehulk läbi filterpinnase maksimaalselt 24 tunni jooksul. [32]

Erosiooni vähendamiseks sademevee voolamisel kraavi põhjas jagatakse kuivad kraavid tavaliselt kontrolltammidega väiksemateks eraldatud üksusteks. Tammid pidurdavad vee voolukiirust ning pikendavad ka mõnevõrra sademevee viibeaega kraavis. Kontrolltammide kasutamisel saab kuivasid kraave rajada ka mõnevõrra järsematele pindadele kui haljaskanaleid, kuigi sademevee viibeaja pikendamiseks on eelistatud siiski võimalikult väikese pikilanguga kraavide kasutamine. Kuivade kraavide projekteerimise tehnilised nõuded ning hooldusvajadus on ülejäänud osas analoogsed haljaskanalitega. [32]

Kraavide kasutamine sademevee puhastamiseks on efektiivsem kui teedelt ja tänavatelt voolaval sademeveel lastakse valguda üle rohumaa madalatesse imbkraavidesse. Kraavide alla võib panna pöördfiltri ja vett ärajuhtiva dreni. Reoained, nagu õli, asfaldiosakesed jäävad rohu sisse pidama ja lagunevad. [5]

4.1.5.3 Püsiva veetasemega kraavid

Püsiva veetasemega kraavid on analoogsed sademevee käitlemiseks kasutatavate avaveeliste tehismärgaladega. Mõlemas esineb üsna madal, veidi kõikuv, kuid püsiv veetase ning kasvavad märgalakoooslustele omased taimeliigid. Püsiva veetaseme ja seega ka märgalataimede arengu tagamiseks on vajalik kõrge põhjaveetaseme olemasolu. Püsiva veetasemega kraavid on mõeldud sademevee hulga mahutamiseks ning kinnipidamiseks ~24 tunni jooksul.

Sarnaselt kuivadele kraavidele koosnevad püsiva veetasemega kraavid üksteisest kontrolltammidega eraldatud väiksematest üksustest. Erinevalt kuivadest kraavidest puudub püsiva veetasemega kraavidel drenaaž, mistõttu suudavad viimased saju korral kanaliseeritava sademevee hulka kontrolltammidega seatud veetasemele vastava hulga võrra vähendada. Võimalikult suure hulga sademevee kinnipidamiseks saab püsiva veetasemega kraavidele juurde projekteerida täiendava ruumalaga n.ö taskuid ja sügavamaid osasid.

Püsiva veetasemega kraavide projekteerimisel tuleb arvestada järgnevate asjaoludega:

- **Kasutusvõimalused** – püsiva veetasemega kraave saab kasutada aladel, kus on piisavalt kõrge põhjaveetase või vett halvasti juhtiv pinnas, mis tagab märgalataimedele sobiva kasvukeskkonna. Püsiva veetasemega kraavide kasutamise eesmärk on vähendada sademevee löökoormust kanalisatsioonile või suublale. Sarnaselt avaveelistele märgalapuhastitele puhastub kraavis seisev sademevesi, kuna tahked osakesed filtreeritakse kraavis kasvava taimestiku poolt ja setitatakse ning taimed ja mikroorganismid seovad ning degradeerivad saasteaineid.
- **Tehnilised nõuded** – sademevee viibeaja pikendamiseks püsiva veetasemega kanalis peaks kanali kalle pikisuunas olema võimalikult väike, kuid olema piisav tagamaks vee voolamise. Püsiva veetasemega kraavide kaldad võivad erosiooni ärahoidmiseks olla maksimaalse kaldega 1:3. Setete liigse kuhjumise vältimiseks tuleb sissevoolu juurde rajada eelbassein, kus suuremad tahked osakesed välja settivad.
- **Dimensioneerimisel** tuleks lähtuda lokaalsetest sajujuhtude maksimumidest arvestades sademevee viibeaga, ning kraavi maksimaalseks sügavuseks on vajalik umbes 50 cm. Püsiva veetasemega kraavi põhja soovitatav laius on 1-2 m (maksimaalselt 2.5 m).
- **Hooldusvajadus** – perioodiliselt kontrollida settinud materjali hulka ning vajadusel puhastada. Kui tahketest osakestest ning varisest jms materjalist moodustunud settekiht kraavi põhjas ületab veerandi kraavi mahust, siis tuleb settekiht eemaldada.

4.1.6 PUHVERRIBAD

Puhverribad kujutavad endast haljastatud kaldpindasid, mis asuvad kõvakattega pindade ääres ning omavad mõningast puhastusefektiivsust neist ülevoolava vee käitlemisel. Puhverribasid kasutatakse enamasti koos teiste alternatiivsete sademevee puhastussüsteemidega, peamiselt eelpuhastina. Üldjuhul koosnevad puhverribad tavapärastest muruliikidest jms vastupidavamatest heintaimedest. Ka looduslikku roheala saab puhverribana kasutada, kui see koosneb liigniisketele tingimustele vastupidavamatest taimeliikidest ning on piisavalt ühtlase pinnaga, et vältida sademevee kogunemist loikudeks.

Puhverribade põhifunktsioon on pidurdada sademevee voolukiirust, mille tagajärjel settib sademeveest välja sinna sattunud tahked saasteained. Tihedast taimkattest läbi voolates pikeneb ka sademevee jõudmine kanalisatsiooni ning eemaldatakse saasteaineid, mida taimed vajavad või akumuleerivad. Ühtlasi imbub osa sademeveest pinnasesse ning seeläbi väheneb kanaliseerimist vajava sademevee hulk.

Puhverribade puhastusefektiivsus sõltub suurel määral sellest üle voolava vee hulgast ja saasteainete sisaldusest, mistõttu on see üsna suurtes piirides varieeruv.

Puhverribade planeerimisel tuleb arvestada järgmiste asjaoludega:

- **Kasutusvõimalused** – puhverribad sobivad üldjuhul kasutamiseks koos teiste alternatiivsete sademeveepuhastussüsteemidega, nende eel-puhastina.
- **Tehnilised nõuded** – sademevee viibeaja ning puhverriba puhastusefektiivsuse optimeerimiseks peaks puhverriba kalle olema võimalikult väike, kuid samas piisav, et vältida loikude teket. Mida järsem on kalle, seda enam esineb oht erosiooniks ning veevoolu kogunemiseks üksikutesse voolukanalitesse. Väga tiheda taimkatte ning hea filtratsioonimooduliga pinnase puhul on maksimaalne võimalik kalle kuni 10%, ülejäänud juhtudel aga väiksem.
- **Hooldusvajadus** – puhverribad vajavad ülevaatus 2 – 3 korda aastas ning pärast suuremaid paduvihmasid. Kui paduvihmade tõttu on tekkinud selgelt nähtavad sügavamad vooluteed või loigud, siis tuleb pinda tasandada. Pinna osalise paljandumise korral tuleb see taashaljastada. Kaks kuni kolm korda aastas, sõltuvalt taimkatet moodustavate liikide kasvukiirusest, tuleb puhverribal niita. Taimkatte kõrgus võiks pidevalt olla vahemikus 15-30 cm. Perioodiliselt tuleks kontrollida ka puhverribale kogunenud settekihti ja vajadusel see eemaldada ning puhverriba taashaljastada.

Puhverribasid saab maanteede kõrvale rajada siis, kui olemasolev maapind on maanteega võrreldes madalamal. Seega vaba maa ja vettjuhtivate pinnaste olemasolul saab maanteekraavid rajada kaugemale ning kraavide ja maantee vahele jääb ruum puhverriba rajamiseks. Kui maantee on aga olemasoleva maapinnaga võrreldes samal tasapinnal või siis madalamal, siis puhverribade rajamine pole võimalik, sest kraavid peab sellisel juhul rajama koheselt maantee äärtesse.

4.2 ERINEVATES REGIOONIDES ENIM KASUTATAVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE LAHENDUSED

Paljudes riikides on sademevee puhastamise vajadus määratud vastavalt liiklustihedusele, kuid sademevee puhastamiseks kasutatavad meetodid on regiooniti väga erinevad. Erinevate meetodite kasutamine on enamasti tingitud regioonile iseloomulikest teguritest. Seetõttu ei pruugi näiteks soojemas kliimas kasutatavad puhastusmeetodid sobida Põhjamaadesse ning vastupidi. Alljärgnevalt on kirjeldatud lühidalt mõningates riikides kasutatavaid sademeveepuhastussüsteemide lahendusi.

Poola

Poolas on sademevee heljumist puhastamiseks hakatud rajama õli-liivapüüduid ühes (või ilma) immutus- või settebasseinidega. Maanteeametist Poola praktika kohta saadud informatsioon näitab settebasseinide kasutamist pinnaveekogude lõõkkoormuste vähendamise eesmärgil [17]. Seejuures kasutatakse suuri veekindla põhjaga settebasseine või siis immutusbasseine (või neid koos). Poola kogemuse järgi ei sobi sealses kliimas sademevee aurustumisbasseinide kasutamine.

Poolas rajatakse basseine saasteainete (heljumi ja ohtlike ainete) koormuse vähendamiseks. Rajatud settebasseinid töötavad ka sademevee tippude ühtlustamise eesmärgil, et mitte võimendada

eesvoolude tippvooluhulki ja sellega kaasnevat heljumi ärakannet. Settebasseinide projekteerimisel võetakse arvesse teede sademevee kogumissüsteemi omadusi (näiteks rohunõlvadega kraavid puhastavad vett paremini kui betoonplaatidega kindlustatud kraavid).

Rajatud settebasseinide kaldad on kindlustatud betoonplaatide või kividega, need võivad olla avadega millest taimestik läbi kasvab. Enamus settebasseine on suuremad kui 200 m². Peale teedelt kogutud sademevee puhastamist on Poolas väidetavalt lubatud naftasaaduste sisaldus heitvees kuni 15 mg/l ja heljumi sisaldus kuni 100 mg/l [17]. Eestis on mõlemad näitajad 2-3 korda rangemad.

Settebasseine puhastatakse Poolas, kui sette paksus ületab 0.2 m (see sõltub ka basseini sügavusest, sügavates basseinides võib sette paksus olla ka suurem). Kõigil settebasseinidel on väljavoolu hädasulgur vältimaks vedelate ohtlike ainete transpordivahenditega toimunud õnnetustel mahavalgunud ainete veekogusse sattumist. Ohutuse mõttes on settebasseinid ümbritsetud aedadega. Poola settebasseinide pikaajaline töö on näidanud vajadust tegeleda settebasseini elama asunud kahepaiksetele elutingimuste tagamisega.

Rootsi

Rootsis kasutakse nii reovee kui ka sademevee puhastamiseks tihti märgalasid. Soovituslikult tuleb sademevee käitlemise vajadust Rootsis analüüsida alates liiklustihedusest 30 000 autot ööpäevas.

USA

USA-s on kasutusel väga mitmed sademevee käitlemise meetodid, kaasa arvatud viibebasseinid, settebasseinid, märgalad, biofiltrid (taimkattega pikad madalad kraavid või taimkattega ribad) ja liivafiltrid. Kõige enam on USA-s levinud märgalapuhastite kasutamine. Märgalapuhastite rajamine on parim lahendus just nende madala rajamishinna tõttu ning heljumi, orgaanilise aine, raskmetallide, süsivesinike ja mitteorgaaniliste soolade käitlemisel.

Uus-Meremaa

Uus-Meremaal kasutatakse sademevee kogumiseks ja puhastamiseks väga erinevaid meetodeid. Kasutust on leidnud väga madalate, laiade ja taimestikuga kaetud kraavide kasutamine. Kasutust on leidnud ka spetsiaalselt vihmavee kogumiseks rajatud ning puittaimestikku ja taimi täis istutatud tehislohud maapinnas. Selline lahendusviis võimaldab vihmavee äravoolu vettpidavatelt aladelt nagu katused, sõiduteed, kõnniteed, parklad jne. Samuti kasutatakse Uus-Meremaal liivafiltreid ja filterribasid.

Seisvatest veekogudest on Uus-Meremaal kasutusel infiltratsioonibasseinid, sademevee kogumistiigid ning märgalad. Kasutusel on ka liiva- ja õlipüüdurid. Samuti kasutatakse linnades kõvakattega aladelt kogutava vee jaoks imbtiike. Tiikidel on sademeveekanaliseerimisega ühendatud ülevoolukaevud. Imbalade parim taimkate on kõrge rohi, mida niidetakse ainult kord või kaks aastas.

4.2.1 KOKKUVÕTE

Üldjoontes kasutatakse maailmas ühesuguseid või sarnaseid sademevee kogumise ja puhastamise süsteeme. Sademeveesüsteemi valik ning suurus sõltuvad regioonile iseloomulikest keskkonnatingimustest (sademed, kliima, geoloogia, reljeef) kui ka sademevee puhastamiseks vajaliku maa-ala olemasolust.

5 EESTIS KASUTUSEL OLEVAD SADEMEVEE PUHASTAMISE MEETODID

Suurematelt teedelt koguneva sademevee puhastamisega pole Eestis pikemaajaliselt kokku puututud. Veekogude äärsetel teelõikudel välditakse sademevee juhtimist otse veekogusse, eelkõige teealadel, mille liiklustihedus on suurem kui 15 000 autot/ööp. Maanteeameti 22.02.2011 avaldatud andmetel vähenes aga 2010. aasta kokkuvõtete põhjal liiklussagedus riigimaanteedel võrreldes 2009. aastaga 4.2%. Seega, muutused Eesti majanduses kajastuvad otseselt ka liiklusloendustulemustes. Kui aastatel 1998- 2007 toimus pidev liiklussageduse kasv, mis ulatus põhi- ja tugimaanteedel kesktlõbi 6 – 10%-ni aastas, siis aastatel 2008-2010 liiklussagedus vähenes. 2010. a vähenes võrreldes 2009. aastaga liiklus põhimaanteedel 4.0%, tugimaanteedel 3,7% ja kõrvalmaanteedel 6,3%. [14]

Liiklussagedusest hoolimata on Eestis hakatud viimasel ajal rõhutama sademevee puhastamise vajadust. On hakatud rajama lahkvoolseid kanalisatsioonisüsteeme ning puhastama parklatelt tulevat sademevett enne kanalisatsiooni juhtimist.

Sademevee immutamine

HELCOMi (Läänemere Keskkonnakaitse Komisjon) soovitude kohaselt on sademevee pinnasesse immutamine üks sademevee käitlemise prioriteetseid viise.

Vabariigi valitsuse määruse nr 99 (vastu võetud 29.11.2012) „**Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed**“ §5 lõigu 4 kohaselt tuleb sademevett käsitleda saastatud sademeveena, mis vajab enne suublasse juhtimist puhastamist kui selle reostusnäitajad ei vasta käesoleva määruse lisas 1 sätestatud reostusnäitajate piirväärtusi [3].

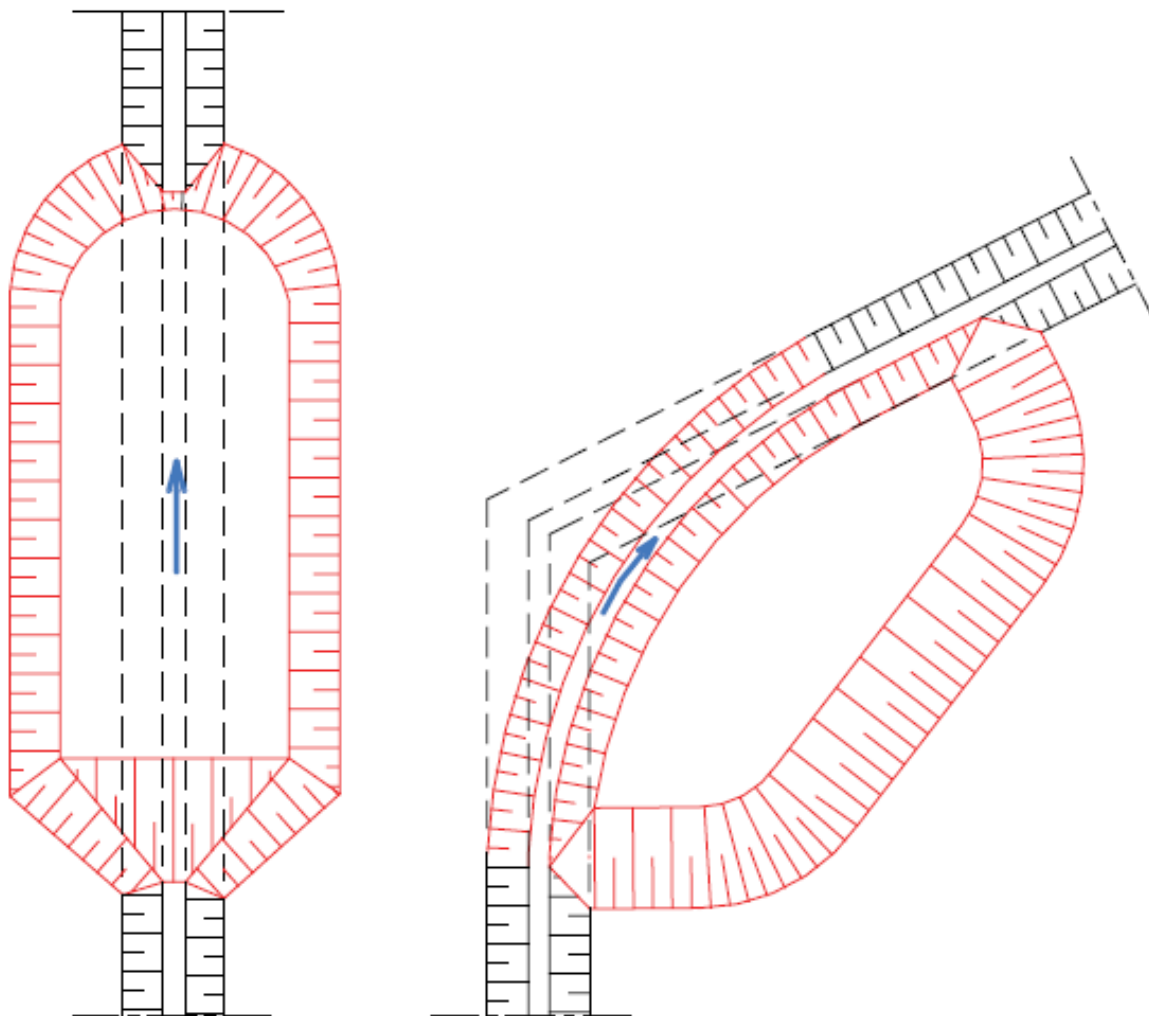
Eestis kasutatakse imbväljakuid ja immutusbasseine, kuid seda enamasti reovee puhastamisel ja immutamisel. Sademevee kogumise ja puhastamise eesmärgil on rajatud väljavooluta tiike, mille ülesandeks on kokkukogutava sademevee immutamine. Sellistele immutusbasseinidele on soovitatav rajada settebassein heljumi kinnipüüdmiseks ning ummistuste ärahoidmiseks. Ühed uuemad sademevee immutusbasseinid on rajatud Kukruse-Jõhvi teelõigule ning Luige eritasandilisele ristmiku juurde.

Settebasseinid

Sademevee kogumiseks ja puhastamiseks on Eestis kasutatud ka settebasseine (vt joonis 15). Settebasseinid kujutavad endast mitmeosalist, püsiva veetasemega basseinide ning mõnikord madala märgala sarnast kompleksi.

