



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

IMEYTYSMENETELMIEN KÄYTTÖ OSANA HULEVESIEN HALLINTA

Miten pohjavettä ylläpidetään kaupunkiolosuhteissa

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekninen ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Miljösuunnittelun
suuntautumisvaihtoehto
Pääaine yhdyskuntasuunnittelu
Opinnäytetyö
16.12.2013
Svetlana Fedorova

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

FEDOROVA, SVETLANA: Imeytysmenetelmien käyttö osana
hulevesien hallintaa
Miten pohjavettä ylläpidetään
kaupunkiolosuhteissa

Miljöösunnittelun opinnäytetyö, 77 sivua, 6 liitesivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli osoittaa kaupungin pohjaveden tason ylläpidon tarve hulevesien hallintaa, koska hulevesien johtaminen suoraan viemärintiverkkoon jatkuvasti alentaa kaupungin pohjaveden taso.

Opinnäytetyössä arvioidaan nykytilanteen vaikutusta pohjaveden tasoon Helsingissä ja esitetään miten pohjavettä voidaan ylläpitää imeytysmenetelmien avulla. Työhön liittyvät imeytysmenetelmien käytännölliset ja tekniset ratkaisut. Lisäksi opinnäytetyössä kiinnitetään huomiota muutosten sopivaan ajankohtaan, koska asutuksen tiivistäminen ja mahdollinen ilmastonmuutos vaikuttavat entistä enemmän kaupungin hydrologiseen kiertoon.

Opinnäytetyössä käsitellään pohjaveden muodostumista kaupungin ympäristössä, pohjaveden määrään ja laatuun vaikuttavia tekijöitä ja aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Lisäksi käsitellään aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä ja hulevesien hallintaa maankäyttösuunnittelussa. Esimerkkikohteiden avulla esitetään imeytysmenetelmien soveltamista tiheästi rakennetussa Helsingin korttelissa.

Työ osoittaa, että hulevesien imeytys on aina tapauskohtainen ratkaisu. Imeytysmenetelmien käyttö, edellyttää riittävästi tutkimusta ja selvitystä. Päätös tehdään aina saatujen tietojen perusteella. Maankäyttösuunnittelun avulla pitää tuoda edellytykset luonnonmukaisen hulevesien hallinnan varteen.

Yhteenvedossa todistetaan, että imeytysmenetelmien käyttö hulevesihallinnassa, kaikki olosuhteet huomioiden on suositeltu ratkaisu ja hyödyllinen yhteiskunnalle, rakennetulle ympäristölle ja luonnolle.

Avainsanat: pohjavesi, hulevesi, hulevesien hallinta, imeytys, imeytysmenetelmät, maankäyttösuunnittelu, ilmastonmuutos

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in environmental technology

FEDOROVA, SVETLANA: Methods of infiltration as part of storm
water management
How to maintain the level of groundwater
in urban environments

Bachelor's Thesis in environmental planning 77 pages, 6 pages of appendices

Autumn 2013

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to demonstrate the need to maintain groundwater levels and to describe how storm water runoff can be managed through land planning and engineering design. The traditional practice of urban storm water management contributes to reduction in groundwater level.

The thesis sets out to show the effect of building planning and storm drain systems on groundwater levels in Helsinki, and to present methods and engineering designs to better integrate infiltration into storm water management systems. Modification of city planning methods is urgently needed to sustain the water cycle in urban areas, because the threat of climate change together with additional building will affect the recharge of groundwater.

The first part of the thesis looks at changes in quantity and quality of storm water runoff in urban areas, drawing on relevant Finnish and international research. The study goes on to consider Finnish legislation and its impact on storm water management and land-use planning. Examples are given to show how infiltration takes place in densely packed city blocks in Helsinki.

The result shows that the use of infiltration methods should be based on an adequate study and collection of information in this area. Decision is always made on the basis of the data obtained. Land-use planning should help to bring the natural conditions of the storm water management arm.

The conclusion recommends that infiltration be considered central to storm water management whenever possible, it is beneficial for society, the built environment, and the natural environment.

Key words: groundwater, storm water, storm water management, infiltration, infiltration methods, land-use planning, climate change

SISÄLLYS

TERMIT, SANASTOT JA LYHENTEITÄ

1	JOHDANTO	1
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA	2
3	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA MENETELMÄT	4
4	POHJAVETTÄ KAUPUNGISSA	5
5	HELSINGIN YMPÄRISTÖ	6
5.1	Helsingin alueen geologia	6
5.2	Helsingin ilmasto	7
5.3	Pohjavesi ja sen esiintymät	9
6	MAA- JA POHJAVESIEN MUODOSTUMINEN	11
6.1	Sadanta ja pohjaveden tason vaihtelu	11
6.2	Pohjaveden ja pintavesien yhteys	12
6.3	Maan vedenläpäisevyys	13
6.4	Sadannan suodatus maaperään	15
6.5	Maaston muoto	15
7	IMEYTYS	16
8	POHJAVEDEN MUODOSTUMINEN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖSSÄ	19
8.1	Ilmanlaatu ja laskeutuma	19
8.2	Hulevesi	20
8.2.1	Hulevesien laatu kaupungissa	20
8.2.2	Kattovesien laatu	24
8.3	Täyttömateriaalien käyttö	26
8.4	Päällystetyt pinnat ja viemärointi	26
8.5	Pohja- ja orsiveden tason alentaminen	28
9	ILMASTONMUUTOS	31
10	POHJAVEDEN SEURANTA	32
11	LUONNON VAIKUTUKSET KAUPUNGIN YMPÄRISTÖSSÄ	33
11.1	Haitta-aineiden kulku ja pidätys maaperässä	33
11.2	Haitta-aineiden biohajoaminen	34

11.3	Kasvillisuuden puhdistava vaikutus	35
11.4	Hulevesien puhdistusohjeet	36
11.5	Tutkimukset Suomessa	38
12	LAINSÄÄDÄNTÖ	40
12.1	Euroopan unionin lainsäädäntö	40
12.2	Suomen lainsäädäntö	40
12.2.1	Ympäristönsuojelulaki	40
12.2.2	Vesilaki	41
12.2.3	Laki vesihoidon järjestämisestä	41
12.2.4	Maankäyttö- ja rakennuslaki	42
12.2.5	Vesihuoltolaki	42
13	LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA KAAVOITUKSESSA	44
13.1	Valtakunnalliset maankäyttötavoitteet	44
13.2	Maakuntakaava	44
13.3	Yleiskaava	45
13.3.1	Helsingin kaupungin hulevesistrategian prioriteettijärjestys	45
13.3.2	Hulevesiselvitys yleiskaavan tasolla	47
13.3.3	Alueiden jako yleiskaavassa	49
13.3.4	PIMA	49
13.3.5	Yleiskaavan merkinnät ja määräykset	50
13.4	Osayleiskaava	51
13.5	Asemakaava	52
14	IMEYTYSMENETELMÄT JATKOSUUNNITELUSSA	54
14.1	Luonnollisia pintoja	54
14.2	Viherpintoja	55
14.3	Maanalaiset imeytysrakenteet	56
14.4	Pintaimeytysmenetelmät	57
14.5	Hulevesien hallinta imeytyksen avulla pääkaupunkiseudulla	59
15	IMEYTYSMENETELMIEN KÄYTTÖ	60
15.1	Kaavoitustilanne	60
15.2	Maaperä ja pintamuoto	62
15.3	Hulevesien hallinnan menetelmät	62
15.4	Mitoitukset	63

15.5	Hulevesien hallinnan ratkaisu	64
15.6	Imeytysmenetelmien käyttö rakennetussa ympäristössä	65
16	YHTEENVETO	67
	LÄHTEET	71
	LIITTEET	78

TERMIT, SANASTOT JA LYHENTEITÄ

Advektio	Veden liuennan aineen kulku veden virtauksen mukaan (Young 1992, Heikkisen ym. 2000, 12 mukaan).
Akviferi	Pohjavesimuodostumaksi kutsutaan pohjaveden kyllästämää ja vettä hyvin johtavaa maa- tai kallioperän vyöhykettä, josta vettä voidaan pumpata käyttökelpoisia määriä (Pohjavesigeologia eli hydrogeologia 2007).
Biohajoaminen	Menetelmä, jossa maaperässä olevat bakteerit hajottavat haitallisia aineita (Luontainen biohajoaminen 2013).
Biopuhdistus	Bioremediaatiolla tarkoitetaan ympäristön ó maan, veden, pohjaveden tai sedimentin ó puhdistamista mikrobien tai kasvien avulla (Biopuhdistus 2013).
Diffuusio	Molekyylien siirto väkevämmästä alhaisempaan pitoisuuden suuntaan tasoittamalla pitoisuuserot (Heikkinen 2000, 12).
Dispersio	Aineen kulku veden virtauksen mukaan (Yong 1992, Heikkisen ym. 2000, 12 mukaan).
Fytodegradaatio	Kasvien avulla toteutettava biopuhdistus käyttämällä kasvin kykyä ottaa talteen ja hajottaa haitta-aineet (Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Redmediation).
Fytoekstraktio	Kasvein avulla toteutettava biopuhdistus käyttämällä kasvien kykyä imeä, siirtää ja ottaa talteen myrkyllisiä epäpuhtauksia maaperän matriisiin, juuristoon ja kudoksiin (Phytoremediation: An Environmentally

Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Redmediation).

Fytoremediaatio	Kasvien avulla tapahtuva saastuneen maan kunnostus (Haapa saastuneen maan puhdistajana 2011).
Fytovolatilisaatio	Kasvien avulla toteutettava biopuhdistus käyttämällä kasvin kykyä ottaa epäpuhtaudet kasvin matriisiin ja sen jälkeen muuttaa ja haihduttaa epäpuhtauksia ilmakehään (Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Redmediation).
Hulevettä	Sateen aiheuttamaa pintavaluntaa, joka kulkeutuu sulana kautena lopulta sadevesiviemärien ja ojien kautta vesistöihin. Yleensä hulevesitutkimuksiin on myös liitetty lumen sulamisen aiheuttama valunta keväällä eli sulamisvedet (Nurmi 2001, 3).
Kemiallinen hapenkulutus	Vedessä olevien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden (mm. humus) määrää (Mitä vesianalyysitulokset kertovat? 2013).
Kiintoaine	Kuvaa vedessä olevan hiukkasmaisen aineksen määrää (Mitä vesianalyysitulokset kertovat? 2013).
Kokonaisfosfori	Vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkeä ravinne. On usein tärkein planktonlevästön kasvua rajoittava tekijä (Mitä vesianalyysitulokset kertovat? 2013).
Kokonaistyyppi	Vesien tuotannon ja joskus myös rehevöitymisen kannalta tärkeä ravinne (Mitä vesianalyysitulokset kertovat? 2013).
Maannos	Maaperän pintakerros, johon bioottiset ja abioottiset prosessit vaikuttavat. Maannos koostuu eri

hiukkaskokoisista maalajeista ja eloperäisestä jätteestä ja on yleensä kerroksellinen (Maannos 2013).

MTBE	Metyylitertiääributyylieetteri
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PCB	Polyklooratut bifenyylit
Pohjavesi	Kaikkia niitä vesiä, jotka ovat maan pinnan alla kyllästyneessä vyöhykkeessä ja suorassa yhteydessä kallio- tai maaperään (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000, 2 §).
Pohjavesimuodostuma	yhtenäisenä vesimassana akviferiin tai akvifereihin varastoitunutta pohjavettä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000, 2 §).
Rhizodegradation	On biopuhdistus, jolla tarkoitetaan kasvien ja symbioottien maamikrobien kykyä hajottaa epäpuhtauksia (Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Redmediation).
Valuma-alue	Tarkoitetaan vedenjakajan rajaamaa kokonaisuutta, jolta joki tai puro saa kaiken sateen kautta tulevan vetensä, joka ei ole haihtunut alueelta. Suurista valuma-alueista voidaan käyttää nimitystä vesistöalue (Valuma-alue 2013.)
VEHA-asetus	Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tutkittu pohjaveden ja hulevesien vuorovaikutusta kaupungin ympäristössä, pohjaveden ylläpitoa hulevesien imeytyksen avulla, maaperän pohjavedenmuodostumista, hulevesien hallinnalle lainsäädännön asettamia vaatimuksia, kaavoituksen ja kuntien ohjeet huomioiden. Aihetta on tutkittu Suomessa melko vähän. Opinnäytetyössä on käytetty kansainvälisiä ja Suomessa tehtyjä aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Kansainvälisten tutkimuksien tuloksia ei voi kuitenkaan suoraan soveltaa Suomessa.

Opinnäytetyön lähtökohtana on NCC-Rakennus Oy:n toimeksiantama, Insinööri toimisto Pohjatekniikka Oy:n laatima hulevesiselvitys ja hulevesihallintasuunnitelma, Helsingin Alppikylän alueelta kortteli 416295, tonteille 2, 3 ja 4. Valuma-aluekohtainen imeytysmenetelmien käyttö on esitetty tämän esimerkkiprojektin avulla. Opinnäytetyössä on käytetty itse laatimiani projektiin liittyviä asiakirjoja.