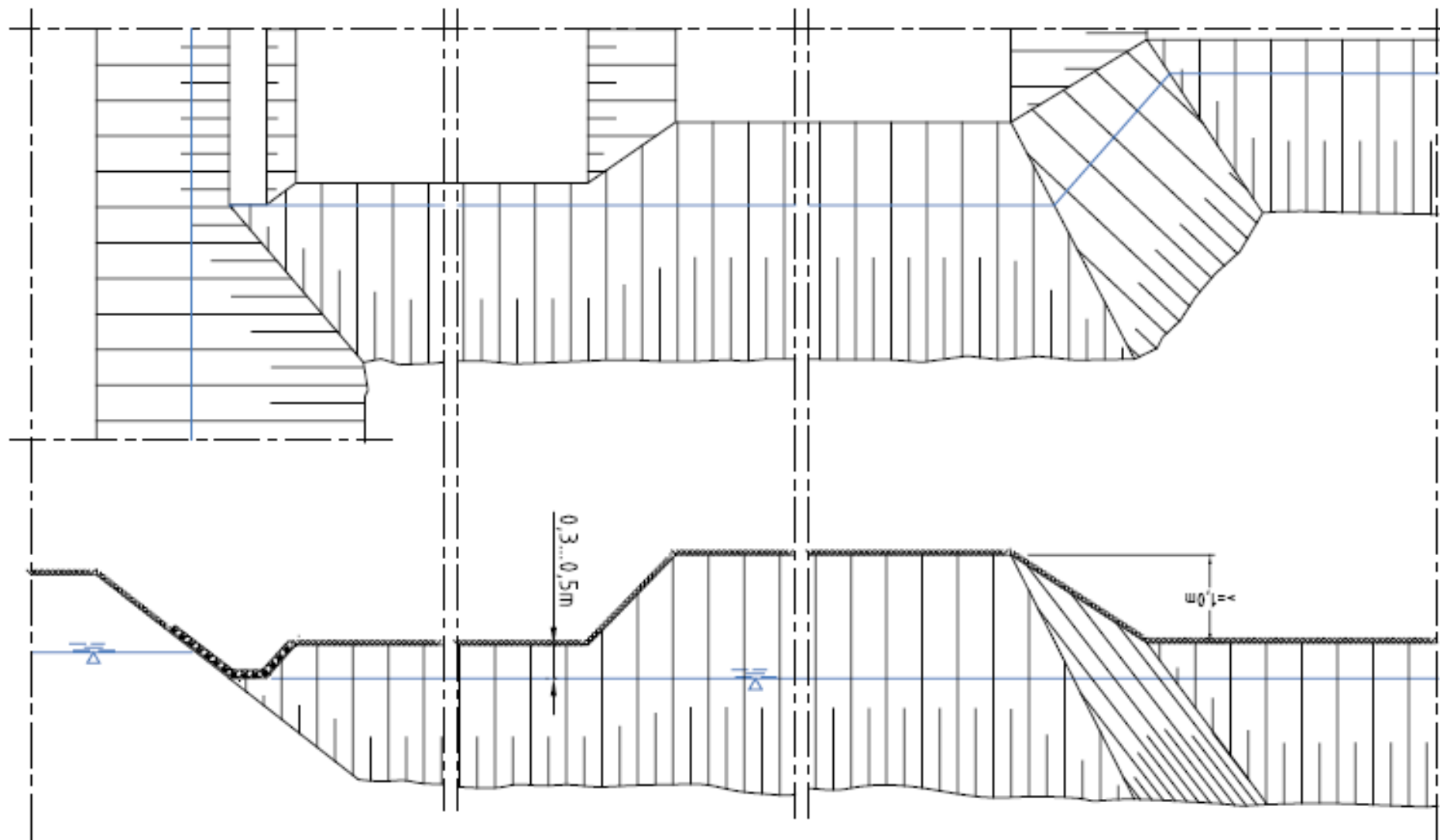
Settebasseinid on eriti laialdaselt kasutusel maaparanduses. Maaparanduses kasutatav settebassein peab kinni püüdma mittereostustundlikus eesvoolukraavis liikuva sette. Üksikrajatistena on settebassein kraavil vajalik kohtades, kus veevoolu transpordivõime oluliselt väheneb. Basseini veemaht määratakse tingimusest, et vajalik on 1.5-2.0 m³ vett basseini valgala hajureostuse leviku

ohtliku ala hektari kohta. Kraavi sirgel osal projekteeritakse basseini sümmeetriliselt kraavi telje suhtes, kraavi käänakule nihutatuna kurvi siseküljele. [25]



Joonis 15. Settebasseini kujunduskeemid maaparanduses [25]

Üldjuhul rajatakse settebassein koos puhastusloduga (vt joonis 16). Puhastuslodu peab bioloogiliselt puhastama pinna- ja drenivee ning kinni pidama reostusohhtlikult alalt tulla võiva vähese settehulga. Puhastuslodu on 0.3 kuni 0.5 m sügavuse veega ja makrofütidega (soovitavalt pilliroog ja hundinui) kaetud tehismärgala kuivendusvõrguta maa looduslikul voolunõlval, kraavil või drenaažisüsteemi suudmes. Vajalik püsiv veesügavus tagatakse lodu lõpus oleva ülevoolulävendiga ja pinnavee sissevool lodusse kaldavalliga. Puhastuslodu põhja pindala peab olema vähemalt 25 m² ja lodude kogupindala peab moodustama vähemalt 0.5% (1% rasketes, 0.7% keskmistes ja 0.5% kergetes pinnastes) maaparandussüsteemi või selle osa hajureostuse ohtliku ala pindalast. [25]



Joonis 16. Settebassein ja puhastuslodu [25]

Settetiike võib Eestis kohata nii Loo-Maardu teelõigul kui ka Luige eritasandilisel ristmikul.

Kraavid ja rennid

Kõige enam kasutatakse Eestis avatud sademeveesüsteeme ehk kraave. Seda lahendust kasutatakse nii maaparandusliku kuivendamise kui ka lihtsalt sademevee ärajuhtimise eesmärgil.

Maaparandusliku kuivendamise eesmärgil suunatakse drenide ja muude kuivendusehitiste kaudu vesi kuivenduskraavi, mille kaudu suunatakse see omakorda eesvoolu.

Kraavid täidavad osaliselt ka sademevee puhastamise eesmärgi, nad eemaldavad sademeveest tahkeid osakesi ja heljunit, samuti osakestega seotud raskmetalle. Kraavid vähendavad ka biokeemilist hapnikutarvet (BHT). Kraavide puhastusvõimet vähendavad valed parameetrid ja vähene hooldus. Kraavide valel dimensioneerimisel võivad hakata kraavi kaldad varisema ning vähese hoolduse korral ei likvideerita takistusi piisavalt kiiresti ja rajatud kraavid ei tööta eesmärgipäraselt.

Sademevee juhtimiseks kasutatakse ka voolurenne, kuid neid kasutatakse pigem väiksemate süsteemide puhul.

Sademevee kogumise tiigid

Sademevee kogumiseks kasutatakse ka selleks ette nähtud kogumistiike. Sademevee kogumise tiigid suudavad ajutiselt mahutada paduvihma tagajärjel tiigi valgalas maha sadanud veehulga ning äravool tiigist toimub pikema (kuni mõnepäevase) perioodi jooksul, mille vältel osa veest ka aurub ja infiltreerub tiigi märgalalaadses osas.

Liiva- ja õlipüüdurid

Suurematelt asfaltplatsidelt sademevee kogumiseks ja puhastamiseks on ette nähtud liiva- ja õlipüüduri paigaldamine. Neid kasutatakse enamjaolt parklate, sõiduteede, tööstusettevõtete jms sademevee puhastamiseks: kergete süsivesinike (õli, naftasaadused jms), tihedusega alla 0.85 g/cm³, eraldamiseks veest. Õigesti dimensioneeritud ja hooldatud õlipüüdur tagab vastavalt standardile EVS-EN 858 – 1:2002 süsivesinike sisalduse alla 5 mg/l [54].

Voolukiirus püüdurisse sisenedes aeglustub ning raskemad osakesed nagu liiv ja sete vajuvad põhja püüduri esimeses osas. Veest kergemad suuremad rasva- ja õliosakesed tõusevad pinnale. Veest hõljuvad kerged osakesed filtreeritakse selgitis. Osa heljumi moodustanud süsivesinikest koonduvad suuremateks tilkadeks ning tõusevad pinnale. Teised kogutakse koagulaatori seintele.

Olenevalt platsi suurusest ning eesmärgist (nt parklad) kogutakse ja puhastatakse sademevesi liiva- ja õlipüüdurites ning seejärel suunatakse vesi sademeveekanaliseerimise või immutatatakse olemasolevale haljasalale.

Eestis on õli-liivapüüduriteks rajatud ka vettpidavaid kõvakatttega tiike (Kukruse-Jõhvi teelõik, vt peatükk 6.1).

6 EHITATUD JA EHITAMISEL OLEVATE LIIKLUSSÕLMEDE SADEMEVEE KOGUMISE JA PUHASTAMISE LAHENDUSED

Liiklustiheduse suurenemise tõttu on sademevee kogumise ja puhastamise teema Eestis viimastel aastatel muutunud väga aktuaalseks. Seoses sellega on hakatud rajama erinevate lahendustega puhastussüsteeme.

Kobras AS poolt koostatud uuringus käsitletakse lähiminevikus ehitatud sademeveesüsteemide lahendusi, uuritakse nende efektiivsust ja tekkinud probleeme. Maves AS poolt koostatud aruandes esitatakse teedelt koguneva sademevee ja sette koostise määramise tulemused uuritud objektidel.

6.1 KUKRUSE-JÕHVI TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEMID

Üheks kõige uudsema sademevee kogumise ja puhastamise lahendusega on 2009-2010. aastal ehitatud Kukruse - Jõhvi teelõik. Sademevee puhastamiseks antud objektile on kasutatud esmakordselt immutusbasseini (vt fotod 2-15).

Kukruse-Jõhvi teelõigul rajati kokku seitse sademeveesüsteemi. Tüüplahendusena kasutati sademevee puhastamiseks vettpidava põhjaga õli-liivapüüdurit ning selle järel olevat immutusbasseini sademevee kõrvaldamiseks. Sademevee kogumiseks ning juhtimiseks basseinitesse oli ette nähtud rajada kraavid ning eraldusribale drenitoru.

Teostusjooniste järgsed sademeveesüsteemide lahendused Kukruse-Jõhvi teelõigul vaadati Kobras AS spetsialistide Erki Kõnd ja Heleen Vene poolt looduses üle 19.09.2012 ja 15.04.2013 ning fotografeeriti.

6.1.1 ÜLEVAATUS

Ülevaatuste ajal esines kõigis õli-liivapüüdurites vesi, mis tõestab, et õli-liivapüüdurid on veekindlad. Immutusbasseinid olid enamjaolt kuivad, vaid I ja VII sademeveesüsteemi immutusbasseinides esines vesi (vt fotod 2...15). Immutusbasseinide kuivus võib olla tingitud sellest, et veetase pole olnud piisavalt kõrge, et vesi õli-liivapüüduritest immutusbasseinidesse voolaks. Samuti pole võimalik ka

väide, et osades immutusbasseinides pole immutamist veel toimunud. See võib olla tingitud sellest, et teedelt kogutav sademevesi on imbunud juba kogujakraavides.



Foto 2. Kukuruse-Jõhvi I süsteem, sissevool liivapüüdurisse



Foto 3. Kukuruse-Jõhvi I süsteem, immutusbasseini sissevool liivapüüdurist



Foto 4. Kukuruse-Jõhvi II süsteem, sissevool liivapüüdurisse



Foto 5. Kukuruse-Jõhvi II süsteem, immutusbasseini sissevool liivapüüdurist



Foto 6. Kukuruse-Jõhvi III süsteem, vaade liivapüüdurile



Foto 7. Kukuruse-Jõhvi III süsteem, vaade immutusbasseinile



Foto 8. Kukruse-Jõhvi IV süsteem, vaade liivapüüdurile



Foto 9. Kukruse-Jõhvi IV süsteem, vaade immutusbasseinile



Foto 10. Kukruse-Jõhvi V süsteem, vaade liivapüüdurile



Foto 11. Kukruse-Jõhvi V süsteem, vaade immutusbasseinile



Foto 12. Kukruse-Jõhvi VI süsteem, vaade liivapüüdurile



Foto 13. Kukruse-Jõhvi VI süsteem, vaade immutusbasseinile



Foto 14. Kukruse-Jõhvi VII süsteem, vaade liivapüüdurile



Foto 15. Kukruse-Jõhvi VII süsteem, vaade immutusbasseinile

Kukruse - Jõhvi immutusbasseinilt alalt vee kogumiseks rajatud kraavid olid vähesel määral veega täidetud (vt foto 16 ja 17). Võib eeldada, et ka selles osas on sademevesi imunud kraavidesse.



Foto 16. Kogumissüsteemita ala äravoolukraav



Foto 17. Kogumissüsteemita ala äravoolukraav

6.1.2 KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA

Eestis esimest korda kasutusele võetud uudsete sademeveesüsteemide ülevaastusel nähti mitmeid küsimusi tekitavaid situatsioone, mida tuleks tulevikus vältida.

Avarii-ülevoolud

Olemasolevate õli-settebasseinide ja immutusbasseinide süsteemide vaatlusel tekkisid küsimused avarii-ülevoolude asukohtade kohta. Avarii-ülevoolude asukohad paiknevad läbimõttlematutes kohtades. I sademeveesüsteemi juures asub avariiväljavool kõrgemal kui kaugemal asuv elumaja (vt foto 18). VII sademeveesüsteemi puhul võib täheldada seda, et veetase õli-liivapüüduris on kõrgem

kui immutusbasseini taga asuv olemasolev maapind (vt foto 19). Kui tekib olukord, kus kõrge veetaseme korral hakkab avarii-ülevool tööle, siis on ümberkaudne põllumaa ja õueala üle ujutatud.



Foto 18. Sademeveesüsteemi I avarii ülevool



Foto 19. Vaade sademeveesüsteemile VII

Sademeveesüsteemide üldine seisukord

Ehitatud sademeveesüsteemide üldine olukord on hea. Vaatluste käigus oli näha vaid mõned üksikud konstruktsiooni lagunemise ning vajumise märgid (vt foto 20).

Projekteeritud sademeveesüsteemidel tuleb tulevikus teostada vaatlusi, ennetamaks truubitorude ummistumist ning tagamaks tiikide konstruktsioonide püsijäämist.



Foto 20. Liivapüüdu ülemine serv

Truupide läbimõõdud

Sademeveesüsteemide ülevaatus käigus tekkisid küsimused seoses truupide läbimõõtudega (vt fotod 21 ja 22). Leidus mitmeid kohti, kus kraavi suubus suurema läbimõõduga truubitoru kui sealt väljus.

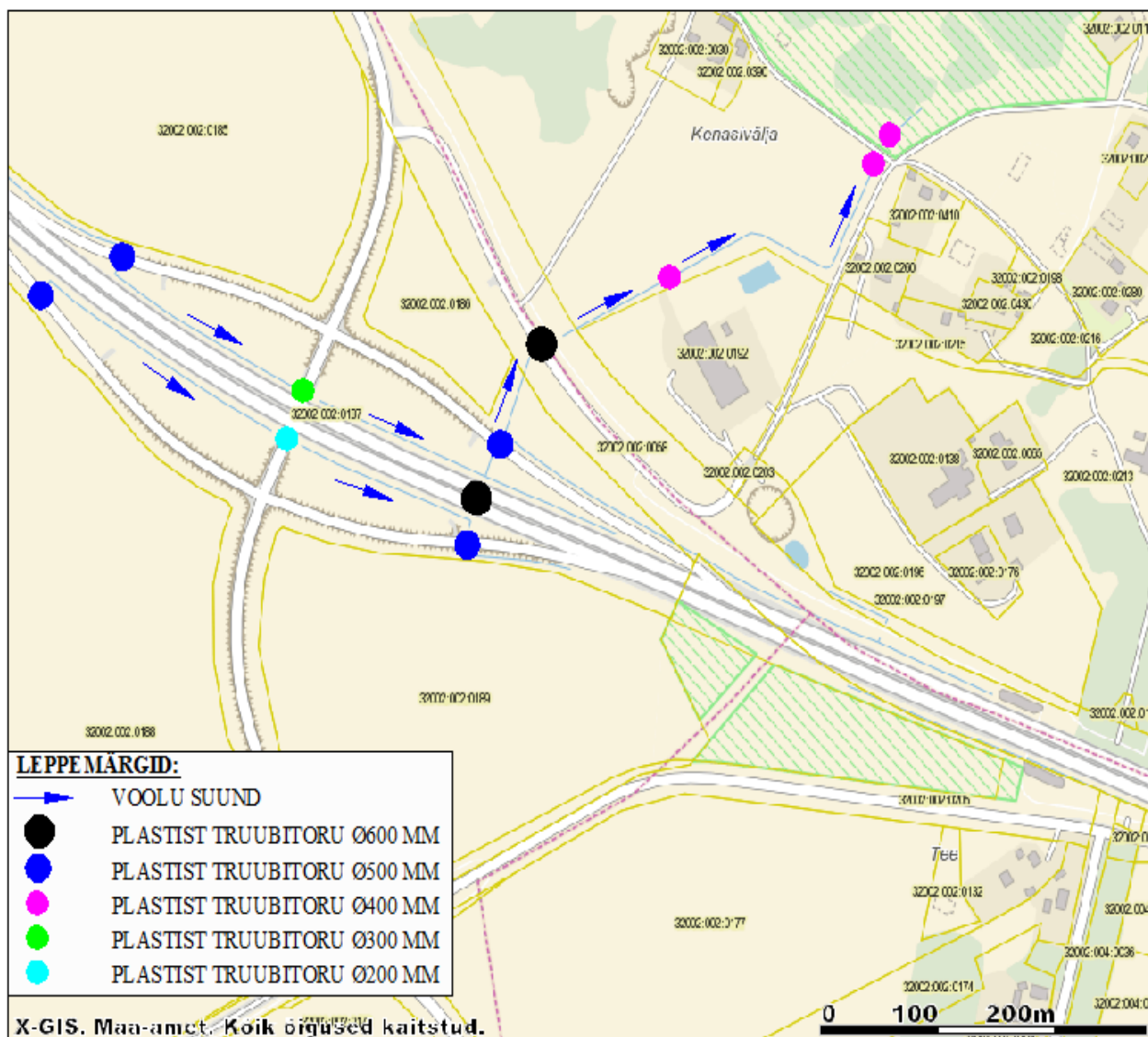
Suuremate maantee- ja kiirteede alt kraavi suubuvate truubitorude läbimõõt on põhjendatav teede- ja sideministri määrusega nr 55 „Tee projekteerimise normid ja nõuded“ (vastu võetud 28.09.1999), mille kohaselt peab truubi projekteerimisel kiirteele ja I klassi maanteele arvestama 1% arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosusega. Samuti peab truubi ava projekteerimisel arvestama lisaks vooluhulgale ka truubi pikkuse sõltuvust truubi läbimõõdust. Truup, läbimõõduga Ø50...90 cm on lubatud rajada kuni 30 m pikkune. Kui truup on pikem kui 30 m, siis peab see olema vähemalt Ø1.0 m läbimõõduga. Sellest tulenevalt on maantee- ja kiirteede alt tulevate suurema läbimõõduga truubitorude suubumine kraavi põhjendatud.

Põhjendamata on aga sademevee kogumissüsteemita alalt tuleva vee juhtimisel mööda kraave truubitoru erinevate läbimõõtude kasutamine. Arusaadav on, et maanteealused truubitorud on suurema läbimõõduga, kuid käsitletaval alal on kõige väiksema läbimõõduga truubitoru kõige viimaseks truubiks. Antud juhul tähendab see seda, et truubi läbimõõt valgala suurenedes väheneb (vt joonis 17).

Kuigi vaatluste käigus selgus, et selline lahendusviis pole siiani probleeme tekitanud (vesi imub pinnasesse), siis pole selline projekteerimisviis siiski põhjendamata aktsepteeritav.



Foto 21. Vaade maanteetruubile ja väljavoolutorule Foto 22. Vaade väljavoolutorule



Joonis 17. Ebamäärased trubitoru läbimõõdud sademeveekogumisbasseinita alal

Arusaamatuks on jäänud ka kohad, kus truu suubub kraavi ning seejärel on mõne meetri pärast rajatud uus trubikoht (vt foto 23 ning foto 24).



Foto 23 ja 24. Sademevee kogumisbasseinita maa-ala väljavool

Kokkuvõte

Üleüldine Kukruse-Jõhvi teelõigule rajatud sademeveesüsteemide seisukord on hea. Rajatud õli-settebasseinid ja immutusbasseinid on heas seisukorras ning veekraavides ei esine ülemäärast setet, voolukahjustusi ega nõlvade kahjustusi. Sellegipoolest pole 2010. aastal valminud Kukruse-Jõhvi teelõigu sademeveesüsteem veel eesmärgipäraselt tööle hakanud, sest hea veeimavusega liivpinnaste ja altkaevandatud ala sügava põhjaveetaseme tõttu on vee läbivool õli-liivapüüduritest väike.

Ettepanekud

Vaatluste käigus kogutud informatsiooni põhjal on ette nähtud mõningased ettepanekud olukorra parandamiseks ning paremaks toimimiseks.