Tutkielmaa voidaan hyödyntää hulevesien hallintasuunnitelmassa ja aiheeseen liittyvissä selvityksissä. Esimerkkiprojekti osoittaa, että hulevesien käsitellyllä on kaupunginhydrologian lisäksi myös maisema- ja virkistysvaikutus. Maaperä- ja vesiolosuhteet huomioiden kaavoitus ja jatkosuunnitteluvaiheessa voi huomattavasti alentaa hankkeen rakennus- ja käyttökustannuksia.

Alppikylän projektissa suunnitteluvaiheessa olen huomannut, että tarkkaan laaditut asemakaavaan liittyvät selvitykset hyvin ohjaavat ja nopeuttavat suunnittelu- ja lupaprosessia. Kaavoituksen merkitys luonnollisessa hulevesien hallinnassa on erittäin huomattava.

Alppikylän alueen 416295, tonttien 2, 3 ja 4 hulevesihallintasuunnitelma on laadittu Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston ohjauksessa. Kiitos aiheesta Helsingin kaupungin rakennustarkastajalle Risto Nybergille.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA

Infrastruktuurien tehokas käyttäminen ja asutuksen tiivistyminen, olemassa oleva vesi-, viemäri- ja kaukolämpöverkoston hyödyntäminen ja helppo palveluiden saatavuus ovat tuoneet omat haasteet: päästöt, melun ja hulevettä.

Kaupunkialueella on kaksinainen merkitys vesiympäristössä: rakennetuilla alueilla pintavalunnan ja imeytymisen olosuhteet muuttuvat ja näiltä alueilta kertyvä hulevesi lisää haitallista vesistökuormitusta (Tarkkala 2002, 4).

Tutkielman taustalla on asutuksen tiivistämisen ja ilmastomuutoksen seurauksena pohjaveden tason aleneminen ja sen aiheuttamat ongelmat tiheästi asutuissa kaupungeissa. Vettä läpäisemättömät materiaalit estävät hulevesien imeytymisen maaperään ja pohjaveden muodostumisen. Hallitsemattoman pohjaveden tason alentamisen seurauksena voi syntyä uusia ongelmia ja haasteita, mm. rakenteelliset ja viemäroinnin ongelmat, kapillaarisen nousun tehokkuuden väheneminen, puupaalujen lahoaminen, pienivesistöjen ja kaivojen kuivuminen ja katupuuston häviäminen.

Luonnonmukaiseen hulevesien hallinnan suunnitteluun kiinnitetään nykyisin paljon huomiota. Suunnitelmien hyväksymisperiaate on, että hulevettä pyritään viivyttämään ja imeyttämään. Veden määrä, hulevesien laatu ja laadun parannuskeinot jäävät usein huomaamatta, vaikka ne vaikuttavat pohjaveteen ja hulevesiä vastaanottavan vesistön laatuun.

Imeytysmenetelmien käyttö tuo omat haasteet. Hulevesien imeytysvaatimusta ja päätöstä ei voi tehdä ilman aiheeseen liittyviä selvityksiä. Vasta hankesuunnittelussa, kun asemapiirustus on laadittu ja pohjatutkimukset suoritettu, voidaan tehdä lopullinen hulevesisuunnitelma. Tässä vaiheessa hulevesien hallintaa koskeva liitoskohtalausunto on usein jo saatu. Maaperän imeytyskapasiteetti ja erityisesti luonnollinen puhdistusvaikutus hulevesiin jää tässä vaiheessa käyttämättä. Hulevesien hallinnan oikeaan ajoitukseen on kiinnitettävä erityinen huomio. Hulevesien hallintasuunnittelua varten tehtävät selvitykset ja tutkimukset tulee tehdä hankesuunnitteluvaiheessa. Usein esiintyvä ongelma on hulevesien hallintasuunnittelun myöhästyminen. Kun rakennushankkeeseen ryhtyvä reagoi lupaedellytyksenä olleeseen hulevesien

hallintasuunnitelmaan, ovat rakennustyöt jo käynnissä ja LVI-suunnitelmat hyväksytyt. Luonnonmukainen hulevesien hallintasuunnitelma laaditaan tällöin pahimmassa tapauksessa käynnissä olevan työmaan ja LVI-suunnitelmien ehdolla. Ongelmia aiheuttaa myös se, jos ilman tutkimuksia on jo päätetty imeyttää hulevedet maaperään, joka ei hankealueella kykene ottamaan hulevettä vastaan.

3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA MENETELMÄT

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia hulevesien ja pohjavesien vuorovaikutusta tiheästi rakennetussa kaupungin ympäristössä ja luonnonmukaista hulevesien hallintaa imeytyksen avulla, kaavoituksessa ja rakennetussa ympäristössä. Tutkimus aloitetaan pohjaveden muodostumistavan ja merkityksen selvityksestä. Lisäksi huomioidaan pohjaveden laadun tekijät kaupungin ympäristössä. Tutkimustyössä analysoidaan voimassa olevaa lainsäädäntöä, tutkitaan hulevesien hallintamahdollisuudet eri kaavatasoilla ja esitetään hulevesien hallintaan liittyvät imeytysratkaisut. Opinnäytetyö tehdään Helsingin kaupungissa sovellettavaksi. Rajoituksena on, että opinnäytetyössä ei käsitellä geologisten tekijöiden vaikutusta pohjaveden laatuun ja määrään.

Tässä työssä osoitetaan myös aiheeseen liittyvien lisätutkimuksien tarpeellisuus. Ensisijainen tutkimuskysymys on pohja- ja pintavesisuhteiden parannusmahdollisuudet imeytyksen avulla. Hulevesien muodostumiseen ja erityisesti imeytykseen liittyviä kysymyksiä pohditaan eri kaavatasoilla.

Opinnäytetyössä esitetään pohjaveden tason ylläpidon tarve, mikä kannattaa suorittaa hulevesien imeytysmenetelmien avulla. Menetelmien käyttöön ja toimivuuteen kaupungin ympäristössä perehdytään kartoittamalla imeytysrakenteet. Lisäksi esitetään, miten imeytysmenetelmien käyttö rakennetussa kaupungin ympäristössä voi vaikuttaa alueen esteettiseen arvoon.

Alppikylän projektin avulla esitetään, miten erilaiset imeytysmenetelmät voidaan hyödyntää hulevesien hallinnassa rakennutussa ympäristössä, miten imeytysmenetelmien avulla alueesta on muodostunut maisemallisesti erityinen alue, jossa on yhdistetty hulevesien hallinta ja pohjaveden ylläpito. Sen lisäksi imeytysmenetelmien käyttö on alentanut kiinteistöjen käyttökustannuksia.

Opinnäytetyön avulla halutaan selkeyttää imeytysmenetelmien käyttämistä, auttaa valinnassa ja kannustaa niiden käyttöä. Opinnäytetyö voi toimia apuna yleis- ja maankäyttösuunnittelussa.

4 POHJAVETTÄ KAUPUNGISSA

Pohjavesi on yhteiskunnan juomaveden lähde ja ekosysteemien elinehto.

Pohjavesi toimii osatekijänä melkein kaikessa maankamاران toiminnassa. Sen lisäksi pohjavedellä on tärkeä rooli kaupungin ympäristössä:

- Katupuuston ylläpito. Maavesi luonnonkiertokulun kautta ylläpitää katupuustoa, erityisesti viime aikana on yleistynyt kantavaan kasvualustaan istutettu katupuusto, joka tarvitsee jatkuvasti maavettä, koska kapillaarinen nousu on usein heikko.
- Maisema-alueiden säilyminen. Pohjavesi ylläpitää pienvesistöjä, jotka ovat erittäin tärkeitä kaupunkikuvassa .
- Kaupungin ilmaston parannustekijä. Kaupungin ilmasto paranee kasvillisuuden puhdistusvaikutuksen avulla.
- Rakennuskannan kunnossapito. Pohjaveden tason laskiessa savimaalajeille voi syntyä epätasaista painumista ja puupaalujen lahoaminen on yleistä.
- Virkistysmahdollisuus. Veden jatkuva saatavuus tuo vesistöjen eliöille ja erityisesti kaloille viihtyvän elinympäristön.

Pohjaveden tason säilyminen ja ylläpito kaupungin ympäristössä on taloudellisesti kannattavaa imeytysmenetelmien avulla. Tekopohjaveden muodostaminen kaupungin ympäristössä on erittäin haastava ja kallis toimenpide.

Imeytyksen avulla ylläpidetään maavettä ja hulevesiä puhdistaan maaperässä, luonnon prosessien avulla. Imeytys hidastaa valuntaa ja ylläpitää luontaista veden kiertokulkua. Rakennetussa ympäristössä imeytyskapasiteetti ja menetelmien valinta tulee aina selvittää tapauskohtaisesti.

5 HELSINGIN YMPÄRISTÖ

Helsingin maaperälle on tyypillistä korkoeroja ja kallioperän heikkousvyöhykkeitä. Mannerjään sulamisen jälkeinen kulutus ja kerrostuminen ovat tuoneet paikallisia piirteitä. Helsingin maaperä on voimakkaasti muutettu ihmisten toiminnan seurauksena. (Tarkkala 2002, 1.)

5.1 Helsingin alueen geologia

Helsingin kallioperä on syntynyt proterotsoonisella maailmankaudella svekofennialaisessa poimutuksessa, noin 1900 Ma sitten. Tuolloin kohunut kallioperä on kulunut lähes nykyiselle tasolle. (Svanström & Raudasmaa 1998, 26.) Helsingin alueelle on tyypillistä kalliomäki. Kallion pinta on yleensä syvällä ruhjeiden ja siirrostien muodostamissa heikkousvyöhykkeissä. Kallioperän painanteissa kallion pinta on paikoin merenpinnan alapuolella.

Kallioperän painanteet ja erityisesti rikkonaiset ruhjelaaksot mahdollistavat pohjaveden varastoitumisen. Kallioperän topografia on vaikuttanut maaperän kerrosjärjestykseen ja siten pohjaveden esiintymiseen. Kallionpainanteiden päällä on yleensä moreenia, jonka päällä on glasifluviaalisia kerroksia, silttiä ja savea. (Svanström & Raudasmaa 1998, 27.) Ylinnä yleensä on täyttömaata. (Kuvio 1.)

täytemaa (saattaa puuttua)
turve (puuttuu usein)
savi ja/tai rantakerrostuma
glasifluviaalinen aines
moreeni
kallioperä

KUVIO 1. Helsingin alueen tyypillinen maa kerrosjärjestys, nuorin kerrostuma ylinnä (Svanström & Raudasmaa 1998, 28)

Lähes 450 vuoden aikana Helsingin maapintaa on muokattu, kaivettu, louhittu ja täytetty. Luonnontilassa olevaa maata on vain vähän jäljellä.

Kaivaminen tapahtuu maanpinnalta alaspäin tai kokonaan maanpinnan alla mm. tunneleiden louhintana. Kaivamisessa syntyneet massat jalostetaan, sijoitetaan täyttöihin tai ylijäämämassojen läjitysalueelle.

Täyttöjen materiaalit vaihtelevat ja niiden laatuun vaikuttavat mm. täyttöajankohta ja alueen käyttötarkoitus. Materiaali voi olla alkuperältään geologista, mutta mukana voi olla mm. puuta, tiiliä, voimalaitostuhkaa ja voimalaitoskuonaa sekä rakennusjätettä. Entisten kaatopaikkojen materiaalit ovat pääasiassa yhdyskunta-jätettä, mutta ovat sisältäneet myös lähes mitä tahansa, mukaan lukien haitallisia ja myrkyllisiä aineita, joita ei entisten kaatopaikkojen käyttöaikana eroteltu. (Svanström & Raudasmaa 1998, 37.) 1700-luvun alkupuolella Helsingissä käytettiin kaatopaikkoina yleensä tyhjiä tontteja. Helsingin historian aikana kaupungissa on ollut 16 kaatopaikkaa ja monta jätealuetta. (Svanström & Raudasmaa 1998, 38.)

5.2 Helsingin ilmasto

Ilmastollisesti Helsingin alue kuuluu eteläboreaaliseen luonnonvyöhykkeeseen. Helsingin ilmastoon vaikuta Suomenlahti, mikä viilentää kesällä ja lämmittää talvella.

Vuoden keskilämpötila vaihtelee 4 ja 6 °C välillä. Kylmin kuukausi on helmikuu ja lämpimin heinäkuu. Uudenmaan lämpötilaennätys 33,1 °C oli mitattu Helsingissä vuonna 1945 ja Suomen sademääräennätys Espoossa, jolloin yhden vuoden aikana kokonaissademäärä oli 1109 mm. (Ilmastotietoja ja ó skenaariorita pääkaupunkiseudun ilmastomuutoksen sopeutumishjelmaa varten 2010, 10.) Ilmastollisia perustietoja Helsingin Kaisaniemen on esitetty Taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Ilmastollisia perustietoja Helsingin Kaisaniemen havaintojen pohjalta (Ilmastotietoja ja óskenaarioita pääkaupunkiseudun ilmastomuutoksen sopeutumisohjelmaa varten 2010, 10)

kk	Lämpötila(°C)			Auringonpaiste(h)		Sade(mm)			Sadep. >0,1 mm(lkm)			Sadep. >1 mm(lkm)		
	ka	ylin	alin	ka	pienin suurin	ka	ka	pienin suurin	ka	ka	pienin suurin	ka	ka	pienin suurin
1	-4.2	-1.7	-6.9			47	20	14	27	10	0	17		
2	-4.9	-2.2	-7.7			36	17	6	24	8	0	16		
3	-1.5	1.2	-4.2			38	16	8	24	8	4	13		
4	3.3	6.8	0.4			36	13	7	25	7	1	18		
5	9.9	14.0	6.0			32	10	4	19	6	1	11		
6	14.8	18.7	11.0			49	13	5	19	8	3	14		
7	17.2	20.9	13.7			62	13	3	23	8	1	18		
8	15.8	19.3	12.6			78	16	2	24	11	0	18		
9	10.9	13.9	8.1			66	16	3	25	10	3	17		
10	6.2	8.6	3.8			73	17	6	27	10	4	20		
11	1.4	3.6	-0.8			68	20	9	29	12	3	21		
12	-2.2	0.2	-5.0			58	21	12	27	11	4	21		