Kukruse-Jõhvi teelõigule rajatud sademeveesüsteemide õli-liivapüüduritest vajab esimesena puhastust II süsteemi settebassein, kuhu on ilmselt sademeveega kandunud liiva kraavidest ja teemuldest. Ülejäänud õli-liivapüüdurid lähitulevikus veel puhastust ei vaja.

Samuti tuleks teatud aja tagant kontrollida olemasolevate sisse- ja väljavoolutorude otsi, sh sissevoolude ees olevaid sademeveekaeve, tagamaks vee takistusteta voolu.

6.2 LOO-MAARDU TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEMID

2010-2012. aastal ehitatud Loo-Maardu teelõigu sademevee kogumiseks ja puhastamiseks rajati lisaks kogumissüsteemile ka õli-liivapüüdurid (settebasseinid) enne sademeveelaske Kroodi ojasse ja Pirita jõkke. Erinevalt Kukruse-Jõhvi kõva põhjaga vettpidavatest õli-liivapüüduritest on Loo-Maardu teelõigu õli-liivapüüdurid pinnasesse kaevatud ruudukujulised süvendid, kus veepinnaalne äravool väldib veepinnal olla võivate naftasaaduste sattumist basseinidest eesvoolu.

6.2.1 ÜLEVAATUS

Loo-Maardu teelõigul olevate puhastussüsteemide ülevaatus teostati 20.09.2012 ja 16.04.2013. aastal. Kobras AS spetsialistid hindasid süsteemide üleüldist seisukorda. Ülevaatuste ajal toimus Loo-Maardu teelõigu sademeveesüsteemides vee sisse- ja väljavool.

Pirita õli-liivapüüdur

Kevadise vaatluse ajaks oli Loo-Maardu teelõigu sademeveesüsteemi Pirita liiva-õlipüüdur äsja settest puhastatud (vt fotod 25 ja 26). Vesi settebasseinis oli pruunikat värvi, õlikirmet veepinnal ei eksisteerinud ning Pirita jõkke suubuva väljavoolutoru juures erilist lõhna tunda ei olnud.

Vooluhulk väljavoolutorus oli ~20 l/s (vt foto 27). Loo-Maardu teelõigu Pirita sademeveesüsteemi veekogused on võrreldes rekonstrueerimisele eelnenud perioodiga suurenenud, sest vett lisandub ka teealuse tunneli sademeveepumplatest.



Foto 25. Pirita. Vaade liiva-õlipüüduri sissevoolu juurest



Foto 26. Pirita. Vaade liiva-õlipüüdu sissevoolul



Foto 27. Pirita jõkke väljavool

Vaatluste käigus oli näha, et piki Peterburi maanteed kuni liiva-õlipüüdurini kulgeva kogujakraavi nõlvad on vee mõjul varisenud (vt fotod 28 ja 29). Varisemisjälgi on näha kogu kraavi ulatuses.



Foto 28. Maardu. Truup maantee all



Foto 29. Maanteetruubi väljavool binokkeltruubist

Kroodi õli-liivapüüdur

Ka Loo-Maardu teelõigu Kroodi oja äärse õli-liivapüüdu kokkujooksusüsteemi õli-liivapüüdur oli ülevaatusel ajaks settest puhastatud (vt foto 30). Väljakaevatud sete oli pruunikas ning sisaldas enamjaolt liiva ja kruusa. Vesi settebasseinis oli pruunikat värvi ja õlikirjet veepinnal ei eksisteerinud.



Foto 30. Vaade Kroodi oja äärsele õli-liivapüüdurile

Väljavoolul Kroodi oja esines mõningal määral ebameeldivat lõhna, samuti esines veekogu pinnal õlikirmet (vt fotod 31 ja 32), nende põhjus pole selge.



**Foto 31. Sissevoolukraav
õli- ja liivapüüdurisse**



Foto 32. Väljavool Kroodi oja

Ülevaatusel täheldati ka halli värvuse ja ebameeldiva lõhnaga vee esinemist Peterburi tee alt tulevast truubitorust (vt fotod 33 ja 34). Ülevaatus käigus avastati, et vee värvus ja ebameeldiv lõhn saavad alguse kogujateede vahele ja alla jäänud kunagise süvendi täitmiskohast.



Foto 33. Maardu. Vaade kahtlase värviga ja ebameeldiva lõhnaga veega kraavilõigule



Foto 34. Maardu. Vaade truubitoru väljavoolule, kus esineb ebameeldiva lõhnaga vesi

6.2.2 KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA

Loo-Maardu teelõigu sademeveesüsteemi alal on kõrge põhjaveetase, mistõttu esineb kraavides vesi. Samuti on sademeveesüsteemide kraavid täis settinud. Enamasti on see tingitud valesti dimensioneeritud ja kindlustamata kogujakraavide varingutest, sest nende ehitamisel pole arvestatud maa-alal levivate liivpinnastega. Mingil määral võib kraavide erosioon olla tingitud ka ehitusaegsest perioodist, kui kraavi ja teemullede taimestik polnud veel piisavalt kinnistunud.

Valesti dimensioneeritud ja kindlustamata kogujakraavide nõlvade varisemise tõttu vajavad Loo-Maardu teelõigu õli-liivapüüdurid sagedast puhastamist.

TÄHELEPANEKUD

Sademeveesüsteemide üldine seisukord

Loo-Maardu teelõigu sademeveesüsteemid on lihtsa lahendusega süsteemid, mille peamiseks probleemideks on sette kogus ja kogunemine ning kraavi nõlvade erosioon.

Nõlvade erosioon

Mõlema Loo-Maardu teelõigu sademevee kogumissüsteemi kõige suuremaks probleemiks on nõlvade varingud. Varisenud on nii kogujakraavide nõlvad, maantee pinnasnõlvad kui ka pinnasnõlvadel asuvad kivi-kindlustusega voolurennid (vt fotod 35 ja 36). Nõlvade varingud tekitavad kraavi paisutust ega lase kraavil eesmärgipäraselt toimida.



Foto 35. Pirita, varisenud nõlvadega kraav Peterburi maantee kõrval



Foto 36. Maardu, varisenud sademevee äravoolunõva maanteelt vaadatuna

Truubid

Ülevaatusel selgus, et mõned truubid on osaliselt kas täissettinud (vt fotod 37 ja 38) või on vooluga kaasakantud pinnas settinud truupeide ette. Praeguse seisuga ei ole sete veel veevoolu takistanud, kuid tuleviku perspektiivis oleks otstarbekas truubid ja truubiesised settest puhastada.



Foto 37. Maardu, täissettinud truup



Foto 38. Maardu, sete truubitoru ees

Kaevud

Uurimistööde käigus selgus, et Kroodi oja juures asuva õli-liivapüüduri kõrval oleval väljavoolukaevul puudus kaevukaas (ära varastatud).

ETTEPANEKUD

Olemasolevaid õli-liivapüüduid tuleb regulaarselt settest puhastada. Sette tekke ja leviku vähendamiseks on otstarbekas vähendada kraavikallaste nõlvusi, kindlustada pideva veevooluga

kraavid ning rajada murukattega nn nõva tüüpi kraavid aladele, kus pinnaveevool pole püsiv. Kaaluda tuleks ka liivpinnaste levikualal teekraavi rajamist teemuldest kaugemale nii, et kraavi nõlv poleks teemulde nõlva otsene pikendus. Selline lahendusviis vähendaks kraavidesse pinnase kandumist, samuti oleks suurem ka sademevee viibeaeg ja vesi puhastuks taimkattega kaetud alal rohkem. Liivpinnaste levikualal ulatub kraavi kuivendav mõju kaugemale ja pole vajadust rajada kraav kohe teemulde kõrvale.

Soovituslikult tuleks ka iga teatud aja tagant läbi viia vaatlused, kontrollimaks truupide ja kraavi nõlvade seisukorda, vältimaks paisutuse ohtu.

Õnnetusjuhtumite vältimiseks tuleks õli-liivapüüdurid ümbritseda piirdeaedadega. Samuti tuleb tagada, et kõikidel kaevudel oleksid ohutuse eesmärgil olemas vargakindlamad kaevukaaned.

6.3 VAIDA-ARUVALLA TEELÕIGU SADEMEVEESÜSTEEM

2007-2008. aastal teostatud Vaida-Aruvalla teelõigu ümberehituse käigus rajatud sademeveesüsteem on ilma sademeveebasseinideta. Sademeveesüsteemi rajamisel on järgitud alal olnud varasema neljarajalise tee lahendusi, kaasajastades need tee rekonstrueerimise käigus. Vaadeldav teelõik paikneb looduslikult liigmärjal alal, kus ümbritsevad põllumaad vajasisid kuivendamist.

6.3.1 ÜLEVAATUS

20.09.2012 ja 16.04.2013. aastal Kobras AS poolt teostatud üldise seisukorra uuringu käigus midagi ebaharilikku ei avastatud.

Kraavid olid heas seisukorras ning kraavides esines vähesel määral veevool (vt fotod 39 ja 40). Kraavi põhi ja kaldad olid kindlustatud ning kindlustus täitis oma eesmärgi.



Foto 39. Vaida-Aruvalla. Vaade kiirtee vahelisele



Foto 40. Vaida-Aruvalla. Vaade Vaida jalakäijate sillale

sademeveesüsteemile

Vaida-Aruvalla sademeveesüsteemi pinnavesi jõuab maaparanduskraavide kaudu Pirita jõkke.

6.3.2 KOKKUVÕTE

Vaida-Aruvalla teelõigu sademeveesüsteemide seisukorra kohta midagi negatiivset öelda ei ole. Dreenid toimivad ning kogumiskraavid täidavad oma ülesannet. Olemasolevale süsteemile õli-liivapüüduuri rajamine pole vajalik, suubla asub kaugel.

6.4 LUIGE ERITASANDILISE RISTMIKU SADEMEVEELAHENDUS

Üldise seisukorra ülevaatus teostati ka ülevaatusel hetkel oleva Luige eritasandilise ristmiku sademeveelahendusele.

6.4.1 ÜLEVAATUS

Luige eritasandilise ristmiku lahendusega tutvuti 21.09.2012 ja 16.04.2013. aastal vahetult peale kevadist sula. Sügisese ülevaatusel ajal olid ehitustööd veel pooleli, kuid kevadise ülevaatusel ajaks oli ehitamine juba lõppjärgus. Ülevaatusel käigus vaadeldi nii ida- kui ka läänepoolset sademevee puhastussüsteemi.

Idapoolne settebassein

Kevadise ülevaatusel ajal oli idapoolne settebassein heas seisukorras (vt foto 41). Settebassein oli veega täidetud ning basseini põhjas esines sete. Settebasseinis oleval sademeveel õlikirjet ei esinenud ning ebameeldivaid lõhnu ei tuntud.



Foto 41. Luige. Idapoolne settebassein

Kevadise vaatluse käigus selgus, et idapoolsesse settebasseini suubuva kogujakraavi kaldad on varisenud. Kaldaid kattev mätaskindlustus on rebenenud ning koos pinnasega (liiv) kraavi vajunud. Kraavi vajunud pinnas tekitab paisutamisohtu. Varisenud nõlvad kujutavad ohtu kraaviga paralleelselt kulgevale kergliiklusteele, mida nõlvade mittekorrastamise korral ähvardab varinguoht (vt fotod 42...45). Vaadeldavas kogujakraavi suubuvad ka maanteealused dreniid. Vaid ühest vaadeldud drenidest nirises sademevett (vt foto 46). Settebasseini lääneserva kraav on heas seisukorras ning hästi toimiv (vt foto 47).



Foto 42. Idapoolsesse settebasseini voolav kraav



Foto 43. Maantee alt idapoolsesse settebasseini suubuvasse kraavi tulev truup



Foto 44. Idapoolsesse settebasseini suubuv kraav vaatega ida suunas

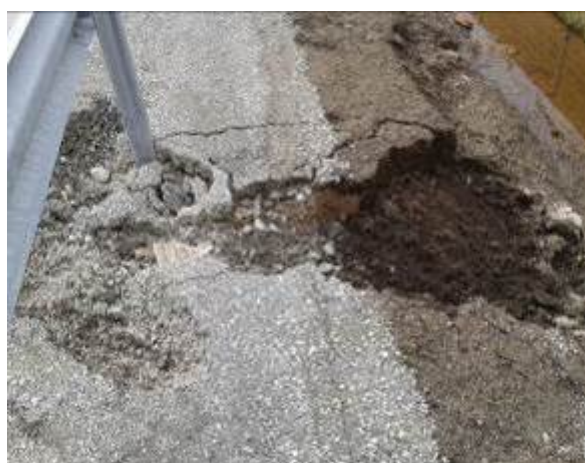


Foto 45. Idapoolsesse settebasseini suubuva kraavi varisenud nõlv ning kergliiklustee piire



Foto 46. Proovivõtukoht maanteealusest drenist vahetult enne idapoolsesse settebasseini jõudmist



Foto 47. Idapoolse settebasseini läänepoolne kraav

Läänepoolne settebassein

Algses projektis oli läänepoolsele lahendusele ette nähtud nii filtratsiooni- kui ka settebassein, kuid vaatluse ajaks oli kahest ettenähtud basseinist saanud üks suur settebassein kahe sissevoolutoruga (vt foto 48...50). Settebassein täidab ka immutusbasseini eesmärgi.

Vaatluse ajaks oli settebassein osaliselt veega täidetud. Nõlvadelt oli näha, et veetase settebasseinis oli langenud ligikaudu 0.5-1.0 m. Rajatud settebasseini nõlvad on väga järsud, kuid erosiooni jälgi ei leitud.



Foto 48. Luige. Läänepoolne settebassein



Foto 49. Luige. Läänepoolse settebasseini sissevool I



Foto 50. Luige. Läänepoolse settebasseini sissevool II

6.4.2 KOKKUVÕTE, ÜLEVAADE TEHTUD VIGADEST NING ETTEPANEKUD LAHENDUSTE KOHTA

Luige eritasandilise ristmiku sademeveesüsteemid paiknevad enamjaolt liivpinnastes. Liivpinnaste positiivseks omaduseks on suur filtratsioonimoodul ($1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), tänu millele täidab liivpinnas osaliselt ka sademevee puhastamise eesmärgi.

Liivpinnaste puhul tuleb jälgida, et ei rajataks liiga järske nõlvu, sest need võivad kergesti variseda. Nõlvade varingud tekitavad kraavi paisutuse ega lase kraavil eesmärgipäraselt toimida.

TÄHELEPANEKUD

Kraavid

Luige eritasandilise ristmiku idapoolse sademeveelahenduse peamiseks probleemiks on kraavi nõlvade erosioon. Kraavi nõlvade erosioon on tingitud liiga järskudest nõlvustest. Luige eritasandilise ristmiku tehnilise projekti järgi on idapoolsesse settebasseini suubuva kraavi nõlvad rajatud nõlvusega 1:1.5. Maa-alal esinevad keskliivad ja jämeliivad ning kraavi sügavus ületab kohati 2 meetri piiri. Põllumajandusministri poolt välja antud määruse nr 18 „Maaparandussüsteemi projekteerimismäärused“ (vastu võetud 17.02.2005) lisas esitatud tabeli 2 kohaselt peaks üle kahe meetri sügavused kraavid keskliivases ja jämeliivases pinnases olema rajatud vähemalt nõlvusega 1:2.25 (vt tabel 6).

Tabel 6. Trapetsikujulise ristlõikega voolusängi nõlvustegur [22]

Pinnas	Projektsügavus H (m)		
	1.5	1.5–2.0	>2.0
	Nõlvustegur (m)		
Savi ja raske liivsavi	1.25–1.5	1.5–2.0	≥ 2.0
Keskmine liivsavi	1.25–1.5	1.5–2.0	≥ 2.0
Kerge liivsavi	1.5–1.75	1.75–2.0	≥ 2.0
Saviliiv	1.5–1.75	1.75–2.25	≥ 2.25
Tolmjas saviliiv	1.75–2.0	2.0–2.5	≥ 2.5
Jämeliiv	1.5–1.75	1.75–2.25	≥ 2.25
Keskmine liiv	1.75–2.0	2.0–2.25	≥ 2.25
Peenliiv	2.1–2.25	2.25–2.5	≥ 2.5
Tolmjas peenliiv	2.0–2.5	2.5–3.0	≥ 3.0
Kuni 50% lagunenu turvas	1.0–1.5	1.25–1.75	≥ 1.75
Üle 50% lagunenu turvas	1.5–1.75	1.5–2.0	≥ 2.0

Kraavi nõlvuste projekteerimisel tuleks peale kraavi põhjalangu arvestada ka pinnase tüüpi, kraavide sügavust, vooluhulka ja voolukiirust.

Settebasseinid

Vaatlustele tuginedes võib väita, et idapoolne settebassein täidab oma ülesannet, kuid läänepoolne settebassein ei ole oma eesmärgi veel tõestanud. Läänepoolne settebassein on mõõtmetelt väga suur, kuid veetase basseinis on minimaalne. Vaatlus toimus kevadise lumesulamise järgsel perioodil, mistõttu oleks pidanud veetase olema kõrgem. Maa-alal esineva liivpinnase filtratsioonimoodul on suur, mistõttu on tõenäoline, et osa läänepoolsesse settebasseini juhitud veest on maapinda imendunud juba enne settebasseini jõudmist.

Settebasseini efektiivseks toimimiseks tuleks enne sademeveesüsteemi projekteerimist läbi viia geoloogilised uuringud, määramaks pinnase filtratsioonimoodul. Vastavalt filtratsioonimoodulile ja põhjaveetasemele on võimalik settebassein dimensioneerida sobivaima suurusega.

Suurem settebassein tagab küll efektiivsema heljumi kogumise, aga liivpinnasesse õli-liivapüüduri eesmärgil nii suure basseini rajamine pole otstarbekas.

Truupide läbimõõdud

Nii nagu Kukruse-Jõhvi teelõigu sademeveelahenduse puhul, tekkis ka Luige eritasandilise ristmiku vaatluse käigus küsimus seoses truupide läbimõõtudega. Leidus mitmeid kohti, kus kraavi suubus suurema läbimõõduga truubitoru kui sealt väljus (vt fotod 51 ja 52).



Foto 51. Maantee alt tuleva truubi sissevool kraavi ja kraavist väljavool läänepoolsesse settebasseini



Foto 52. Maantee alt tuleva truubi sissevool kraavi ja kraavist väljavool idapoolsesse settebasseini

Kuigi selline lahendusviis on põhjendatav teede- ja sideministri määrusega nr 55 „Tee projekteerimise normid ja nõuded“ (vastu võetud 28.09.1999), tundus see vaatluste käigus siiski ebaloogiline.

ETTEPANEKUD

Luige eritasandilise ristmiku sademeveesüsteemide paremaks toimimiseks tuleks vähendada sademevee kogujakraavide nõlvusi. Laugem nõlv aitab vähendada erosioonist tingitud kahjusid ning kahandada kraavide puhastamise vajadust hilisemal ekspluatatsioonil. Nõlvade erosiooni ärahoidmiseks on soovitatav voolusängide kindlustamine ja murukattega nn nõva tüüpi kraavide rajamine aladel, kus pinnaveevool pole püsiv. Liivpinnaste levikualal ja vaba maa-ala olemasolul võib kaaluda ka teekraavi rajamist teemuldest kaugemale, sest liivpinnaste levikualal ulatub kraavi kuivendav mõju kaugemale. See vähendaks pinnase kandumist kraavidesse ning pikendaks sademevee viibeaega.