Meren läheisyys vaikuttaa talvisen lumipeitteen tuloon ja syvyyteen. Eri talvien välillä on suuria eroja alkutalven sääoloista riippuen. Vähälumisina talvina lumensyvyyydet ovat rannikolla alle 20 cm. (Ilmastotietoja ja óskenaarioita pääkaupunkiseudun ilmastomuutoksen sopeutumisohjelmaa varten 2010, 12.)

Helsingin kaupungin paikallisilmastoon vaikuttavat myös urbaanit tekijät, joita ovat seuraavat:

- Päällystetyt pinnat ja katot nostavat ilman lämpötilaa.
- Rakenteet muuttavat ilmavirtauksia ja lisäävät turbulenssia.
- Ilmaan haihtuu enemmän vesihöyryä, kun luonnossa.
- Kaupungin ilma on epäpuhdasta.

Rankkasateiden todennäköisyys on kaupungissa suurempi lämpötilan ja sen aiheuttaman konvektion vuoksi.

5.3 Pohjavesi ja sen esiintymät

Sadannasta ja lumen sulamisen aikana osa vedestä haihtuu, osa valuu pintavetenä vesistöihin ja osa suotautuu vajovesivyöhykkeisiin ja edelleen pohjaveteen. Maan pinnan alla on vettä monessa vyöhykkeessä. Osittain kyllästynyttä maassa olevaa maavettä kutsutaan vajovedeksi ja täysin kyllästyneessä vyöhykkeessä olevaa vettä pohjavedeksi. Maavesivyöhykekerros jakautuu kolmeen osaan: juurivyöhykkeeseen, välivyöhykkeeseen (joka saattaa myös puuttua) ja kapillaarivyöhykkeeseen. Kapillaarivyöhykkeessä huokoistila on osittain tai kokonaan täytynyt vedellä kapillaarivoiman ansiosta. Pohjavesivyöhyke alkaa pohjaveden pinnasta ja jatkuu niin syvälle, kuin huokokset ovat toisiinsa yhteydessä. Vapaan pohjaveden pinnalla veden paine on yhtä suuri kuin ilmapaine. (Svanström & Raudasmaa 1998, 42.)

Pohjavesiä ja niihin verrattavia maanalaisia vesiä esiintyy kaupunkialueella hyvin erilaisissa geologisissa muodostumissa ja tekemuodostumissa. Tässä yhteydessä pohjaveden esiintymistavat on jaettu ryhmiin, koska ne vaikuttavat eri tavoin rakentamiseen ja niillä on erilainen merkitys vesihuollossa ja ympäristön-suojelussa näitä ovat savenalaiset pohjavedet, sora- ja hiekka-alueiden pohjavedet, moreenialueiden pohjavedet, orsivedet, kalliopohjavedet ja kaatopaikkojen sisäiset vedet. (Svanström & Raudasmaa 1998, 45.)

Savimaalajeissa vesi on sitoutunut huokosvedeksi. Suurin osa koheesiomaille satavasta vedestä poistuu pintavaluntana. Savimaalajeissa ei ole pohjavettä. Savimassa estää sadantaa imeytymästä. Imeytys savimailla on mahdollista vain, jos savea ympäröivät kapeat kitkamaakaistaleet. Savikerroksen alla oleva pohjavesi on hapetonta. (Svanström & Raudasmaa 1998, 46.)

Suomen geologisesti merkittävimmät pohjavesiesiintymät ovat sora- ja hiekka muodostumissa. Pohjaveden laatu on yleensä hyvä, pohjaveden määrä on suuri ja virtausnopeus ja vaihtelevuus on nopeaa. Vedessä on runsaasti happea, joka säätelee mm. raudan olomuotoa. (Svanström & Raudasmaa 1998, 48.)

Helsingin pohjavesialueet ovat Vuosaaren, Tattarisuon, Santahaminan, Isosaaren ja Kallahan pohjavesialueet, jotka liittyvät merkittäviin hiekka- ja soramuodostumiin.

Tyypillisesti Helsingin alueella moreenit ovat silttisiä hiekka-moreeneja, jolloin niiden hienoainespitoisuus on suuri ja hydraulinen johtavuus alhainen. Tästä seuraa, että moreenissa pohjaveden pinta on korkealla myötäillen maanpinnan muotoja ja että pohjaveden virtausnopeus ja vaihtuvuus on hidasta. (Lahermo 1990, Svanströmin & Raudasmaan 1998, 47 mukaan.) Tästä syystä moreenialueen pohjavedestä ei ole suurta merkitystä vedenoton kannalta.

Orsivedet jakautuvat luonnollisesti muodostuneisiin ja teko-orsivesialtaisiin. Teko-orsivettä sisältävät mm. rantatäytöt ja ohuet rakennetäytteet saven päälle tehtyinä. Kaupungin alueella on runsaasti ohuita täyttömaita, joissa on syntynyt ja syntyy orsivettä. Päälystämättömillä alueilla esimerkiksi puistoissa orsivettä muodostuu saven päälle suoraan sadannasta. Välillisesti orsivedestä voi syntyä pohjavettä, tai päinvastoin, kun orsivettä suodattuu savialueiden reunuksien yli. (Svanström & Raudasmaa 1998, 48.)

Kalliopohjavettä esiintyy kallion raoissa ja ruhjeissa. Kallion pinta vaikuttaa huomattavasti pintavesien ja pohjavesien virtaussuuntiin. Kallioperäolosuhteet, mm. kivilajit, rapautumat, rakojen määrä ja vaakasuuntaisen railojen systematiikka, vaikuttavat myös pohjaveden laatuun ja määrään. Osa pohjavedestä imeytyy sadannasta suoraan kalliopohjavesiin ja osa suotautuu kalliopohjaveden yläpuolella olevista vettä läpäisevistä kerroksista. Kallion pohjaveden hyödyntäminen riippuu siitä, kuinka nopeasti uusiutuva vesivarasto on. Heikkousvyöhykkeet ovat hyvin vettä johtavia ja virtaussuuntia ylläpitäviä pohjavesimuodostumia. (Svanström & Raudasmaa 1998, 49.)