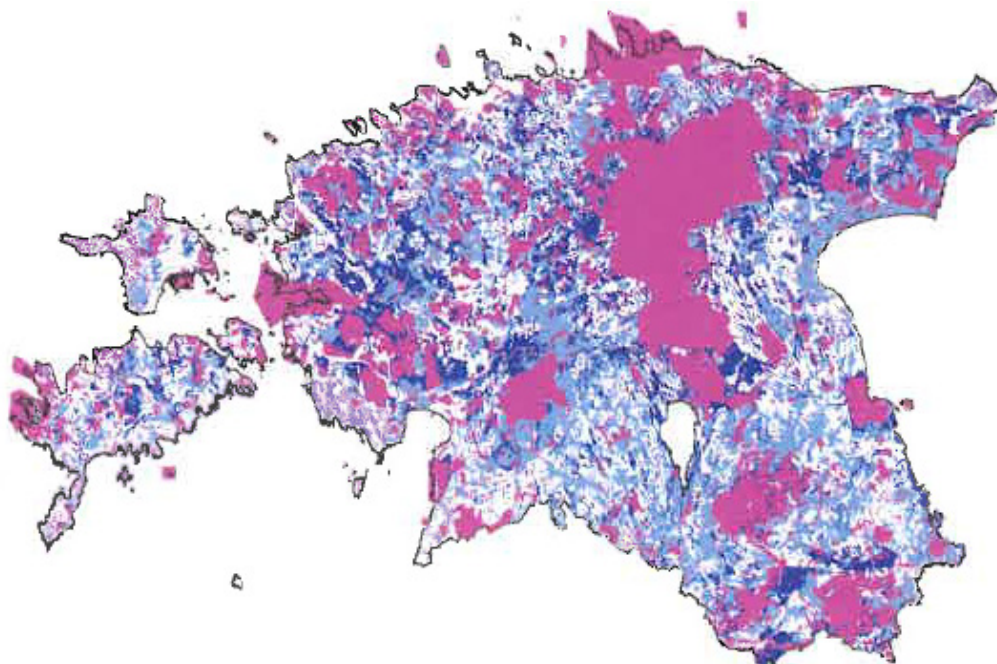
7 ERINEVAD LAHENDUSVARIANDID JA NENDE SOBIVUS

Maanteedelt tuleva sademevee kogumiseks ja puhastamiseks vajalike keskkonnarajatiste valik sõltub regioonile iseloomulikest keskkonnaomadustest ning sobiva rajatise ehitamiseks vajaliku maa-ala olemasolust.

Välismaal on kasutust leidnud väga paljud erinevad sademeveepuhastussüsteemid, alustades tavalistest kogumistiikidest ning lõpetades tehislise õli-mudapüüduritega. Erinevate kliimaatiliste, geoloogiliste ja muude iseloomustavate tegurite tõttu ei pruugi aga kõik lahendused Eesti oludesse sobida.

Maaailmas tihedat kasutust leidnud märgalade rajamine on Eesti külmas kliimas problemaatiline, kuna külmudes ei täidaks nimetatud puhastussüsteem oma eesmärgi. Samuti tuleks märgala rajada vettpidavale kihile, eelistatult savile või ka turbapinnasele. Kui sellist head pinnast looduslikult ei leidu, tuleks märgala põhja rajada saviekraan või paigaldada sinna sünteetiline vettpidav geomembraan. Sellise vettpidava kihi rajamine on aga väga kallis, eriti arvestades seda, et märgalad tuleb rajada väga suured [56]. Samuti ei pruugi paljude objektide puhul kasutamiseks olla piisavalt vaba maa-ala.

Avaveeliste tehismärgalale sobiva koha leidmiseks on Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituudi geograafia osakonnas välja töötatud GIS-il põhinev metoodika, mille järgi saab hinnata maastiku potentsiaali avaveelise tehismärgala rajamiseks. Metoodika kohaselt on ainult 25% Eesti riigi pindalast sobiv märgala rajamiseks. [56]



Joonis 18. Avaveelisteks tehismärgaladeks sobivad alad Eestis: tumesinine - väga sobiv, helesinine – sobiv, lilla – ebasobiv [56]

Eestis võib probleeme tekkida ka **filtersüsteemide** rajamisega. Näiteks biopuhvreid saab rajada vaid seal, kus on piisavalt ruumi ja sobivad tingimused selle rajamiseks. Filtersüsteemidest on Eestis kasutust leidnud nii liivafiltrid kui õli-mudapüüdurid, kuid biopuhvrite sobivuse hindamiseks tuleks eelnevalt koostada uuringud.

Imbsüsteemide rajamine ei pruugi samuti olla otstarbekas, sest imbsüsteemid toimivad efektiivselt vaid siis, kui need on rajatud saviliiv ja liivpinnastesse. Imbsüsteemide rajamisel tuleb kindlasti arvestada ka Eestis kehtiva Vabariigi Valitsuse määrusega nr 99 (vastu võetud 29.11.2012) „**Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed**“, mille kohaselt peab sademevee immutussügavus olema aastaringselt vähemalt 1.2 m ülalpool põhjavee kõrgeimat taset ning jääma 1.2 m kõrgemale aluspõhja kivimitest.

Üldjoontes tuleb sademevee puhastussüsteemi valikul arvestada nii Eestile iseloomulikke keskkonnaomadusi kui ka kehtivat seadusandlust. Käesoleva aruande koostamiseks teostatud uuringute käigus leiti, et kõige suuremaks probleemiks olemasolevate sademeveepuhastussüsteemide juures on sete. Seega on otstarbekas Eesti tingimustes sademevee kogumis- ja puhastamissüsteemiks rajada keskkonnarajatis, mille eesmärgiks on esmajoones heljumi eemaldamine.

Üheks võimalikuks lahenduseks on juba maaparanduses tihedat kasutust leidnud settebasseini rajamine. Korrektset dimensioneeritud settebassein toimib sademeveest tingitud löökoormuse puhverdajana kui ka heljumi setitina. Settebasseini rajamiseks vajaliku maa-ala puudumisel tuleb vastavalt olemasolevatele tingimustele kaaluda teisi lahendusvariante, näiteks laiade kraavide (puhverduskraavid) kombineerimist erinevate sademevee puhastamiseks kasutatavate keskkonnarajatistega (nt puhverriba, muda-õlipüüdur jne).

Sademevee kogumiseks ja puhastamiseks ei ole võimalik ühte kindlat kogumis- ja puhastamissüsteemi määrata. **Igale projektile tuleb läheneda eraldiseisvalt, arvestades kindlale piirkonnale iseloomulike iseärasuste ja tingimustega.**

7.1 SETTEBASSEINIDE VAJADUS JA NENDE DIMENSIONEERIMINE

Üheks kõige kindlamaks sademevee kogumis- ja puhastamissüsteemiks on settebassein. Eestis on settebasseinide toimimist uuritud eelkõige maaparanduse valdkonnas, sest seal on settebasseinide kasutamine enim levinud.

Settebasseinide dimensioneerimise aluste, konstruktsiooni ning toimimise efektiivsuse uurimisega on tegeletud peamiselt hüdrotehniliste- ja vesiviljelusehitiste ning linnade ja maanteed sademevee puhastamise ja ärajuhtimisega seotud teemade juures. [39] Üldjoontes on jõutud järeldusele, et settebasseini efektiivsus sademevee puhastamisel on suur, kuid seda vaid siis, kui bassein on rajatud õigete mõõtmetega.

Settebasseinide dimensioneerimise tähtsust tõestab ka Rootsis teostatud uuring, mille käigus uuriti ligikaudu 200 settebasseini, hindamaks nende efektiivsust maanteedelt kogutava sademevee käitlemiseks. Uuringu kohaselt ei tööta mitmed basseinid eesmärgipäraselt, sest nende mahutavused ning ladestunud settekihi paksused on liiga väikesed (arvestades turbulentseid tingimusi ja settekadu). Uuringute kohaselt on raskmetallide eemalduse protsent seotud just basseini suurusega, mitte basseini kujuga. [40]

7.1.1 SETTEBASSEINI VAJADUS

Settebasseinide rajamine on vajalik, sest korrektse dimensioneerimise korral täidab see nii kevadise valingvee ja lumesulamisvee puhverdamise ülesannet kui ka kogutava sademevee puhastamise eesmärgi. Settebassein on veejuhtme laiendatud ja süvendatud lõik, kus voolu ristlõike olulise suurenemise ja sellest tingitud väikese voolukiiruse tõttu settivad põhja nii heljum, sellega seotud taimetoitained kui ka orgaaniline aine.

7.1.2 SETTEBASSEINI DIMENSIONEERIMINE

Settebasseini dimensioneerimisel peab arvestama terviklikku lahendust. See tähendab, et tuleb arvestada ka ülevoolu, basseini kuivendamise aega, koguneva sette mahtu ning settetiiki kogunenud sette eemaldamise tehnoloogiat ja eemaldamise ajalist tihedust.

Erinevates riikides dimensioneeritakse settebasseinid erinevatel meetoditel. Paljudes riikides määratakse projekteeritava sademeveesüsteemi pindala (imbväljakud, tiigid jne) kindla protsendina valgala suuruselt, osades riikides aga arvutatud vooluhulga järgi.

Eestis on kõige enam settebasseine rajatud nii maaparandussüsteemidele kui ka reovee puhastamiseks (biotiigid). Reovee puhastamiseks rajatavad tiigid (biotiigid) dimensioneeritakse vastavalt reostuskoormustele. Maaparanduses kasutatavad settetiigid dimensioneeritakse nii, et vegetatsiooniperioodi maksimaalse vooluhulga korral voolukiirus basseinis oleks väiksem kui 0,2 m/s ning et veemaht basseinis oleks 1.5-2.0 m³ basseini valgala hajureostuse leviku ohtliku ala hektari kohta. Sademevee puhastamise eesmärgil rajatud settebasseinide dimensioneerimisel on enamasti arvestatud kokkuvoolavat vooluhulka ning osakeste settimiskiirust. Kokkuvoolav vooluhulk on arvutatud, tuginedes nii valgala suurusele kui ka Eesti Standardile EVS 848:2013 „Väliskanalisatsioonivõrk“.

USA-s ja Soomes dimensioneeritakse settebasseine valgala järgi. Sellist lahendusviisi võiks tulevikus kasutama hakata ka Eestis. Sellise meetodi kasutamise jaoks tuleb läbi viia uuringud, määrataks erinevatele piirkondadele omased iseloomustavad tegurid, mille abil settebasseinide dimensioneerimine saaks toimuda.

Üldiselt hüdraulika põhivalemitel baseeruvad valemid sademevee vooluhulkade arvutamiseks ei erine oluliselt riikide lõikes [36]. Suuremad erinevused tulenevad kohalikest tingimustest, mis kajastuvad valemite olevate tegurite väärtustes [36].

7.1.2.1 ARVUTUSKÄIK

Sademevee vooluhulgad sõltuvad sademete hulgast, vaadeldava ala asustustihedusest, kõvakattega pinna ja katuste osakaalust, maapinna kaldest, reljeefist ja paljudest muudest näitajatest, mis kõik mõjutavad ärajuhitava sademevee koguseid. Vastavalt kogutava ja puhastatava sademevee hulga saab määrata ka sademeveepuhastussüsteemi mõõtmed.

Eestis tuleb sademeveepuhastussüsteemide projekteerimisel arvestada valgala pindala, vooluhulka, vihma intensiivsust, maakasutust, kokkuvooluaega ning setteosakeste settimise kiirust.

Pindmise äravooluvee vooluhulka väikestelt valgaladelt, mille suurus on kuni 200 ha ning millelt kokkuvooluaeg ei üle 15 minutit, arvutatakse vastavalt standardile EVS 848:2013 „Väliskanalisatsioonivõrk“ valemiga [23]:

$$Q_{a,s} = q \cdot k_{\psi} \cdot A_a \quad (\text{Valem 1}) \quad [23]$$

Kus,

$Q_{a,s}$	arvutuslik vooluhulk, l/s
q	arvutusvihma intensiivsus, l/(s ha)
k_{ψ}	Tabel 7 või Tabel 8 järgi määratav kaalutud keskmine äravoolutegur
A_a	valgala suurus, ha

Tabel 7. Pinnakatete äravoolutegurid [23]

Pinnakate	Äravoolutegur k_{ψ}
Katus	0.9
Betoon- või asfaltkate	0.8
Tihedate vuukidega kivisillutis	0.8
Liivvuukidega kivisillutis	0.7
Kruus- või killustikkate	0.3
Muru	0.2
Aed, park	0.15
Katteta maapind	0.1
Mets	0.05

Kui maapinna lang on üle 3%, suurendatakse äravoolutegurit 1.3 kuni 1.5 korda.

Tabel 8. Valgala äravoolutegurid [23]

Valgala kirjeldus	Äravoolutegur k_{ψ}	
	Tasane maapind	Künklik maapind
Sillutatud hoovidega tihehoonestuskvartal	0.4 kuni 0.7	0.6 kuni 0.9
Sillutamata hoovidega tihehoonestuskvartal	0.3 kuni 0.5	0.5 kuni 0.7
Avaplaneeringualad	0.2 kuni 0.4	0.4 kuni 0.6
Madaltihehoonestusega alad	0.2 kuni 0.4	0.4 kuni 0.6
Alla 0,1 ha kruntidega väikeelamualad	0.15 kuni 0.25	0.25 kuni 0.35
Üle 0,1 ha kruntidega väikeelamualad	0.05 kuni 0.15	0.15 kuni 0.25

Arvutusvihma intensiivsus sõltub vihma kestusest. Vaatlusjaamade statistiliste andmete puudumisel ning juhul, kui vihma kestvus T on 10 kuni 60 minutit, arvutatakse intensiivsus järgmise valemiga:

$$q = B / T_n \quad (\text{Valem 2}) \quad [23]$$

Kus,

- q arvutusvihma intensiivsus, l/(s ha)
 B muutuja, mis arvutatakse valemiga (3)
 n astendaja
 T vihma kestus, minutites

$$B = 20n * q_{20} * (1+c * \log p) \quad (\text{Valem 3}) \quad [23]$$

Kus,

- B muutuja
 q_{20} 20 minutit kestva ja 1 kord aastas sadava vihma intensiivsus
 n, c empiirilised tegurid (Tabel 9)
 p arvutusvihma korduvus (vt tabel 10)

Tabel 9. Arvutusvihma parameetrid Eestis [23]

Asukoht	q_{20}	n	c
Tallinn	69.5	0.72	0.8
Tartu	81.2	0.66	0.92
Pärnu	80	0.67	0.76
Kuressaare	65	0,67	0,67
Võru	81,7	0,67	0,74
Paide	80	0,68	0,88
Ida-Virumaa	77,3	0,69	0,84

Tabel 10. Arvutusvihma korduvus sajuvee- või ühisvoolukanalisatsiooni arvutusvooluhulga määramiseks [23]

Piirkonna kirjeldus	Arvutusvihma korduvus
Suhteliselt suurte kruntidega väikeelamupiirkond, milles on lahkvoolukanalisatsioon ning kus ajutine sajuveeuputus olulist majanduslikku kahju ei põhjusta	1 aasta
Muud lahkvoolukanalisatsiooniga piirkonnad, sealhulgas korruselamupiirkonnad	2 aastat
Ühisvoolukanalisatsiooniga piirkonnad	3 aastat

Ühisvoolukanalisatsiooniga linnasüdamed	5 aastat
---	----------

Tunnelites ja muudes rajatistes, kus sademeveeuputus võib põhjustada inimohvreid või ulatuslikku kahju, määratakse arvutusvihma korduvus nende rajatiste projekteerimisstandardite järgi, kuid see ei tohi olla sagedasem kui üks kord 10 aasta jooksul. [23]

Teede projekteerimisel arvestatakse sademevee arvutusvihma korduvust vastavalt Maanteeade projekteerimismääruste peatükile 3.7 „Veeviimariid“, mille kohaselt tuleb küvettide ja kraavide projekteerimisel arvutusliku vooluhulga ületamise tõenäosuseks võtta:

- kiirteedel ja I-II klassi maanteedel 2%;
- III klassi maanteedel 3%;
- IV-V klassi maanteedel 5%.

Veeviimariite projekteerimisel pinnavee eemaldamiseks sildadelt ja maanteelt kanalisatsiooni tuleb vooluhulga ületamise tõenäosus võtta:

- kiirteedel ja I-II klassi maanteedel 1%;
- III klassi maanteedel 2%;
- IV-V klassi maanteedel 3%.

Sillal ja truubil arvutusliku kõrgvee esinemise tõenäosus ning sellele vastav vooluhulk tuleb määrata sõltuvalt rajatise tüübist ja maantee klassist (vt tabel 11).

Tabel 11. Arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosus

Rajatise tüüp	Maantee klass	Arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosus, %
Suur ja keskmine sild	kiirtee, I ja III	1
	IV-VI	2
Väike sild ja truup	kiirtee, I ja II	1
	III	2
	IV ja V	3
	VI	5

Veeviimariite suurim pikikalle tuleb määrata sõltuvalt pinnasest, nõlvade ja põhja kindlustamise viisist, arvestades uhtekindla voolukiirusega.

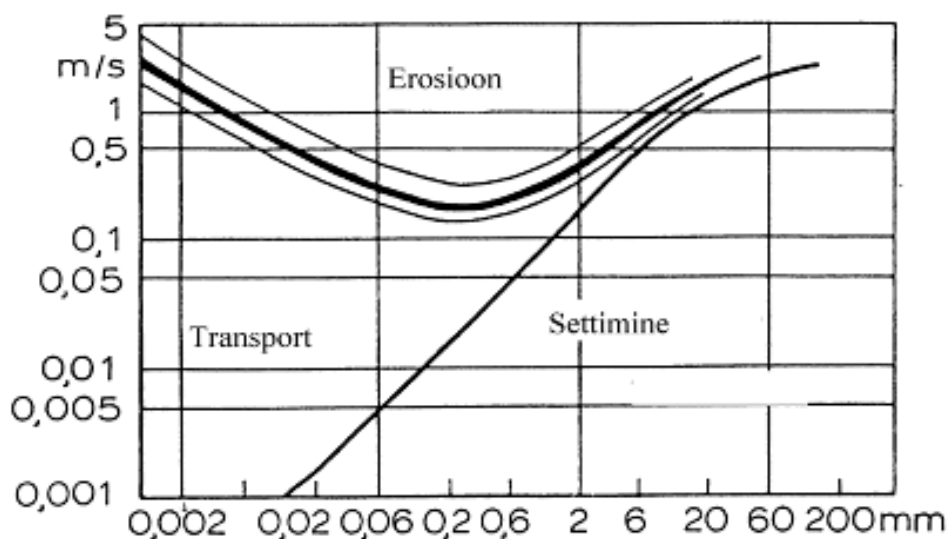
Täpsemate arvutuste tegemiseks võib kasutada ka arvutimudeleid.

7.1.2.2 SETTE LIKUMINE

Sademevee kogumise ja juhtimisega kaasneb väga tihti sette probleem. Setet kandub nii maanteedelt kui ka kogujakraavide nõlvadelt erosiooni mõjul. Nõlvaerosiooni intensiivsus oleneb paljudest teguritest (taimestik, pinnased, sademete intensiivsus, reljeef, põhjavee sissekiildumine) ja see võib kesta kogu veejuhtme eksploatatsiooni aja vältel. Kraavinõlva ja voolusängi erosiooni vältimiseks tuleks hinnata selle ohtu ja vajadusel projekteerida kindlustus.

Kõige enam satub setet eesvoolu ehitustööde ajal, mistõttu tuleks veekogu läheduses teostavate ja aastaid kestvate teelõigu ehitustööde korral kaaluda ehitusaegse settebasseini rajamist.

Olenevalt voolurežiimist settib heljum kas veekogu põhja või kantakse see suublasse. Settimise protsessi mõjutab osakese tihedus, kuju ja suurus, vee tihedus ja viskoossus (ehk temperatuur) ning voolurežiim, s.o kas vool on laminaarne või turbulentne. [39] Heljum liigub edasi suspensioonina või mööda põhja (vt graafik 4). Suspensiooni korral on tahke aine settimine küll aeglane, kuid sobivate tingimuste korral (seisev vesi) see aja jooksul siiski toimub. Sängi põhja lähedal liikuv materjal koosneb suuremämõõtmelistest osakestest, moodustades luitesarnase põhjareljeefi.[39]



Graafik 4. Vee voolukiiruse mõju pinnase erosioonile, transpordile ja settimisele [39]

Tavaliselt projekteeritakse settebasseinid uhtaineterikastele veejuhtmetele jämeda fraktsiooni settimiseks, sest ibe- ja tolmuosakeste settimiseks ilma täiendavate abinõude rakendamiseta kulub väga palju aega.

Settebassein dimensioneeritakse harilikult pinnaseosakese settimiskiiruse arvestamisel seisvas vees (ideaalsed tingimused). Kerakujulise heljumi settimise kiirust laminaarses voolurežiimis (Reynoldsi arv < 1) kirjeldab Stokes'i valem:

$$V_s = gd^2/18\eta (Q_p - Q_v) \quad (\text{Valem 4}) \quad [39]$$

Kus,

- v_s settimiskiirus (m/s);
 g raskuskiirendus (m/s²);
 d settiva osakese läbimõõt (m);
 ρ_s settiva osakese tihedus (kg/m³);
 η vee dünaamiline viskoossus (N s/m²);
 ρ_w vee erikaal (kg/m³).

Käsiraamatutes tuuakse settimiskiirus kerakujuliste osakeste jaoks (vt tabel 12) või pinnaseliikide jaoks (vt tabel 13).

Tabel 12. Pinnaosakeste settimiskiirus seisvas vees [39]

Diaameeter (mm)	Settimiskiirus (cm/s)	Diaameeter (mm)	Settimiskiirus (cm/s)	Diaameeter (mm)	Settimiskiirus (cm/s)
3	19.25	0.7	7.32	0.15	1.56
2.5	14.65	0.6	6.48	0.1	0.692
2.0	15.29	0.5	5.4	0.05	0.173
1.5	12.56	0.4	4.32	0.04	0.11
1	9.44	0.35	3.58	0.03	0.06
0.9	8.75	0.3	3.24	0.02	0.03
0.8	8.07	0.25	2.7	0.01	0.007

Tabel 13. Pinnaosakeste settimiskiirus seisvas vees (temperatuur 10°C), osakeste erikaal 2.65 g/cm³ [39]

Pinnaseliik	Diaameeter mm	Settimiskiirus mm/s	Settimisaeg 1 m kohta
Kruus (20-2 mm)	10	1000	1 sek
Liiv (2-0,2 mm)	0.6	63	16 sek
	0.2	25	40 sek
0,2-0,02 mm	0.08	6	3 min
	0,06	3.8	4 min
	0,02	0.28	60 min
Tolm (0,02-0,002 mm)	0.006	0.065	4 tundi
	0,002	0.0062	45 tundi

lbe (<0,002 mm)	0.0015	0.0035	79 tundi
	0.0001	0.000015	750 ööpäeva
Kolloidid	0.00001	0.000000154	205 nädalat

Suuremad pinnaseosakesed on kujuga, mis on lähedane kerale või ellipsoidile, väikesed osakesed on tihti ebakorrapärase kujuga, olles plaadikujulised. Erinevate osakeste käitumise uurimisel vooluvees on kasutatud uhtainete kuju kirjeldamisel mitmesuguseid suhtarve Θ [39].

$$\Theta = d^2/ab$$

(Valem 5) [39]

Kus d – osakese mahu põhjal arvutatud kera läbimõõt;
 a, b – osakese pikkus ja laius.

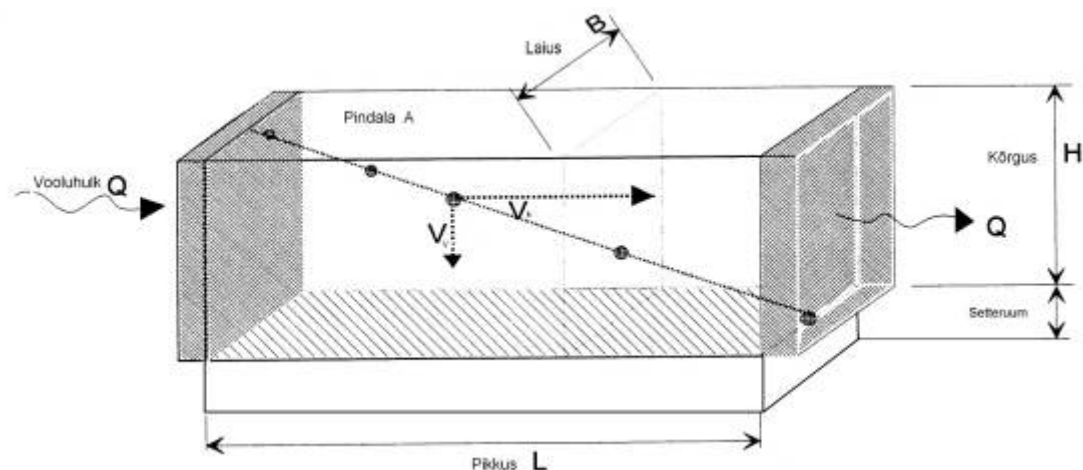
Uhtaine osakese kuju mõjutab tema settimiskiirust - lameda plaadisarnase osakese settimiskiirus on kuni kaks korda väiksem. [39].

Uhtainete settimise suhtes loetakse laminaarseks voolamist, kui Reynoldsi arv $Re < 1$, ruuttakistuspiirkond algab, kui $Re \approx 500$.

Laminaarsel voolamisel ei olene settimiskiirus osakese kujust, küll aga vedeliku viskoossusest. Seda tuleb arvestada settebasseini dimensioneerimisel, sest kevadel on veetemperatuur mõni kraad üle nulli ja settimiskiirus 0.05...0,1 mm läbimõõduga osakestel 0,66-0,67 korda väiksem võrreldes suvise 15-kraadise veetemperatuuriga. Suuremate uhtainete mõõtmete puhul (1 mm) jääb erinevus 10% piiresse. [39]

Setted on moodustunud harilikult mittesorteeritud pinnastest. Seetõttu kasutatakse kaalutud keskmist settimiskiirust, jagades esmalt sõelanalüüsi andmed 4 – 5 grupiks ning iga grupi kohta leitakse aritmeetiline või geomeetriline keskmine settimiskiirus. Nende põhjal leitakse kaalutud keskmine settimiskiirus, kasutades iga fraktsiooni osakaalu pinnases. [39]

Eeldusel, et voolukiirus basseinis on väike (režiim laminaarne, mistõttu on settimiskiirus ligikaudu võrdne settimisega seisvas vees), siis liiguvad setteosakesed ühtlase kiirusega nii edasi kui ka settebasseini põhja poole (vt joonis 18).



Joonis 18. Settebasseinide klassikaline arvutuskeem [39]

Settebasseini vajalik pikkus tuleb dimensioneerida nii, et settebasseini alguses veepinnal olev setteosake settiks basseini lõppu jõudes selle põhja. Sellest tuletades saabki dimensioneerida settebasseini mõõtmed.

$$L/v_k = H/v_s \quad (\text{Valem 6}) \quad [39]$$

Kus,

- L basseini pikkus;
- v_k keskmine voolukiirus basseinis;
- H voolusügavus veejuhtmes;
- v_s uhtaine settimiskiirus.

Settebasseini pikkus (L) seega:

$$L = v_k H / v_s \quad (\text{Valem 7}) \quad [39]$$

Dimensioneerimisel kasutatakse mõistet pinnakoormus (kiiruse dimensiooniga parameeter)

Keskmine kiirus basseinis on:

$$v_k = Q / BH \quad (\text{Valem 8}) \quad [39]$$

Asendades selle valemisse 7 saadakse settimiskiiruseks:

$$v_s = Q / BL \quad (\text{Valem 9}) \quad [39]$$

Saadud suhet – vooluhulga ja basseini pinna jagatist nimetatakse pinnakoormuseks.

7.1.2.3 KESKMINE VOOLUKIIIRUS SETTEBASSEINIS

Voolukiirus oleneb settebasseini mõõtmetest ja kujust ning sisenevast vooluhulgast, mistõttu on voolukiirust võimalik muuta, valides sobivad ristlõike mõõtmed või basseini valgala pindala.

Kraavi kaudu sademevee settebasseini juhtimisel tuleb jälgida, et settebasseini ristlõige oleks suurema pindalaga kui voolusängi ristlõige. Kui basseini laius on tunduvalt suurem kui kraavi laius, siis tuleb selle ette projekteerida sujuvalt laienev üleminekuosa. Laiendusnurk peaks jääma vahemikku 20-30°, sest järsema laienduse puhul tekivad voolukeerised, mis omakorda takistavad settimist. [39]

Settebasseini laius (B) määratakse valemiga:

$$B = Q / Hv \quad (Valem 10) \quad [39]$$

Kus:

- Q vooluhulk;
- H settebasseini keskmine sügavus;
- v voolu keskmine kiirus settebasseinis.

Uhtained liiguvad vooluvees heljumina ja mööda põhja veerevana. Põhja mööda liikuvad uhtained peetakse kinni, kui selle kiirus väheneb alla kriitilise kiiruse. Kriitiline miinimumkiirus on määratav valemiga:

$$V_{\min} = a \times D_{80}^{0.36} \times h^{0.14} \quad (Valem 11) \quad [39]$$

Kus,

- D_{80} sõelkõveralt 80% läbimõõt (m);
- h vee sügavus (m);
- a põhjamaterjalist sõltuv tegur (pehme põhi 1.65, kõvapõhi 1,85).

Kiiruse ülempiir basseinis oleneb sellest, missugust uhtainet vool kannab ja millist fraktsiooni soovitakse kinni pidada. Mida jämedam on fraktsioon, seda suurem võib olla voolukiirus, et tagada settimine. [39]

Voolavas vees on settimiskiirus 1.5...1.8 korda väiksem. Peenliiva (0,1 mm) settimiskiirus seisvas vees on 7 mm/s, turbulentselt liikuvast veest peenemad osakesed praktiliselt ei setti. [39]

Arvestada tuleb ka seda, et liiklussõlmedelt kogutava sademevee juhtimiseks rajatud kraavid peavad olema korrektselt dimensioneeritud, sest põhjasete ladestub ja jääb teatud ulatuses paikseks kraavi liiga väikse langu puhul ning igasuguse vooluhulga puhul kohtades, kus väheneb voolukiirus, s.o väheneb kraavi põhjalang või suureneb voolu ristlõige. [41]

Settebasseini mõõtmestamise aluseks on sinna aastas jõudva sette maht, kuid arvestades faktoreid, mis mõjutavad sette tekke mahtu, sette ladestumise asukohta objektil ja põhjasete liikumiskiirust, on võimatu määrata täpselt basseini jõudva sette mahtu, isegi eristada tehnoloogilist ja eksploatatsioonilist setet.

7.1.3 SETTEBASSEINIDE ERINEVAD LAHENDUSVARIANDID

Settebasseinid erinevad kasutuseesmärgi poolest. Vastavalt kasutuseesmärgile erinevad basseinid kas kuju, sügavuse või konstruktsioonilise lahenduse poolest.

7.1.3.1 ERINEVA KUJUGA SETTEBASSEINID

Eestis rajatud settebasseinid on enamjaolt riskülikukujulised kuivendussüsteemide settebasseinid. Selliste settebasseinide puhul on probleemiks järsk vooluristlõike suurenemine settebasseini suubumisel. Suurveeperioodil ladestub kraavide suudmetesse jämedama fraktsiooniga põhjasete, mida madalveeperioodi vool ei suuda edasi kanda. Tekkinud settekuhiku tõttu tekib paisutus suubuvates kraavides. [41]

Pöörisvoolu settebassein

Maaparanduses kasutatavate klassikaliste settebasseinide põhipuudust, settekuhikute teket suubuvate kraavide/torude otsa, saab vältida, kui juhtida sete hajutatult basseini spiraalse pöörisvooluga. Pöörisvoolu tekitamiseks peab basseini üks külg (pörkekülg) olema kaarekujuline. Sette pöikliikumise intensiivsus settesüvendisse sõltub vooluhulgast kraavis ja settebasseini kaare raadiusest. Selle täpset sõltuvust vooluhulgast pole uuritud, mistõttu on basseini parameetrite määramisel aluseks võetud vooluhulga suuruste erinevust iseloomustav näitaja – kraavi põhjalaius (b). On eeldatud, et oluline osa voolu põhjakihi pöikliikumisest ulatub 15 kordse laiuseni ja selleks piisava energia pöörisvoolus tagab kaare raadius (R) pikkusega $\leq 30b$. Need suurused määravad ka projekteeritava settebasseini maksimaalse ja minimaalse suuruse. Hüpoteesi tuleks kontrollida pilootobjektidel.

Pöörisvooluga settebasseini juures on oluline juhtida veevool kraavist otse basseini pörkekaldale. Selleks tuleb ette näha suudmekohtadesse segmentbasseinil kividest nõlvaprisma, vajadusel ka pörkekalda kindlustus. [41]

7.1.3.2 ERINEVA KONSTRUKTSIOONIGA SETTEBASSEINID

Nii Eestis kui mujal maailmas on kasutusel väga erinevate konstruktsioonidega settebasseinid. Settebasseinide konstruktsioonid sõltuvad enamasti nende kasutuseesmärgist. Maaparanduses kasutatavad settebasseinid on enamjaolt lihtsalt süvendid, mis aeglustavad voolukiirust ning mille tagajärjel kraavidest kantud heljum settib. Saasteainetega heljumi kinnipüüdmiseks tuleb rakendada aga vettpidavaid konstruktsioone, et reoaine ei satuks pinnasesse ning sealt edasi põhjavette.

Suurematelt maanteedelt kogutav sademevesi sisaldab saasteaineid, mistõttu on mõned sademevee puhastamise eesmärgil rajatud ja rajatavad settebasseinid projekteeritud veekindlate konstruktsioonidega.

Nt Kukruse-Jõhvi liiklussõlmel täidavad settebasseinid nii õlieraldamise kui ka settebasseini funktsioone, mistõttu on ka konstruktsioon vettpidav (ülevalt alla):

- Kiviparkettkate 10 cm;
- Betooni C 20/25 (20 cm);
- Geotekstiili kattekiht fikseeritud plastikkilega;
- Bentoniidist tihendusmatt geotekstiil.

Kurna liiklussõlmel on settebassein projekteeritud peale õli-liivapüüdurit, seepärast ka konstruktsioonierinevus (ülevalt alla):

- Paekivikillustik fraktsiooniga 16-32 mm;
- Savikangas (geotekstiilide vahel paiknev bentoniitsavikiht);
- Tasanduskiht.

Settebasseinid on muudetud vettpidavaks ka HDPE kile või savikanga abil. Samuti paigaldatakse veekindlatele kihtidele puhastamise lihtsustamiseks tänavakive. Tänavakivid aitavad ära hoida saasteaine kandumise keskkonda HDPE kile või savikanga purunemisel.

Liiklussõlmedelt kogutav sademevesi võib sisaldada reoaineid (k.a õnnetusjuhtumid), mistõttu peaks settebasseini konstruktsioon olema veetihe, kuid samas võimalikult odav ning lihtne hooldada. Settetiigi rajamisel ei ole vajalik kasutada mitut erinevat vett läbilaskmatut kihti, vaid vettpidav kiht tuleb rajada nii, et selle vigastamine on välistatud. Parimaks võimalikuks lahenduseks on ühe veekindla kihi rajamine ning selle katmine vastavalt kasutatava kihi vajadusele kas liiva või muu materjaliga ning seejärel selle omakorda katmine tänavakiviga. Tänavakivi aitab välistada vettpidava kihi vigastusohu settebasseini puhastamisel ning seetõttu hoiab ära ka reoaine kandumise ümbritsevasse keskkonda.

7.1.4 SETTEBASSEINI HOOLDUS

Settebasseini efektiivsuse tagamiseks tuleb seda järjepidevalt puhastada. Intensiivse sissekande tõttu tuleb basseini vahetult peale valmimist tihedamalt puhastada. Peale sissekande stabiliseerumist tuleb puhastamise vajadus välja selgitada eksploatatsiooni käigus. Iga settebassein on erinev, mistõttu tuleb settebasseinide puhastamise tihedus määrata iga basseini puhul eraldiseisvalt. Settebasseinide puhastamiseks on vaja valida vastav tehnika, võttes arvesse settebasseini konstruktsiooni.

Settebasseinide puhastamisel settest tuleb võtta proovid, määramaks ära reostusainete sisalduse. Kui saadud tulemused ületavad keskkonnaministri määruses (vastu võetud 11.08.2010) nr 38 „**Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases**“ välja toodud ohtlike ainete sisalduse piirväärtusi pinnases, siis tuleb setet käidelda vastavalt kehtivale seadusandlusele. [55]

Settebasseini eutrofeerumise vältimiseks on vaja kontrollida fosfaati sisaldavate väetiste kasutamist settebasseini nõlvade haljastuse rajamisel.

Hooldamise käigus tuleb jälgida basseini nõlvu, et need ei oleks varisenud. Nõlvade varisemine vähendab basseini efektiivsust.

7.1.5 SOOVITUSED SETTEBASSEINIDE PROJEKTEERIMISEKS

Uuringute käigus on selgunud, et olemasolevate settebasseinide lahendused vajavad täiustamist. Settebasseini projekteerimine ja rajamine peab toimuma samm-sammult, et valmiks efektiivne settebassein.

Settebasseini projekteerimise ja rajamise soovituslikud etapid:

- **Valgala suuruse määramine.**

Esialgu tuleb täpselt määrata valgala pindala, millelt sademevett koguma hakatakse, sest valgala suurus ja vettpidava katte osa selles fikseerib ära settebasseini mahu.

- **Pinnase tüüpide määramine.**

Valgala karakteristikud aitavad määrata tekkida võiva sette mahu ning sellest sõltub ka settebasseini puhastamistiheduse vajadus.

- **Settebasseinile asukoha valimine.**

Settebasseini asukoht tuleb valida tuginedes looduslikule kuivendusele ning pinnase tüübile. Asukoht tuleb valida nii, et sademevee äravoolu juhtimine rajatavasse basseini on võimalikult lihtne. Kindlasti tuleb jälgida, et basseini oleks tagatud juurdepääs perioodilise puhastamise tagamiseks.

- **Settebasseinide arvu määramine.**

Mõnikord on efektiivsem ühe suure settebasseini asemele rajada mitu väikest basseini. Ühe väikese settebasseini avarii korral on veekogusse jõuda võiv reostus väiksem kui ühe suure settebasseini avarii korral. Selline lahendusviis on oluline aladel, kus esinevad suuremad setteosakesed.

Kahe settebasseini olemasolul saab ühe basseini vajadusel töölt välja lülitada (nt puhastuse eesmärgil), seda juhul kui on olemas möödavoolud.

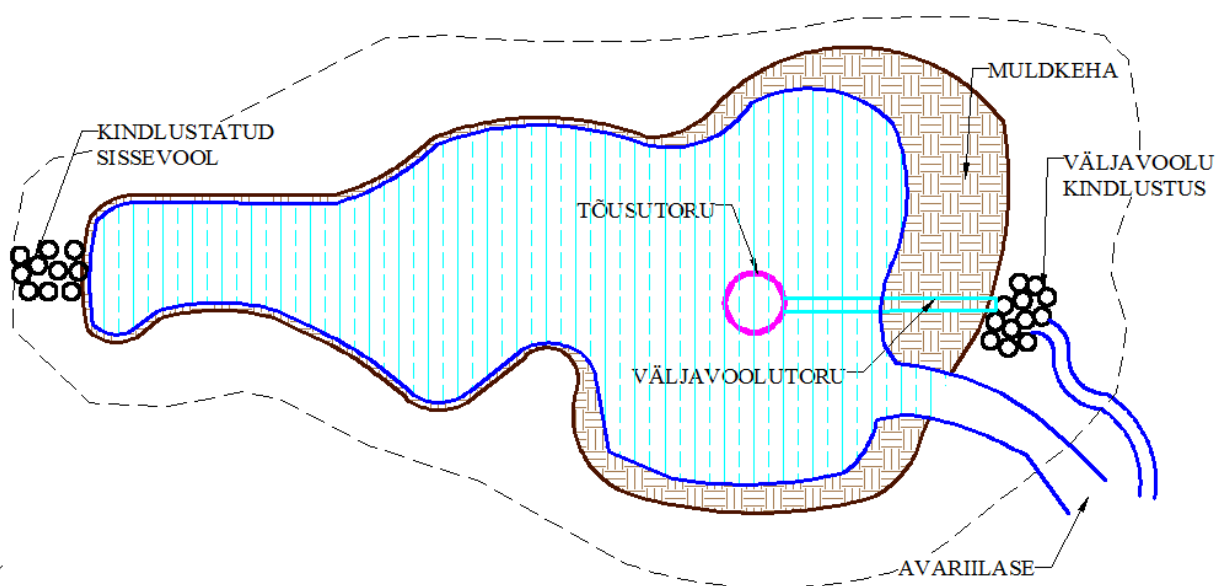
- **Kasutusotstarbe määramine.**

1. **Püsiv settebassein.** Püsivat settebasseini tuleb korrektselt planeerida ning peale valmimist hoolikalt kontrollida. Selliseid settebasseini tüüpe rajatakse maanteedelt kogutava sademevee puhastamise eesmärgil. [42]
2. **Ajutine või püsiv settebassein.** Infiltratsioonibasseini rajamisel tuleb vältida rasketehnika kasutamist, sest see võib pinnase kokku suruda. See omakorda vähendab pinnase võimet vett maasse immutada. [42]
3. **Ajutine bassein.** Ajutised basseinid on muldkehaga madalad süvendid, mis rajatakse tavaliselt ehitusaladele ehitusaegse sette kinnipüüdmiseks. Muldkeha rajatakse tavaliselt kättesaadavast pinnasest (ehituslal või selle läheduses olevast pinnasest) [42].