Kaatopaikan sisäisellä vedellä tarkoitetaan jätekasaan sadannasta imeytyvää vettä. Se täyttää jätemassan huokostilan tietylle korkeudelle saakka, kuten pohjavesi maaperässä. Jätemassan vedenpinta on yleensä korkealla ja myötäilee loivasti jätemuodostuman pinnan muotoja. (Ettala 1996, Svanströmin & Raudasmaan 1998, 51 mukaan).

6 MAA- JA POHJAVESIEN MUODOSTUMINEN

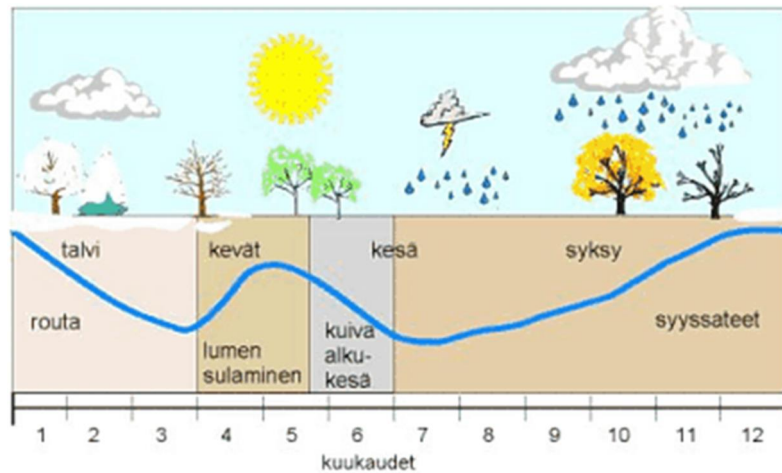
Luonnollisella vedenkierrolla tarkoitetaan hydrologista kiertoa. Vesi liikkuu alaspäin sadannan mukaan, pääsee maaperään ja sitä kautta edelleen vajovesivyöhykkeeseen. Vesi kerääntyy mataliin ja syviin pohjavesivyöhykkeisiin. Sivusuunnassa pintavaluntana vesi muodostaa järvet, kosteikot, purot ja joet. Maan alla pohjaveden virtaus noudattaa yleensä maanpinnan muotoa ja virtaussuuntaa. Pinta- ja pohjavedet yhteensä muodostavat valuma-alueen. Valuma-alueen merkittävät pohjaveden muodostumismääriä säätelevät tekijät ovat sadanta, maaperän vedenläpäisevyys ja alueen topografia.

6.1 Sadanta ja pohjaveden tason vaihtelu

Pohjaveden taso Suomessa on yleensä 2 - 4 m:n syvyydellä maanpinnasta. Se johtuu huonosti vettä läpäisevistä maakerroksista ja kallioselänteiden muodostamista altaista. Lyhytaikaiset pohjaveden tason vaihtelut ovat välittömiä tai välillisiä. Välittömiä muutoksia aiheuttavat rankkasateet ja läheisien pintavesistöjen muutokset ja välillisesti vaikuttavia tekijöitä ovat ilmapaine ja liikenteen kuormitus (Airaksinen 1978, 51.) Pohjavedenpinnan luonnollinen vuosivaihtelu aiheutuu imeytyvän veden määrän muutoksista, jotka riippuvat sadannasta ja haihdunnasta.

Sadannan ja pohjavedenpinnan muutoksien välillä on aikaviipymä, jonka pituus vaihtelee muutamasta tunnista ja vuorokaudesta useisiin kuukausiin. Aikaviipymän pituus riippuu vesipitoisuudesta, maan vedenjohtavuudesta, pohjavedenpinnan korkeusasemasta sekä pohjavesialtaan muodosta ja pituudesta (Airaksinen 1978, 51.)

Vuosivaihtelun suuruus on yleensä 0,1-1,0 m vuodessa riippuen akviferin tilavuudesta ja laadusta. Vuosivaihtelu voi olla kuitenkin suurempaa. Korkein pohjaveden pinnan taso on yleensä lumen sulamisen jälkeen. (Airaksinen 1978, 51.) Pohjaveden pinnan normaali vuodenaikainen vaihtelu on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Pohjaveden pinnan normaali vuodenaikainen vaihtelu (Pohjaveden laatu ja määrä 2008)

Pohjaveden pinta yleensä on laskussa kesän aikana, koska sadevedet eivät pääse imeytymään pohjavedeksi, suuren haihtuminen takia. Sateet täydentävät pohjavesivarasto syksyllä. Talvella maa on jäässä, eikä uutta pohjavettä muodostu. (Lingros 2008, 8.)

Monivuotiset luonnolliset vaihtelut johtuvat ilmastollisista eroista eri vuosina. Melko tavallinen on 3-5 vuotta kestävä aleneminen. (Airaksinen 1978, 51.)

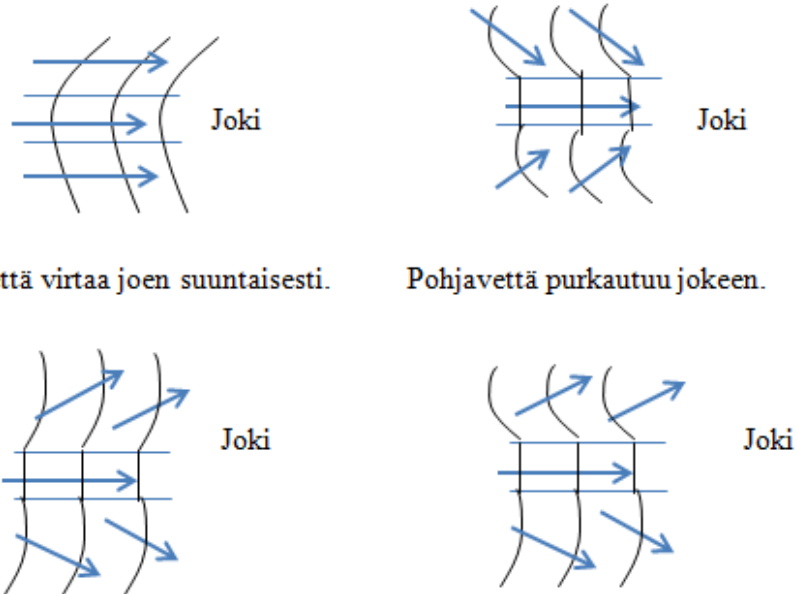
6.2 Pohjaveden ja pintavesien yhteys

Vesistöjen tulva-aikaiset virtaamat tulevat pääasiassa pinta- ja pintakerrosvalunnasta. Sen sijaan kuivina kausina pohjavesivarastot antavat pintavesistöihin pääosan niiden virtaamasta. Pohjavedet tasoittavat pintavesistöjen virtaamavaihteluja samaan tapaan kuin järvet ja suot (Airaksinen 1978, 51.)