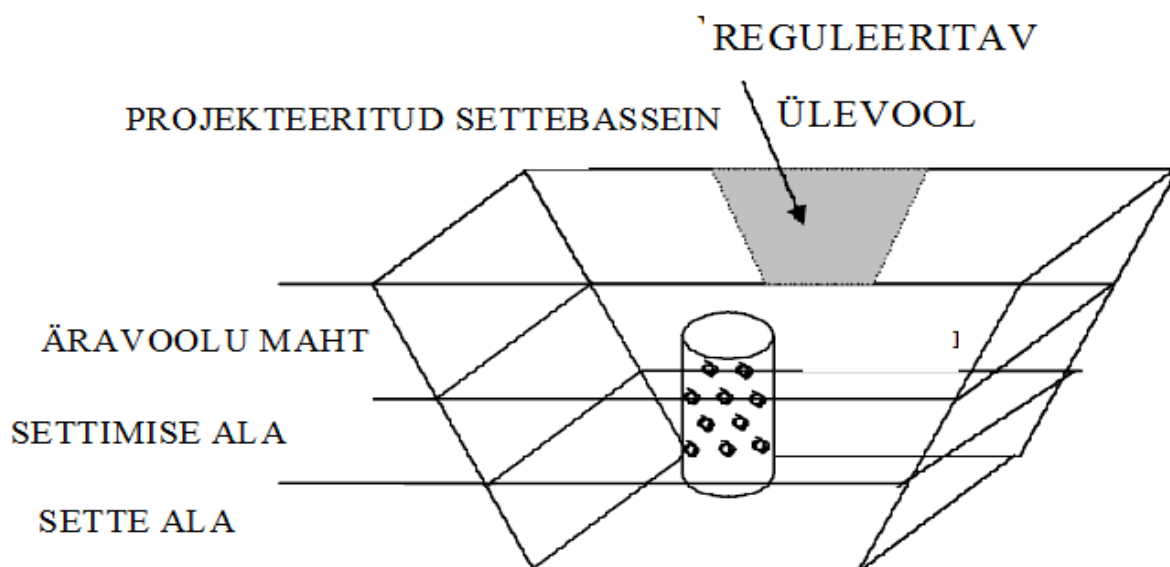
7.1.6 ETTEPANEKUD KONSTRUKTSIOONILISELE LAHENDUSELE

Üldjoontes töötavad settebasseinid seda paremini, mida suuremad nad on. Samuti soovitatakse settebasseinid rajada kiilukujulised, sissevoolu juurest kitsamad ning väljavoolu juurest laiemad. [40] Basseini minimaalne pikkuse ja laiuse suhe peaks olema 4:1 ning nõlvad ei tohi olla järsemad kui 1:3. Sügavus peaks olema võimalikult suur, tagamaks võimalikult suure settemahu. Kuigi settebasseini sügavus ei tohiks avaldada suurt mõju osakese settimisele, siis praktika näitab, et mida sügavam on bassein, seda suurem on settimise efektiivsus. Samuti aitab sügavam bassein vältida sette uhtumist ja vajab harvem puhastamist.

Üheks püsivaks sademeveebasseini lahenduseks on tõusutoruga settebassein (vt joonis 19 ja 20). Selline lahendus võimaldab settebasseinil töötada nii settebasseinina kui ka puhverdusbasseinina. Selline lahendus on kasutusel nt Rootsis ja USA-s.



Joonis 19. Tõusutoruga settebasseini tüüp [41]



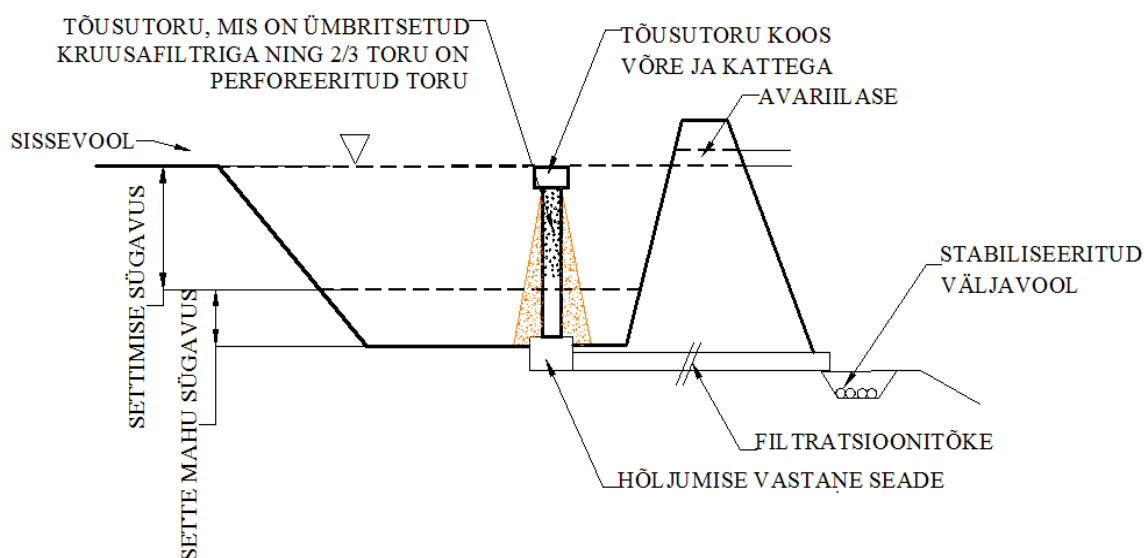
Joonis 20. Tõusutoruga settebasseini tüüp [40]

Sellise konstruktsiooniga settebasseinil on kaks liigveelaset – põhiline liigveelase (mehhaaniline) ning avariilase. Põhiline liigveelase koosneb vertikaalsest tõusutorust, mis asub settebasseini kõige sügavamas kohas. Tõusutoru on ühendatud horisontaalse toruga, mis juhib vee muldkeha taga olevasse kraavi. Tõusutoru võib olla nii tavalisest torust kui ka perforeeritud torust (vt joonis 21). Tavalise plasttoru kasutamisel peab vertikaalse toru ülemine osa olema ~30 cm madalamal kui avariilase. Perforeeritud toru kasutamisel peab toru ümbritsema filtermaterjal koos kaitsevõrguga.

Geotekstiili paigaldamine ümber perforeeritud toru ei ole soovitatav, sest geotekstiil ummistub kiiresti ning seetõttu ei tööta settebassein eesmärgipäraselt. Prahi kinnipüüdmiseks ning ummistuse vältimiseks on vertikaalse toru otsa ette nähtud paigaldada prahivõre.

Avariilase (liigveelase) rajatakse muldkehale vähemalt 30 cm allapoole muldkeha harjast. Avariilaset ei tohi rajada täitematerjali sisse. Avariilase juhib vee muldkeha taga olevasse eesvoolu.

Settebasseini sissevool ja väljavool tuleb kindlustada kivikindlustusega (vt joonis 19).



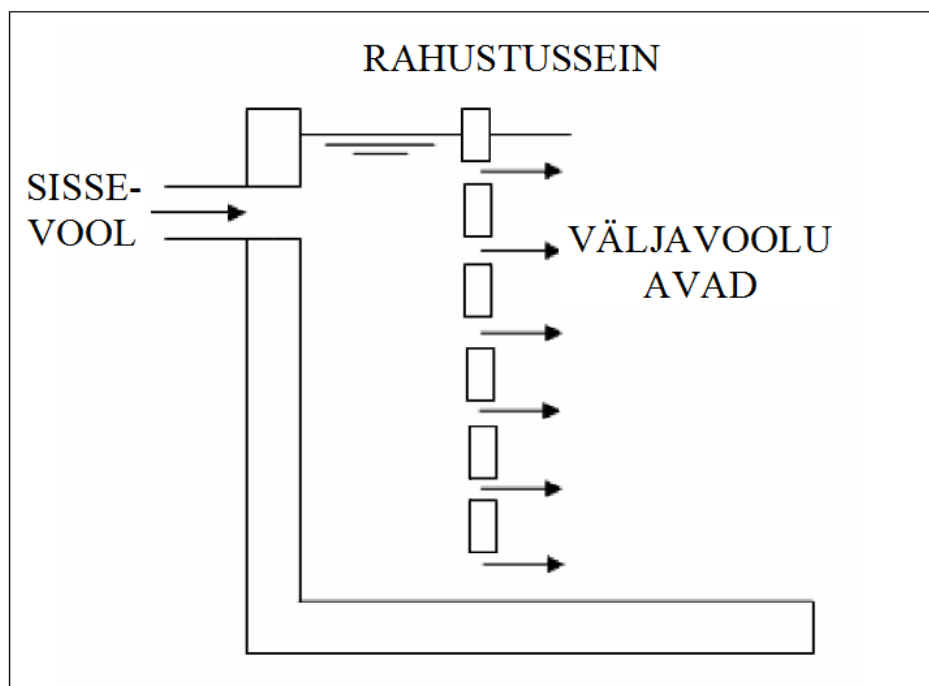
Joonis 21. Perforeeritud tõusutoruga settebasseini lõige [40]

Kui settebasseini kasutatakse sette püüdmise eesmärgil, siis tuleb põhiliigveelase dimensioneerida nii suur, et see laseks settebasseini dimensioneerimisel arvesse võetud vooluhulgast läbi 80% ning avariilase 20%. Kui basseini kasutatakse nii sette püüdmise eesmärgil kui ka kogumisbasseinina, siis tuleb avariilase projekteerida nii, et see laseks läbi 1% tõenäosusega vihma. Samuti tuleb basseini rajada nii suur, et see oleks piisav säilitamiseks voolukiirust settebasseinis.

Sellise settebasseini rajamine aitab tagada nii vee kvaliteedi kontrolli ehituse ajal kui ka äravoolu kontrolli peale ehitust ning annab majandusliku eelise just seal, kus maa kasutamise piiratuse tõttu pole võimalik suurema pindalaga settebasseini ehitada. [40]

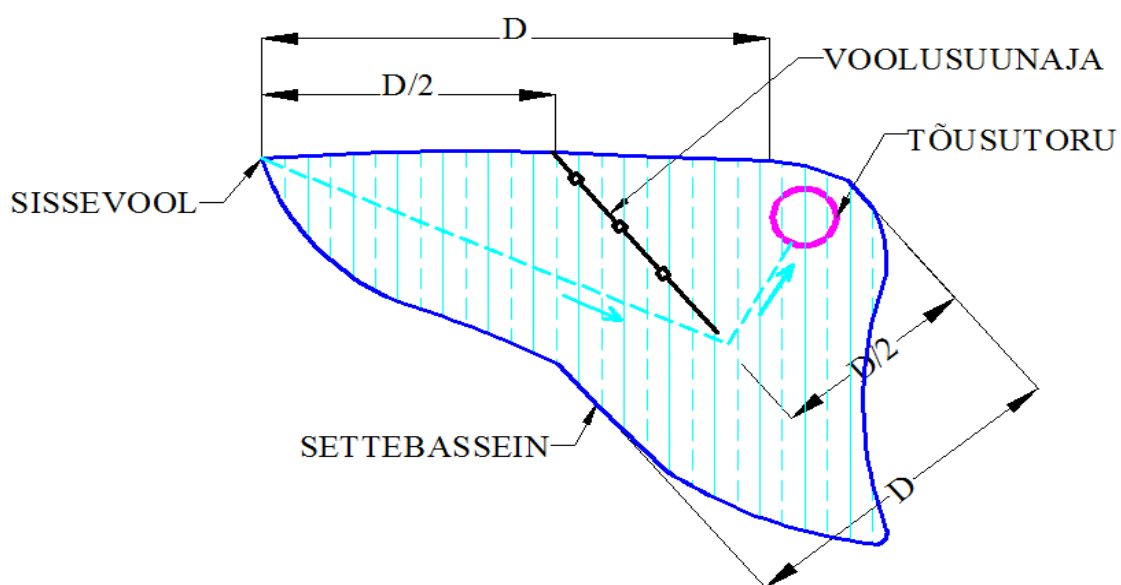
Settebasseini rajamisel tuleb korrektselt planeerida sissevoolu ning väljavoolu asukohad. Kõige efektiivsemalt töötab settebassein, millel on vaid üks sissevool ning üks väljavool. Teatud juhtudel võib sissevooluava juures settebasseinis olla veel sedavõrd suur kineetiline energia, et veevoolu

rahustamiseks oleks otstarbekas sissevoolu ette projekteerida mitme avaga rahustussein (vt joonis 22). Sellistel juhtudel tuleb iga lahendust kaaluda eraldiseisvalt. [40]

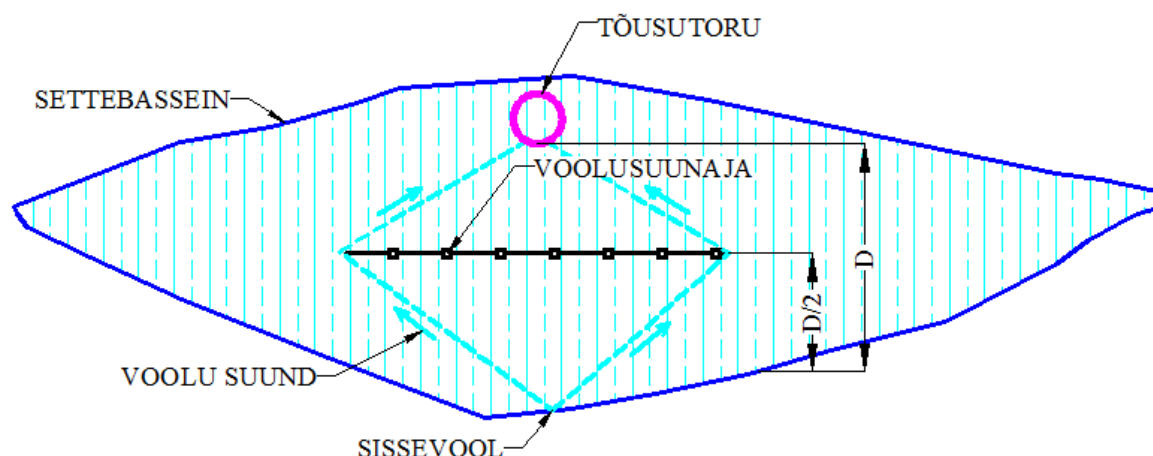


Joonis 22. Rahustussein kineetilise energia vähendamiseks [40]

Kui sissevool ja väljavool ei asu üksteisest piisavalt kaugel, siis on mõistlik paigaldada voolusuunajad. Voolusuunajate paigaldamise variante on mitmeid, neist kaks on toodud joonistel 23 ja 24.



Joonis 23. Settebassein voolusuunaja ja tõusutoruga, variant 1



Joonis 24. Settebassein voolusuunaja ja tõusutoruga, variant 2

Nõuanded settebasseini rajamisel:

- ✓ Rajatava settebasseini suurus sõltub heljumiosakeste suurusest. Projekteerides basseini nii, et settimiskiirus on võrdne voolukiirusega settebasseinis, siis võib olla kindel, et basseini efektiivsus on tagatud;
- ✓ Toitaineterikka sette eemaldamine peale kasvuperioodi aitab ära hoida vetikate tekke;
- ✓ Kui settebasseini tühjenemise aeg on alla 5 päeva, siis vähendab see sääskede sigimist;
- ✓ Settebasseini sissevoolu ette rahustusseina rajamine ühtlustab veevoolu;
- ✓ Settebasseini efektiivsuse tagamiseks peab basseini pikkuse ja laiuse suhe olema 4:1 ja suurem. Pikkuse ja laiuse suhte suurendamiseks võib kasutusele võtta voolusuunajad koos rahustusseinaga;
- ✓ Konstantse ülevoolu kõrguse tagamine mistahes tiigi sügavusel aitab vähendada heljumi kontsentratsiooni;
- ✓ Settebasseini põhja kogunenud sete tuleb eemaldada perioodiliselt iga teatud ajavahemiku tagant. [40]

7.1.7 KOKKUVÕTE

Settebasseine rajatakse nii äravoolu kogumiseks kui ka sette eemaldamiseks, vee kvaliteedi parandamiseks. Kui settebassein on rajatud mitte ainult sademeeve kogumise eesmärgil, vaid ka vee kvaliteedi parandamise eesmärgil, siis tuleb erilist tähelepanu pöörata voolukiiruse tagamisele. Voolukiirus settebasseinis peab tagama osakeste settimise. Valesti projekteeritud settebasseinide rajamisel võivad reostusained keskkonda kanduda.

Settebasseini maht, pindala, äravoolukiirus ja sette eemaldamise tihedus võivad varieeruda vastavalt ärajuhitava sademevee kvaliteedi nõuetele ning maksumuse piirangutele, see on optimeerimisülesanne saavutamaks settebasseini parim lahendus. Kui settebasseini üheks eesmärgiks on ka tulvavee kogumine, millel on lühike kordumisaeg, siis basseini mahtu ja konstruktsiooni ehituskulusid saab märkimisväärselt vähendada.

Mitmeotstarbelise settebasseini projekteerimise meetod aitab settebasseini kasutada nii valingvihma kogumiseks kui ka reoainete eemaldamiseks.

7.2 PUHVERDUSKRAAVID JA ÕLIPÜÜDUR

Settebasseinide rajamiseks on kindlasti vajalik suure maa-ala olemasolu, mistõttu võib mõningates piirkondades selline lahendusvariant maa-ala puudumise tõttu lahendusvariantidest välja langeda.

Maa-ala puudumisel on kõige paremaks lahenduseks laiade kraavide ehk puhverduskraavide rajamine. Laiade kraavide kasutamise eesmärk on eeskätt vähendada sademevee löökoormust suublale, aeglustades vee voolamist. [45] Samuti täidavad suured kraavid sinna rajatud veetaseme kontrolltammidega suurvee kogumise ning suurema heljumi eemaldamise eesmärgi. Vastavalt olukorrale peab lisaks laiade kraavide rajamisele paigaldama ka õlipüüdurid, seda kindlasti siis kui liiklussõlm asub veekogu lähedal. Õlipüüdurite paigaldamine on vajalik ka juhul, kui läheduses asuvad majapidamised, mis kasutavad salvkaevu vett joogiveena ja sademeveesüsteemi vesi imendub kaitsmata põhjavette.

Kaitsmata põhjaveega alal tuleb puhverduskraavid rajada vettpidavad juhul, kui aluspõhjakivimi ja kraavi põhja sügavuse vahe on vähem kui 1.2 m.

Puhverduskraavide rajamisel tuleb arvestada tingimusega, et kraavide hooldus (vajadusel puhastamine) peab toimuma regulaarselt.

7.3 KOKKUVÕTE

Eesti tingimustes on kõige paremaks sademevee kogumise ja osalise puhastamise lahenduseks kas settebasseini või puhverduskraavi rajamine.

Arvestades settebasseinide ja puhverduskraavide rajamiseks vajaliku maa-ala suurust, siis on teeäärse sademevee kogumiseks kõige otstarbekam rajada puhverduskraavid. Puhastusefektiivsuse suurendamiseks tuleks võimalusel rajada eelpuhastina ka puhverriba maantee ja kraavi vahelisele alale ning vastavalt vajadusele paigaldada veel ka õlipüüdur või ehitada rajatavad kraavid vettpidavaks. Kui liiklussõlm paikneb olulise veekogu ääres tuleb lisaks puhverduskraavidele rajada õli-liivapüüdurid ning vajadusel ka settebassein.

Kõige olulisemaks settebasseini ja puhverduskraavide toimimise juures on nende korrektne dimensioneerimine ja regulaarne puhastamine.

8 SADEMEVEE PUHASTUSSÜSTEEMIDE MAJANDUSLIK ANALÜÜS

Eestis on sademevee puhastussüsteemide rajamine alles algusjärgus, mistõttu pole teada erinevate sademevee puhastussüsteemide sobivus Eesti tingimustesse. **Sellest tingituna pole täpselt teada ka erinevate puhastussüsteemide rajamiseks ja hooldamiseks kuluv aeg ja maksumus.**

Sademevee puhastussüsteemi valikul tuleb kindlasti arvestada olemasolevate keskkonnatingimustega ning vaba maa-ala olemasolu ja suurusega. Vaba maa-ala suurus on oluline, sest teatud puhastussüsteemide rajamiseks vajaliku maa-ala hankimine on majanduslikult kulukam kui rajamismaksumuselt kallima, kuid vaba maa-ala olemasolu vähem nõudvama puhastussüsteemi rajamine.

Tabelis 14 on välja toodud erinevate puhastussüsteemide positiivsed ja negatiivsed küljed ning nende hooldusvajadus. Osaliselt on käsitletud ka puhastussüsteemide maksumust.

Tabel 14. Orienteeruv erinevate sademevee puhastussüsteemide võrdlus

Sademevee puhastus-süsteemi nimetus	Eelised	Puudused	Maa-kasutus	Maksumus	Hooldus
Sademevee kogumistiik	• Toimub efektiivne heljumi eemaldamine; • Toimub saasteainete bioloogiline ärastus taimede, vetikate ja bakterite poolt; • Toimub osaline saasteainete degratsioon.	• Tiigi puhastusefektiivsus talvel on erinevate saasteainete suhtes madalam, sest püsiva veetasemega tiigi osa on osaliselt või täielikult jääkatte all; • Saasteainete eemaldamise efektiivsust vähendavad tiigi projekteerimisel tehtud vead või tiikide vähene hooldamine; • Kogumistiigi rajamiseks on vajalik suure maa-ala olemasolu; • Püsiva veetaseme säilitamiseks tuleb tiik rajada vettpidav, see on aga majanduslikult kulukas.	Suur	Kogumistiigi rajamine on majanduslikult kulukam kui settebasseini rajamine, sest kogumistiik on märgala sarnane kompleks (eelbassein, põhibassein). Kogumistiigi hooldamine nõuab aega ja on majanduslikult kulukas.	Vajab regulaarset ülevaatust, sisse- ja väljavoolu puhastust. Perioodiliselt on vaja teostada setete ärastamist.
Settebassein	• Toimub efektiivne heljumi eemaldamine;	• Valesti projekteeritud settebasseinide rajamisel võivad reostusained keskkonda edasi kanduda.	Suur	Settebasseini rajamine on odavam kui kraavide rajamine, kuid basseini hooldamine/puhastamine on kulukam kui kraavide hooldus/puhastus.	Vajab regulaarset hooldust, settest puhastamist.
Liivafilter	• Toimub efektiivne heljumi ja tahkete osakeste eemaldamine; • Korrapärase hoolduse korral on liivafiltri kasutusaeg pikk ning puhastusefektiivsus stabiilne.	• Ebaefektiivne lahustunud saasteainete eemaldamiseks; • Suuremate avatud süsteemide puhul on probleemiks mitteatraktiivne välimus; • Külma kliimaga aladel võib tekkida filterkihi jäätumise oht (liivafilter tuleb paigaldada külmumispiirist allapoole).	Suur	Liivafiltri rajamise maksumus sõltub rajatava liivafiltri tüübist ja suurusest, puhastamist vajava sademevee vooluhulgast ning filtri asukohast. Maa-aluste liivafiltri rajamine on majanduslikult palju kulukam kui maapealsete filtri rajamine.	Vajab regulaarset hooldust ja ülevaatust. Regulaarselt tuleb eelmahutist eemaldada sinna settinud tahked osakesed. Avatud liivafiltri korral tuleb perioodiliselt niita filtrit katvat taimestikku ning eemaldada filterkihile langenud varis ja prügi.
Biopuhver	• Toimub efektiivne sette ja saasteainete eemaldamine; • Esteetiliselt kauni välimusega;	• Projekteerimisel tuleb arvestada külma kliimasse rajamisega, see omakorda tõstab rajamise/projekteerimise hinda; • Ei vähenda oluliselt sademevee hulka; • Eestis ei ole selliseid puhasteid rajatud, mistõttu tuleks nende sobivuse hindamiseks koostada eelnevalt uuringud.	Suur	Biopuhvri rajamine on selle konstruktsiooni arvestades majanduslikult kallis (dreenid,veekindel membraan). Vajaliku maa-ala puudumisel võib selle rajamise maksumus olla veel suurem.	Vajab tihedat hooldust.

Sademevee puhastus-süsteemi nimetus	Eelised	Puudused	Maa-kasutus	Maksumus	Hooldus
Liiva-õlipüüdur (moodul)	• Toimub efektiivne saasteainete eemaldamine; • Toimub efektiivne sette eemaldamine.	• Liigse sette korra võib kiiresti ummistuda, mille tagajärjel lülitub sisse möödavool ning saasteained võivad kanduda eesvoolu. • Efektiivsus väheneb intensiivsemate vihmade korral.	Väike	Rajamine soodsam kui keerulisema konstruktsiooniga puhastussüsteemi rajamine (paigaldamine, puhastamine)	Vajab regulaarset hooldust.
Tehismärgalad	• Toimub efektiivne saasteainete eemaldamine;	• Külmas kliimas kasutamine on problemaatiline, võib läbi külmuda kui pole arvestatud külmale regioonile iseloomulike tunnustega.	Suur	Märgala rajamise maksumus sõltub paljuski selle suurusest ning olemasolevatest tingimustest. Vajaliku maa-ala puudumisel võib selle rajamise maksumus olla suur. Hoolduskulud on väikesed.	Vajab regulaarset hooldust.
Imbkraav	• Eemaldab sademeveest nii tahked kui lahustunud saasteained.	• Saab rajada vaid liiv- ja saviliivpinnastes, kus põhjavee maksimaalne tase jääb immutustasandist vähemalt 1.2 m sügavusele. • Kaitsmata põhjaveega alale rajamisel peab kraavi põhja ja aluspõhjavigi vahekaugus olema vähemalt 1.2 m.	Väike	Imbkraavi rajamine on kulukam kui haljaskanal, puhverkraavi, püsiva veetasemega kraavi rajamine.	Vajab regulaarset hooldust. Ebakorrektselt teostatud hooldamise korral on puhastus-efektiivsus väga väike.
Immutusbassein	• Toimub efektiivne tahkete ja lahustunud saasteainete eemaldamine.	• Saab rajada vaid liiv- ja saviliivpinnastes, kus põhjavee maksimaalne tase jääb immutustasandist vähemalt 1.2 m sügavusele. • Kaitsmata põhjaveega alale rajamisel peab basseini ja aluspõhjavigi vahekaugus olema vähemalt 1.2 m.	Suur	Enamus immutusbasseini rajamise maksumusest moodustab vajaliku maa-ala hankimine ning konstruktsiooni rajamine.	Vajavad regulaarset hooldust, ebakorrektselt hooldamises on puhastusefektiivsus väga väike.
Haljaskanal	• Toimub efektiivne tahkete osakeste, heljumi ja tahkete osakestega seotud raskmetallide eemaldamine ja biokeemilise hapnikutarbe vähendamine; • Vähendab sademevee löökoormust suublale, aeglustades veevoolu;	• Efektiivsus väheneb intensiivsemate sajujuhtude korral; • Ebakorrektselt projekteeritud kraavi korral on puhastusefektiivsus väike (nt liiga järsud nõlvad).	Väike	Haljaskanalite rajamine on majanduslikult odavam kui keerulisema konstruktsiooniga sademeveepuhastussüsteemide rajamine.	Puhastusefektiivsuse ja infiltratsioonivõime säilitamiseks peab regulaarselt hooldama/niitma.

Sademevee puhastus-süsteemi nimetus	Eelised	Puudused	Maa-kasutus	Maksumus	Hooldus
Haljaskanal	Sobivad kasutamiseks igal pool, kus on olemas maa-ala, ilmastikutingimused haljastuse rajamiseks ning erosioonile piisavalt vastupidav pinnas				
Kuiv kraav	- Toimub sademevee filtreerumine ja puhastamine saasteainetest; - Vähendab sademevee löökoormust; - Sademevesi filtreerub läbi filterpinnase maksimaalselt 24 tunni jooksul.	Ebakorrektelt projekteeritud kraavi korral on puhastusefektiivsus väike (nt liiga järsud nõlvad).	Väike	Majanduslikult kulukam rajada kui haljaskanalit või püsiva veetasemega kraavi.	Puhastusefektiivsuse ja infiltratsioonivõime säilitamiseks peab regulaarselt hooldama.
Püsiva veetasemega kraav	- Toimub tahkete osakeste filtreerimine kasvava taimestiku poolt, setitamine ning degradeerivate saasteainete sidumine taimede ja mikroorganismide poolt. - Vähendavad sademevee löökoormust suublale;	- Saab kasutada aladel, kus on piisavalt kõrge põhjaveetase või vett halvasti juhtiv pinnas, mis tagaks märgalataimedele sobiva kasvukeskkonna; - Suurema sademevee vooluhulga kinnipidamiseks tuleb juurde projekteerida täiendava ruumalaga n.ö taskuid ja sügavamaid osasid; - Võib saada sääskede paljunemiskohaks; - Ebakorrektelt projekteeritud kraavi korral on puhastusefektiivsus väike (nt liiga järsud nõlvad). - Suubumisel olulisse veekogusse võib ohu esinemisel lisaks vajada veel õlipüüdurit.	Väike	Puhverkraavide rajamine on majanduslikult soodsam kui keerulisema konstruktsiooniga sademeveepuhastussüsteemide rajamine (biofilter, liivafilter, biopuhver jne).	Perioodiliselt tuleb kontrollida settinud materjali hulka ning vajadusel puhastada.
Puhverkraav	- Toimub efektiivne sette eemaldamine; - Töötab sademevee puhverdajana.	- Voolukiiruse aeglustamiseks tuleb vajadusel paigaldada kraavi kontrolltammid; - Suubumisel olulisse veekogusse võib ohu esinemisel lisaks vajada veel õlipüüdurit.	Väike	Majanduslikult soodsam ehitada ning hooldada.	Vajavad regulaarset settest puhastamist.

9 ETTEPANEKUD JA SOOVITUSED

Käesoleval ajal puuduvad maanteede projekteerimise valdkonnas ühtsed euronormid ja standardid. Iga liikmesriigi rahvuslikke norme või standardeid käsitletakse kui euronorme. Eestis kasutatakse maanteede projekteerimisel väljaannet „Maanteede projekteerimisnormid“. Antud norm ei sea nõudeid maanteedelt tuleva sademevee kogumise, puhastamise ja ärajuhtimise lahenduse osas.

Käesoleva uuringu käigus on püütud jõuda lahenduseni, kuidas tagada Vabariigi Valitsuse 29.11.2012. a määruses nr 99 „**Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasde juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed**“ kehtestatud reostusainete piirmäärade kinnipidamist maanteedelt kogutava sademevee käitlemisel ja loodusesse juhtimisel.

Sademevee efektiivseks käitlemiseks peab olema tagatud korrektne projekteerimise lähteülesanne, vajalikud uuringud ning täpne dimensioneerimine.

9.1 ETTEPANEKUD LÄHTEÜLESANDE TÄPSUSTAMISEKS

Sademevee puhastamise süsteemide projekteerimise etapis on väga oluline korrektne ja täpselt sõnastatud lähteülesanne. Lähteülesanne peaks andma projekteerijale (kui ka ehitajale) detailse visiooni, mida täpsemalt tuleb projekteerimistööl/ehitustöödel järgida.

Lähteülesanne peaks sisaldama informatsiooni ka vajalike lisauuringute kohta. Selleks, et vajalikud lisauuringud oleksid korrektselt teostatud, tuleb neile määrata kindlad kriteeriumid.

9.2 ETTEPANEKUD VAJALIKE UURINGUTE KOHTA

Enne sademeveepuhastussüsteemi projekteerimist ning rajamist peab kindlasti teadma kogutava sademevee hulka ja jaotust, maa-ala pinnase iseloomu, põhjaveetaset, sademeveega kaasahaaratava heljumi osakeste suurust, pinnase filtratsioonimoodulit ning palju muid projektala iseloomustavaid karakteristikuid.

Sademevee vooluhulgad sõltuvad sademete hulgast, vaadeldava ala asustustihedusest, kõvakattega pinna ja katuste osakaalust, reljeefist, pinnase imamisvõimest ja paljudest muudest näitajatest, mis kõik mõjutavad ärajuhitava sademevee koguseid. Seega, enne sademevee kogumissüsteemide ja puhastussüsteemide projekteerimist on vajalik teostada ridamisi uuringuid, mis aitavad ära määrata kõige efektiivsema tulemusega lahenduse.

Teostamist vajavad järgmised uuringud:

- Hüdroloogilised uuringud ja arvutused (k.a eesvoolude seisundi uuringud);
- Hüdrogeoloogilised uuringud;

- Geoloogilised uuringud.

Uuringute andmetele tuginedes peab saama määrata valitava sademeveelahenduse põhimõttelise lahenduse (puhverduskraavi, õli-liivapüüduuri, settebasseini või nende kombinatsiooni rajamise) ja nende mõõtmised.

9.2.1 HÜDROLOOGILISED UURINGUD

Nii Eestis kui ka mujal maailmas kasutatavate sademevee kogumise ning puhastamise võimaluste kirjeldamisel ning võrdlemisel selgus, et sademevee vooluhulkade arvutamiseks kasutatavad põhivalemid on riigiti enamjaolt sarnased, erinevad vaid sademeveesüsteemide dimensioneerimise arvutused. Erinevused on tingitud sellest, et paljud riigid kasutavad keskkonnarajatiste dimensioneerimisel protsentuaalset sõltuvust valgalt. Riikides, kus sellist arvutusviisi kasutatakse, on eelnevalt ära määratud kindlale regioonile iseloomulikud tegurid. Eestis sellist lahendusviisi kasutada ei tohiks, sest määramata on piirkondadele iseloomulikud tegurid ning erinevate keskkonnarajatiste pindala sõltuvuse protsent valgalt.

Käesoleva uuringu koostamise käigus suheldi Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi veemajanduse osakonna ning Tallinna Tehnikaülikooli teaduritega, kes leidsid, et ka Eestis tuleks hakata sellist lahendusviisi kasutama. See eeldaks aga pikaajalist uurimistööd. Teema on väga päevakohane, mistõttu olid Eesti Maaülikooli teadurid antud temavaldkonnaga tegelemisest huvitatud.

Hetkel arvutatakse Eestis sademevee vooluhulka vastavalt valgala suurusele ning vastavalt Eesti Standardile EVS 848:2013 „Väliskanaliseerimisvõrk“. Standardi järgi arvutatakse arvutusvihma intensiivsus (juhul kui vihma kestus T on 10-60 minutit) 20 minutit kestva ja üks kord aastas sadava vihma intensiivsusega.

Arvutusvihma intensiivsuse arvutamisel valemiga tuleb kindlasti jälgida, et vihma kestus T võetaks võrdseks sademevee kokkuvooluajaga valgala kaugeimast punktist arvutuspunktini. Kokkuvooluaeg moodustab vee voolamise aja alguspunktist (mööda maapinda) arvutuspunktini (mööda maapinda).

9.2.2 GEOLOOGILINE UURING

Sademevee puhastamissüsteemide projekteerimiseks ja dimensioneerimiseks on vajalik teada sademeveega kaasa haaratavate pinnaseosakeste suurusi, sest settebasseini efektiivseks töötamiseks peab voolukiirus olema võrdne setteosakese settimiskiirusega. Settimiskiirus sõltub aga osakeste suurusest. Pinnaseosakeste suurus varieerub väga laiades piirides – alates kividest, mille läbimõõt võib olla kümnetest sentimeetritest kuni kolloidosakesteni suurusega alla 0.001 millimeetri.

Seega, liiklussõlmedelt tuleva sademevee efektiivseks puhastamiseks on kõigepealt vajalik kindlaks teha sademetega kaasas kantavate setteosakeste suurused. Pinnaseuuringutele lisaks tuleb väliuurimistel uurida ka pinnasekihtide veejuhtivust ja põhjaveetaset.

9.2.3 HÜDROGEOLOOGILINE UURING

Sademevee kogumise, puhastamise ja juhtimise parima lahenduse saavutamiseks tuleks koostada kindlasti hüdrogeoloogilised uuringud. Hüdrogeoloogiliste uuringute käigus saab määrata põhjaveetaseme ning hinnata selle muutumist ja reostuskaitstust. Uuringute käigus saab määrata ka pinnase filtratsioonimooduli ja võimalused sademevee imendumiseks. Vajadusel saab uurida ka teeäärsete majapidamiste veeallikaid ja nende veekvaliteeti.

Filtratsioonimoodul iseloomustab pinnase veejuhtivust. Filtratsioonimoodul sõltub lõimisest ehk pinnast moodustavate osakeste suurusest (nt liivade filtratsioonimoodul on kümneid või sadu kordi suurem kui peenematest saviosakestest moodustunud savipinnasel). Olenevalt filtratsioonimoodulist saab valida sobiva lahenduse variandi. Suure filtratsioonimooduliga liivpinnaste korral saab sademevee kogumissüsteemi mõõtmeid vähendada, sest kui põhjaveetase on piisavalt sügaval, siis suur osa sademeveest imbub pinnasesse. Filtratsioonimooduli määramiseks kasutatakse laboratoorseid teime, välikatseid või empiirilisi seoseid teiste, lihtsamini määratavate pinnase omaduste näitavude vahel.

Kõrge põhjaveetaseme korral ei saa sademevett pinnasesse imutada. Samuti ei saa sademevee eesvooluna kasutada tiiki, mis on väikese veevahetusega ja mis on seotud põhjaveega. Enamasti on tiigid mittelooduslikud pinnavormid, seega sinna juhitud sademevesi võib otseselt olla seotud põhjaveega ning põhjavee reostumine võib kaasa tuua ka läheduses asuvate maapinnalähedastes veekihtides asuvate kaevude reostumise.

Kokkuvõtvalt saab öelda, et sademevee keskkonnarajatiste tõhusaks projekteerimiseks ning rajamiseks on vaja arvutada õige vooluhulk, prognoosida setteosakeste suurus, määrata ja prognoosida maa-ala põhjaveetase, pinnaste filtratsioonimoodul, reostuskaitstus ning teised parameetrid.

9.3 ETTEPANEKUD REOSTUSKOORMUSE VÄHENDAMISEKS E HITUSTÖÖDE AJAKS

Eestis ei pöörata piisavalt palju tähelepanu reostuskoormuse vähendamisele ehitustööde ajal. Selle tagajärjel satuvad nii ehitusmaterjalid kui ka pinnas kraavide kaudu puhastussüsteemidesse või eesvoolu. Kui ehituse ajal pööratakse tähelepanu reostuskoormuse vähendamisele, täidaksid ka sademevee ärajuhtimiseks ja puhastamiseks ehitatavad kogujakraavid ja teised keskkonnarajatised oma eesmärgi paremini ja pikemaajaliselt.

Kaevetööd toovad kindlasti kaasa settekoormuse tõusu, mistõttu pinnase kaevamisel tuleks rakendada tehnilisi võtteid, mille abil sette kandumine eesvoolu oleks võimalikult minimaalne. Selleks, et ehitusaegset settekoormust vähendada, tuleb ehitustööde ajaks ehitada ajutised settetiigid või siis juba ehitustööde ajal ehitada välja liiklussõlmelt/maanteelõigult kogutava sademevee puhastamiseks projekteeritud settetiik, mis toimiks tõhusalt ka ehituse ajal. Paljudel juhtudel võib ehituse ajal kanduv heljumi koormus olla kõige suurem, selle ärahoidmine aitaks kaasa eesvoolu seisundi säilimisele.

Ehitusaegse settebasseini rajamist kasutatakse ka maaparanduses. Põllumajandusministri määruses (vastu võetud 25.07.2003) nr 75 „**Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded**“ § 27 lõikes on välja toodud, et eesvoolu uuendamise korral kaevemahuga üle 2000 m³ kavandatakse uuendatava eesvoolu tööpiirkonna alumisse tehniliselt soodsaimasse ossa tehnoloogiline settebassein mahuga vähemalt 1% kaevetööde arvutuslikust mahust või muu setet kinnipidav rajatis, kui uuendatakse üle 10 km² valgalaga eesvoolu, mille valgala uuendatava osa alumises lõikes on 10...25 km² või kui uuendatakse alla 10 km² valgalaga eesvoolu, mille uuendatav lõik asub lähemal kui 1 km eesvoolu suubumiskohast reostustundlikku veekogusse.

Ettevaatlik tuleb olla ka ehitusel tekkivate jäätmetega. Neid tuleb käidelda nõuetekohaselt. **Vedelate jäätmete (kütused, õlid jne) käitlemisel tuleb jälgida seda, et käitluskohad ei asuks kaitsmata põhjaveega alal ning veekogudele lähemal kui 100 meetrit.** Samuti tuleb ehitusmasinate parkimisala viia veekogudest kaugemale.