Vesistöön tuleva pohjavesi virtaa ojien ja purojen kautta. Pohjavesivyöhykkeet eivät ole välittömässä yhteydessä pintavesistöön. Vesistön ranta-alueella pohjaveden pinta yleensä seuraa hitaasti vesistön vedenpinnan vaihtelua. Vesistön ja pohjaveden pinta voivat olla toisistaan riippumattomia esimerkiksi jyrkällä rannalla, jossa maalajit ovat vettä läpäisemättömät. Hyvin vettä johtavissa maalajeissa vesistön pinta on pohjaveden pintaa korkeampi.

Kun pohjavesivyöhyke liittyy välittömästi pintavesistöön, vesi saattaa virrata niiden välillä eri suuntiin, riippuen pohjavedenpinnan ja pintavesistön vedenkorkeuksien keskinäisestä suhteesta. (Airaksinen 1978, 51.) Pohjaveden erilaisia virtaussuuntia pintavesistöön nähden on esitetty kuviossa 3.

Veden pinnan korkeus käyrät



Pohjavettä virtaa joen suuntaisesti.

Pohjavettä purkautuu jokeen.

Jokivettä imeytyy pohjavedeksi.

Pohjavettä purkautuu jokeen toisella puolella, jossa veden pinta on joen veden pintaa korkeampi. Toisella rannalla jokivettä imeytyy pohjavedeksi.

KUVIO 3. Pohjaveden erilaisia virtaussuuntia pintavesistöön nähden (Airaksinen 1978, 51)

6.3 Maan vedenläpäisevyys

Kaikki aineet, joissa on läpimeneviä huokosia, ovat läpäiseviä. Koska tällaisia huokosia esiintyy kaikissa maalajeissa hienorakeisinta savea myöten, läpäisevät kaikki maalajit vettä. Suoritetut havainnot osoittavat, että vesimäärä, joka aikay-

sikössä virtaa määrätyn poikkileikkauksen kautta, on suoraan verrannollinen hydrauliseen putoukseen, ts. maassa virtaava vesi noudattaa Darcyn lakia:

$$v=k*i,$$

jossa v = veden nopeus (=pintayksikön suuruisen poikkileikkauksen kautta aikayksikössä virtaavan veden määrä)

k = vedenläpäisevyyskerroin eli ns. Darsyn kerroin

i = hydraulinen putous eli gradientti, $i=H/L$. (Helenelund 1974, 51.)

*Veden läpäisevyyskerroin k ilmaisee näin ollen pintayksikön suuruisen poikki-leikkauksen kautta aikayksikössä virtaavan veden määrän hydraulisen putouksen ollessa 1. Sen dimensio on sama kuin nopeuden dimensio, esim. m/s tai cm/s. Koska vesimäärä on laskettu koko maamassan eikä vain huokosten poikkipinta-alaa kohti, veden todellinen virtaamisnopeus maassa ei ole sama kuin $v=k*i$, vaan $k*i/n$, kun n =huokoisuus. (Helenelund 1974, 51.)*

Maalajin vedenläpäisevyyskerroin voidaan määrittää laboratorio- tai kenttäkokeiden avulla. Kivennäismaalajien vedenläpäisevyyskerroimen vaihtelu on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kivennäismaalajien vedenläpäisevyyskerroimen vaihtelu (Helenelund 1974, 52)

Maalaji	Vedenläpäisevyyskerroin, k (sm/s)	Huom.:
Sora	$1 \text{ } 10^{-1}$	Hyvin läpäisevä
Hiekka	$10^{-1} \text{ } 10^{-2}$	
Hieta	$1^{-2} \text{ } 10^{-4}$	Huonosti läpäisevä
Hiesu	$1^{-4} \text{ } 10^{-7}$	
Savi	$1^{-7} \text{ } 10^{-9}$	Käytännössä läpäisemätön

6.4 Sadannan suodatus maaperään

Maaperän maalaji vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen, määrään ja pohjavesi varastojen uudistumiseen. Normaaleilla pohjajamorenialueilla 10 ó 30 % sadannasta ja karkearakeisilla moreenimailla yli 50 % sadannasta suotautuu pohjavedeksi. Etelä-Suomen sora-alueilla pohjavedeksi suotautuvan veden osuus voi olla jopa 60 ó 75 % sadannasta. (Pohjavesigeologia eli hydrogeologia, 2007.)

Hienorakeisten sedimenttien alueella sadannasta vain murto-osa suotautuu pohjavedeksi. Silttiin ja kerralliseen saveen tapahtuu hieman imeytymistä, mutta kapillaari-ilmiön vuoksi vesi palautuu maan pinnalle ja haihtuu ilmakehään. Joillakin savikoilla vettä poistuu maaperästä enemmän, kuin sitä sinne sataa. Turvekerrostumiin imeytyy sadannasta 80 ó 90 %. Turpeessa ei ole pintavalumaa, mutta suuri haihtuminen aiheuttaa sen, että pohjavedeksi suotautuu vain noin 30 ó 40 % sadannasta. Kalliopaljastumat edistävät pohjaveden muodostumista. (Pohjavesigeologia eli hydrogeologia, 2007.)

6.5 Maaston muoto

Selänne-, rinne- ja tasankoalueet ovat erilaisia maalajien ja vesiolosuhteiden puolesta, mikä näkyy myös elollisessa luonnonympäristössä. Kallion päällä muodostunut kasvillisuus on tottunut voimakkaisiin vesiolosuhteiden muutoksi. Rinnealueet ovat herkimpiä ihmisen aiheuttamille muutoksille, koska pohjavesi ei ole syvällä. Tasangoilla maaperä on pääasiassa hienorakeisia kivennäismaalajeja, jotka ovat hyvin kosteita. Luonnonympäristö ei ole kovin herkkä maaperän tai sen vesiolosuhteiden paikallisille muutoksille. (Tarkkala 2002, 2.)

7 IMEYTYYS

Imeytyksen suuruus määräytyy useista tekijöistä, kuten sadannasta, sadannan laadusta (vesi- tai lumisade) ja rankkuudesta, maaston muodosta ja kaltevuudesta, maapinnan laadusta (luonnontilainen, muokattu, nurmi, päällystetty jne.) ja kasvillisuudesta (Airaksinen 1978, 23). Imeytystä hidastaa maan vesipitoisuuden nousu sateen aikana. Eniten imeytykseen vaikuttaa maa- ja kallioperän vedenjohtavuus.