9.4 SOOVITUSED LOODUSKAITSE SEISUKOHALT TÄHTSATE LIIKLUSSÕLMEDE REOSTUSKOORMUSE VÄHENDAMISEKS TULEVIKUS

Mõned kavandatavad liiklussõlmed on suurema tähelepanu all, sest asuvad looduskaitse seisukohalt tähtsatel aladel (nt Natura alad, maastikukaitsealad jne) või veekogude läheduses. Sellistes piirkondades on väga oluline, et liiklussõlmedelt kogutav sademevesi vastaks nõuetele, mistõttu tuleks saasteainete kontsentratsiooni vähendada juba enne sademevee kogumist. Saasteainete kontsentratsiooni vähendamiseks tuleks maanteid tihedamini puhastada ning vajadusel piirata talvel teesoola kasutamist teedel.

9.4.1 TEEDE TIHEDAM HOOLDUS/PUHASTAMINE

Teede tihedam puhastamine aitab ära hoida reostuse suurenemise. Eriti tähtis on teede puhastamine kevadeti, enne esimest suurt vihma. Esimene vihm puhastab teedele ja tee äärtesse kogunenud soolad ja muud reostusallikad ning juhib need kraavide kaudu eesvooludesse.

Teedelt tulev sademevee kvaliteet sõltub aga teekatte olukorrast või seisukorrast ning selle puhastamise tihedusest. Saastatud sademevee tekke vältimiseks või selles sisalduvate reoainete

koguse vähendamiseks peab teid, väljakuid ja muid alasid, millelt sademevett kogutakse, regulaarselt kuivalt puhastama.

Hetkel puudub seadusandluses nõue, et keskkonnanõuetel eesmärkidel tuleb teatud teelõikudel teekatet intensiivselt puhastada ning samuti pole määratletud, mida see tegevus endast konkreetselt kujutab.

Keskkonnanõuetel eesmärkidel (oluliste veekogude ääres, maapinnalähedase põhjavee kaevude läheduses, kaitsmata põhjaveega aladel²) tuleb hoolduslepingus määratleda teekatte puhastamise nõuded ning tee puhastamise astmed (regulaarne, intensiivne puhastamine jne).

9.4.2 TALVINE TEEDE SOOLATAMINE

Talvel kasutatakse Eesti teedel libedustõrje eesmärgil soola. Soola kasutatakse, sest soolade lahustumisel vees muutuvad vee sulamis- ja keemistemperatuur (soola lahus külmub madalamal ja keeb kõrgemal temperatuuril kui puhas ehk mage vesi). Puhas vesi tahkub null kraadi juures, kuid soolane vesi vajab selleks koguni kuni miinus 20 kraadi, sõltuvalt soola liigist. Sooladena kasutatakse naatriumkloriidi, magneesiumkloriidi ja kaltsiumkloriidi. [44]

Taimed võtavad mullast mineraalsooli ja vett. Juurestiku rakud sisaldavad suhkruid ja teisi lahustunud toitaineid. Lahustunud ainete sisaldus rakumahlas peab alati olema suurem kui mullaosakeste vahel leiduvas vees, sest osmoosi tõttu liigub vesi ainult selles suunas, kus lahustunud ainete kontsentratsioon on suurem, seega liigub vesi tavalisest pinnasest juurestikku ja sealt taime kõikidesse rakkudesse. Muutes aga pinnases oleva vee soolasisalduse liiga suureks, takistame lõpuks täielikult vee liikumise taimedesse ja puudesse, mistõttu need lihtsalt kuivavad ja seda kiiremini, mida soojem ja kuivem on ilm. [44]

Teeäärseid mururibasid kahjustavad peamiselt nii sõidukite kui lumekoristusmasinate poolt pritsitud kütus ja teehooldusvahendite poolt saastatud lume-liivasegu. Kahjustavalt mõjuvad nii Na, Cl ja raskmetallide kõrged kontsentratsioonid teeäärses mullas kui ka pealekandunud liiva hulk, mis võimaldavad kasvada vaid kõige suurema soolataluvusega ning lahtist liiva talumatel liikidel, nagu harilik orashein, hanijalg, linnurohi. Kahjustunud on peamiselt 1-2 m laiune vöönd sõidutee ääres, kus on ka muru katvus väiksem.

Pinnast reostades jõuab teatud aja jooksul osa pinnasereostusest ka põhjavette. Lumetõrjel kasutatavad soolad/kemikaalid ladestuvad tee kõrval asumatel pinnastel ja imuvad läbi pinnase ka

² Sellistes kohtades on teede sagedasem puhastamine profülaktiline tegevus, mis vähendab veekeskkonnale kahjuliku mõju tekkimise võimalust.

põhjavette. Isegi korralik sademevee ärajuhtimise süsteem ei takista täielikult seda protsessi, kuna tõrjeautode pritsimise tulemusena satub kemikaalidega vesi teelt kaugemal asuvatele haljasribadele. [38]

Ramboll Eesti AS poolt 2008. aastal Tallinna Kommunaalameti tellimisel tehtud töös "Tallinna ja Helsingi tänavakonstruktsioonide ja neile mõjuvate koormuste ning mõjude võrdlev uuring ja arendustegevus" võrreldi soola kasutust Tallinnas ja Soomes. Jättes kõrvale jalgteed ja kõnniteed (kvartalisisesed teed ja parklad on sisse arvestatud) on saadud mainitud aruande põhjal järgmised andmed: [38]

- Tampere, kus soola kasutus pindalaühiku kohta on võrreldav Helsingi linnaga, kasutatakse aastas 600 tonni soola ja 1 000 000 liitrit soolalahust (28-31% ehk u 300 tonni kuivaks soolaks taandatult). Kogu tänavavõrgu kohta kujuneb seega taandatult kuiva soola kasutuseks 900 t/670 km ehk 1 343 kg/km ehk 172 g/m²;
- Tallinnas kasutatakse kogu tänavavõrgu soolakasutuseks $7100/972=7205$ kg/km (2005-2006 andmetel koguni 9 568 kg/km) ehk 667 g/m².

Üldistatult on soolakulu Tallinnas kordades suurem kui Tampere või Helsingis. Soola kasutamine libeduse tõrjeks on Soomes viimase aastakümnega oluliselt kahanenud, sest kasutatakse ennetavat tõrjet (jäätumise takistamiseks mõeldud tõrje) ja paikset töötlust (lokaalne tõrje) bussipeatustes ja muudes kriitilistes kohtades (ülekäigurajad, ristmikud jne). Laussoolatamist (suurte alade soolatamine) kasutatakse Soomes tunduvalt vähem võrreldes Eestiga. [38]

Veekeskkonna, pinnase ja haljastuse kaitse eesmärgil on Eestis soovitatav sarnaselt Soomega vähendada soola kasutamist.

Soola kasutamise vajadus väheneb kvaliteetsemate teede korral, kus teede deformatsioonikohtadesse ei kogune lund ja jääd, mida on vaja ülesse sulatada. Kui lund eemaldada tihedamini, siis pole vaja teid nii palju soolatada. Soolatamise alternatiiviks on puistematerjali kasutamine (fraktsioon 2-6 mm). Puistematerjali on võimalik kokku pühkides taaskasutada. [38]

Soola kasutamise tagajärjel teeäärsete taimede ja puude hukkumise ärahoidmiseks ning teedele koguneva soola sademeveega veekogudesse sattumise vältimiseks oleks vaja määratleda teehoiutöödel soola kasutamiseks paremad kriteeriumid ja kujundada need tavaks.

9.4.3 PUHVERRIBA KASUTAMINE

Puhverpeenrad kujutavad endast haljastatud kaldpindasid, mis asuvad kõvakattega pindade ääres ning nad omavad osalist puhastusefektiivsust neist ülevoolava sademevee käitlemisel. Peenrad

koosnevad tavapärastest muruliikidest ja muudest vastupidavamatest heintaimedest. Ka looduslikku roheala saab puhverpeenrana kasutada, kui see koosneb liigniisketele tingimustele vastupidavatest taimeliikidest ning on piisavalt ühtlase pinnaga, vältimaks sademevee kogunemist loikudeks. [1]

Puhverribade peamiseks ülesandeks on aeglustada sademevee voolukiirust. Selle tagajärjel settivad sademeveest välja sinna sattunud tahked osakesed. Tihedast taimkattest läbi voolates pikeneb sademevee jõudmise aeg eesvoolu ning väheneb eesvoolu jõudva sademevee hulk, sest osa sademeveest imbub pinnasesse. [1]

10 KOKKUVÕTE

Sademevee kogumise ja puhastamise protsessi efektiivset toimimist takistavad eelkõige kogumissüsteemide puudused. Olemasolevad sademevee puhastussüsteemid ei vasta reaalsele olukorrale, sest süsteemid on suure sademevee koguse korral kergesti kahjustatavad. Sademevee puhastamine tugineb vaid ühele rajatisele, pole rakendatud kõiki võimalikke meetmeid sademevee puhastamiseks enne sademevee õli-liivapüüdurisse jõudmist.

Sademevee puhastussüsteemi korrektseks toimimiseks peavad ehitatavad kogumissüsteemid tagama efektiivse sademevee kogumise, ilma süsteemide konstruktsiooni (nt kraavi nõlvad, põhi) kahjustamata. See vähendab oluliselt survet puhastussüsteemile/puhastile. Kõige efektiivsemaks kogumissüsteemiks on laiade puhverduskraavide rajamine. Puhverduskraavide eesmärgiks on suurema heljumi eemaldamine ning veevoolu aeglustamine, vähendamaks sademevee löökkkoormust suublale. Seejärel tuleb kogumissüsteemile rajada vajadusel puhastussüsteem. Puhastussüsteem tuleb rajada siis, kui tegemist on tundliku suubлага või muude tingimuste järgi olulise veekoguga. Puhverduskraavi ja eesvoolu vahele saab vajadusel täiendava riski vältimiseks paigaldada õlipüüduri. Säästva arengu põhimõtteid järgides on keskkonnariskide vähendamiseks soovitatav kasutada puhastussüsteemide ökoloogilisemaid lahendusi. Selline mõtteviis läheb kokku ka jätkusuutlike sademeveesüsteemide (*Sustainable drainage systems – SUDS*) mõtteviisiga. Üheks ökoloogiliseks puhastussüsteemi lahenduseks ongi settebasseini rajamine puhverduskraavi järele. Kui võtta arvesse vooluhulk ning setteosakese suurus ja settimise kiirus, siis tuleks settebasseinid rajada mõõtmetelt väga suured. See pole maa-ala puudumisel aga tihti võimalik ja seetõttu jääb olulisem puhastustöö puhverduskraavidele.

Kogumissüsteemide puhastusefektiivsuse suurendamiseks tuleks võimalusel eelpuhastina rajada puhverriba maantee ja kraavi vahelisele alale ning kogumissüsteemide paremaks toimimiseks voolu rahustavaid elemente (voolurahustid).

Kaitsmata põhjaveega aladel ning lähedal asuvate maapinnalähedast põhjavett kasutavate kaevude olemasolul tuleb kogumissüsteemid³ ja/või puhastussüsteemid rajada vettpidavad.

Kindlasti tuleb kogumissüsteemide/puhastussüsteemide rajamisel arvestada selle regulaarse hooldusega (puhastamise ja kontrolliga). Mida uuem on süsteem, seda tihedamalt tuleb seda kontrollida ja vajadusel ka puhastada. Peale sette edasikande stabiliseerumist tuleb teostada uus ülevaatus, mille käigus määratakse edaspidise eksploatatsiooni nõuded (puhastamise ja kontrollimise tihedus).

³ Kogumissüsteemid eeskätt siis, kui kraavi põhja ja aluspõhjakiivimini vahe on väiksem kui 1.2 m.

Eesmärgiks on saavutada olukord, milles ainult ei tagata kogumissüsteemi mittekahjustumine, vaid ka võimalike saasteainete sademeveest kõrvaldamine kogumissüsteemi elementide poolt. Selleks on võimalik kasutada eelkirjeldatud lahendusi. Sademevee kogumissüsteemide elementide efektiivseks rakendamiseks tuleb juba teede projekteerimise protsessi kaasata spetsialistid, kes tagaksid korrektsed projektlahendused, mis omakorda aitaks vältida uuringus kirjeldatud vigade kordumist. Sademevee kogumis- ja puhastussüsteemide projekteerimisel/rajamisel tuleb jälgida, et see ei kahjustaks projekteeritud tee konstruktsiooni.

11 KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik.
- 2) „Pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtused ja nende kohaldamise meetodid ning keskkonna kvaliteedi piirväärtused vee-elustikus“, keskkonnaministri määrus nr 49, vastu võetud 09.09.2010, jõustunud 18.09.2010.
- 3) „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed“, Vabariigi Valitsuse määrus nr 99, vastu võetud 29.11.2012, jõustunud 01.01.2013.
- 4) Hvitved-Jacobsen, T., Nielsen, A. Urban and Highway Stormwater Pollution. Concepts and Engineering. London. 2010.
- 5) Nilsson, A., Malmquist, Y. Reo-ja sademevesi. Veemajanduse planeerimine (Vattenplanering, 1991). Keskkonnaministeerium. 1996.
- 6) U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Results of the nationwide urban runoff program. Volume I: Final report. Water Planning Division. U.S. EPA, NTIS No. PB 84-185552. Washington. DC. 1983.
- 7) Storhaug, R., Micropollutants in stormwater runoff. The Norwegian EPA, TA 1373, 96, 18, 1996.
- 8) Baekken, T. and Joergensen, T. Pollution from road runoff: Long term effects. Oslo, Norway: The Norwegian State Highway Administration. 1994.
- 9) <http://et.wikipedia.org/wiki/Hapnikutarve> (seisuga 29.04.2013).
- 10) http://foodweb.ut.ee/Sonastik_187.htm?word=PAH.
- 11) Hvitved – Jacobsen T., Vollertsen, J., Nielsen, A.H. Urban and Highway Stormwater pollution. 2010.
- 12) Yannopoulou, S., Basbas, S., Giannopoulou, I. Stormwater runoff and the environment in the interurban road network, policy trends and perspectives. 2007.
- 13) NZ Transport Agency. Assessing Impacts of State Highway Stormwater Runoff on Stream Invertebrate Communities. 2011.
- 14) AS Teede Tehnokeskus. Liiklusloenduse tulemused 2011. aastal. Tallinn. 2012
- 15) AS SWECO Projekt. Tallinna sademevee uuringute teostamine, töö nr 07230-0058. Tallinn. 2008.
- 16) New Zealand Transport Agency. Stormwater Treatment Standard for State Highway Infrastructure. 2010.
- 17) Wojtowicz, J., General Directorate for National Roads and Motorways Road water pools in Poland. 2012.
- 18) New Zealand Transport Agency. Road Derived Sediments (RDS) and Vegetative Material Reuse Feasibility Study. 2010.

- 19) Kärmas, K., Põldvere, E., Tooming, A. Saastatud pinnased ja peamised saastekomponendid. Referaat. Tartu Ülikool. Bioloogia-geograafiateaduskond. Tartu. 2002.
- 20) Fortier, S., Scobey, F. C., Transactions of the American Society of Civil Engineers (ASCE), 89, No. 1588, 940-84. 1926.
- 21) Veeseadus, vastu võetud 11.05.1994.
- 22) „Maaparandussüsteemi projekteerimismid“, Vabariigi Valitsuse määrus nr 18, vastu võetud 17.02.2005.
- 23) Eesti Standard EVS 848:2013 „Väliskanaliseerimisvõrk“.
- 24) FIE Ants Vaimel. 2002. Teealade kuivendamise projekteerimise juhend. Tallinn.
- 25) Alekand, K. Juhend maaparandussüsteemi keskkonnarajatiste kavandamiseks. I osa. Põllumajandusliku hajureostuse leviku ja erosiooni tõkestamine ning looduskahjude vähendamine. Põllumajandusministeerium. 2007.
- 26) EL Konsult OÜ. Jüri aleviku ja lähiala sademeveekäitluse eelprojekt. Eelprojekt. Osa 1. Aleviku siseste torustike-kraavide ehitus ja korrastus.
- 27) <http://lakeontogeny.weebly.com/antropogeenne-eutrofeerumine.html> (seisuga 24.04.2013)
- 28) AS Maves. Kroodi oja ehitusgeoloogiline - ja reostusuuring. 2009 .
- 29) Hendrikson & Ko OÜ. Maardu linna üldplaneering aastani 2015. 2008.
- 30) TTÜ Keskkonnatehnika Instituut. Põhja-Eesti jõgede hüdrokeemiline seire 2011 aastal. Tallinn. 2012.
- 31) Canada Mortgage and Housing Corporation. Alternative Stormwater Management Practices for Residential Projects. Retention Ponds . http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waho/waho_010.cfm.
- 32) OÜ Alkranel. Alternatiivsete sademevee äravoolu- ja kogumissüsteemide uurimistöö. Tartu. 2005.
- 33) http://www.thomasengineeringpa.com/photo_gallery/photo_gallery.htm (seisuga 28.03.2013).
- 34) http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm?action=factsheet_results&view=specific&bmp=74 (seisuga 28.03.2013).
- 35) http://www.vtwaterquality.org/stormwater/htm/sw_InfiltrationTrenches.htm (seisuga 28.03.2013).
- 36) Eesti Vee-ettevõtete Liit. Sademevee ärajuhtimise ja sademeveekanaliseerimise rajamise juhend. 2003.
- 37) E-Konsult OÜ. Täiendus Lagedi tee ja Peterburi tee piirkonna DP-de lõpparuandele. 2011.
- 38) Ramboll Eesti AS. Tallinna ja Helsingi tänavakonstruktsioonidele ja neile mõjuvate koormuste ning mõjude võrdlev uuring ja arendustegevus. Tallinn. 2008.
- 39) Timmusk, T. Maaparanduslike abinõude uuring kuivendatud maatulundusmaalt pärineva hajureostuse vähendamiseks. Tartu. 2007.
- 40) Kalainesan, S. Best management practices for highway construction site sedimentation basins. USA. 2007.

- 41) PB Maa ja Vesi AS. Metsaparanduses kasutatavate settebasseinide projekteerimise soovitusel. Tartu. 2009.
- 42) http://www.michigan.gov/documents/deq/nps-sediment-basin_332133_7.pdf.
- 43) P. Vilba. Pinnasemehaanika & vundamendid. Tallinna Tehnikakõrgkool. Tallinn. 2010.
- 44) <http://bio.edu.ee/envir/soolat/teadus.htm> (seisuga 03.04.2013).
- 45) OÜ Adapte Ekspert. Paldiski mnt 50 ja lähiala detailplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine. Aruanne. Tallinn. 2009-2010.
- 46) Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B., Haberl, R. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe. Backhuys Publishers. Leiden.
- 47) Maastik, A. Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi Veemajanduse osakond. Hüdroloogia ja hüdromeetria. Lühikursus. Tartu. 2006.
- 48) „Tee projekteerimise normid ja nõuded“, teede- ja sideministri määrus nr 55, vastu võetud 28.09.1999.
- 49) Teede- ja sideministri 28.09.1999. a määrusega nr 55 kinnitatud „Tee projekteerimise normid ja nõuded“ täiendatud ja parandatud redaktsioon „Maanteede projekteerimisnormid“.
- 50) „Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded“, põllumajandusministri määrus nr 75, vastu võetud 25.07.2003.
- 51) Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituut. Maanteede projekteerimisnormide ja sellega seotud määruste korrektuur. Köide II. 2005.
- 52) HELCOM. Dokument 23/5 „Veereostuse vähendamine asulate sademeveekanaliseerimise nõuetele vastava korraldamise teel“.
- 53) www.eccua.ee
- 54) EVS-EN 858 – 1:2002 „Kergete vedelike lahustussüsteemid (sealhulgas õli ja bensiin). Osa 1: Kavandamise põhimõtted, toimuvus ja katsetamine, märgistus ja kvaliteedikontroll.“
- 55) Määrus nr 38 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“, keskkonnaministri määruses, vastu võetud 11.08.2010.
- 56) Eestimaa Looduse Fond. Tehismärgalad: Põllumees puhastab vett. Tartu. 2012.
- 57) IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control, Constructed Wetlands for Water Pollution Control. Process, Performance, Design and Operation. Scientific and Technical Report No. 8. IWA Publishing. 2000.
- 58) http://www.thomasengineeringpa.com/photo_gallery/photo_gallery.htm