Kasvillisuutta vailla oleva maa voi tulla lähes läpäisemättömäksi, kun suuret sadepisarat tiivistävät maan ja huuhtovat hienoaineksen maan pintakerroksen huokosiin. (Airaksinen 1978, 23). Sen lisäksi maanpintaa tiivistävät ihmisten ja eläinten liikkuminen, sekä koneiden käyttö. Routa huuhtoo liuenneita suoloja sekä kuivattaa maapinnan rakoja, mikä lisää imeytysnopeutta, toisaalta se sitoo ontelotiloissa olevaa ilmaa ja vähentää imeytymistä (Airaksinen 1978, 23). Imeytystä lisäävät tiheä kasvillisuus ja metsä, kasvien juuristo, orgaaniset kerrokset, reiät ja kolot.

Imeytysnopeudelle (f) on esitetty Hortonin kaava

$$f=f(t) =f_c+ (f_o-f_c)*e^{-At}, \text{ jossa}$$

f_o on imeytyskyky sateen alussa, kun $t=0$, mm/h

f_c on imeytyskyky pitkän ajan kuluttua sateen alkamisesta, mm/h

t on aika lähtien sateen alkamisesta, minuuttia

A , on kullekin maalajille ja maapeitteelle laadulle ominainen vakio, mm^{-1} .

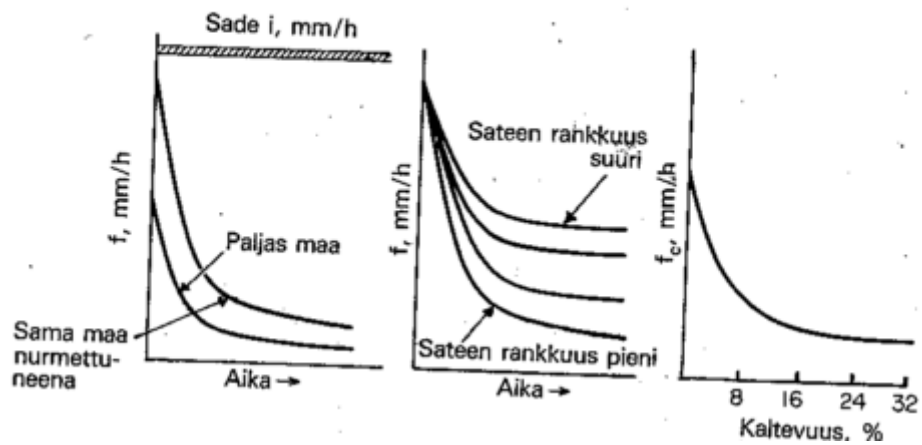
(Airaksinen 1978, 138,).

f_o ja f_c riippuvat maalajista ja maapeitteen laadusta. Ne ovat suurempia sora- ja hiekkamaalla ja pienempiä savimaalajeissa.

Kaikilla maalajeilla f_o - ja f_c - arvot kasvavat, jos pinta on nurmitettu.

f_c riippuu maanpinnan kaltevuudesta ja maan alkuperäisestä kosteudesta. Imeytys-kyky on suurempi, mitä kuivempi on maa sateen alkaessa. (Airaksinen 1978, 138.)

Maaperän imeytyskyky riippuu sateen rankkuudesta, sateen ajasta, maapinnasta ja maan kaltevuudesta. Kuviossa 4 on esitetty maan imeytyskyvyn riippuvuus ja vaihtelu, erilaisissa olosuhteissa.



KUVIO 4. Maan imeytyskyvyn vaihtelu (Airaksinen 1978, 139)

Maalajeilla on erilainen imeytyskyky. Sora ja hiekkamaassa vesi läpäisee nopeasti maanpinnan ja suodattuu pohjavedeksi. Sen sijaan savimaalajeissa imeytyminen on vähäistä ja maanpinnalle muodostuu helposti vesilammikoita. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Eri maalajien tyypillisiä f_o - ja f_c - ja A-arvoja (Airaksinen 1978, 139)

Maalaji		f_o , mm/h	f_c , mm/h	A, min ⁻¹
maatalousmaa	paljas	280	6- 220	1,6
	nurmi	900	20- 290	0,8
turve	-	325	2-20	1,8
hiekkainen savi	paljas	210	2-25	2,0
	nurmi	670	10- 30	1,4

8 POHJAVEDEN MUODOSTUMINEN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖSSÄ

Pohjaveden laatuun vaikuttavat luonnolliset tekijät sekä ihmisten toiminnan aiheuttamat ympäristötekijät. Tekijöiden välillä rajat ovat abstraktit, eli eri tekijät ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa.

Ihmisten vaikutukset pohjavesien laatuun ja määrään ovat pistekuormitus, kuten tehdastoiminta, kaatopaikkatoiminta, öljysäiliöiden vuoto, diffuusikuormitus, joita ovat mm. hapan sade ja torjunta-aineiden käyttö. Yleiset ihmisen toiminnasta peräisin olevat pohjavedessä esiintyvät aineet ovat nitraatit, kloridit, kalium, natrium, rauta, sinkki, kupari ja nikkeli. Asutuksen ja teollisuuden aiheuttamia jätevesikuormia on vähennetty ratkaisevasti viime vuosikymmeninä. (Pohjavesigeologia eli hydrogeologia, 2007.)

Pohjaveden muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä urbaaniympäristössä ovat päällystetyt pinnat ja viemärointi, tunnelirakentaminen, luonnon pohjaveden tason alentaminen salaojituksen kautta, vesistöjen vedenpinnan muutokset ja erilaiset rakennustyöt. Ne vaikuttavat pohjaveden pinnan korkeuteen, virtaussuhteisiin ja muodostumismahdollisuuksiin peittämällä ja katkaisemalla vettä johtavia maakerroksia.

8.1 Ilmanlaatu ja laskeutuma

Kaupungissa sadevesien laatu riippuu ihmisen toiminnasta. Suurimmat tekijät huonoon ilmanlaatuun ovat rehevöitymistä ja happamoitumista aiheuttavat typpi- ja rikkiyhdisteet sekä hengitysilmaa huonontavat hiukkaset (Ikonen, Kaipainen, Sutinen & Tikkala 2012, 9).

Ilmakehän epäpuhtaudet laskeutuvat sadannan mukana maanpinnalle ja huuhtoutuvat hule- ja sulamisvesien mukaan. Osa imeytyy pohjavedeksi. Sadannan vaikutus on kuitenkin voimakkaampi maanpinnan lähellä olevissa kerroksissa.

Pohjaveden laadun kannalta haitallisimpia ovat rikki ja typpiyhdisteet (SO_4^{2-} , NO_3 , NH_4^+) sekä kloridi, natrium ja magnesium. Kuivana kesänä haihtuminen

väkevöittää maaveden liuoksia ja rikastaa suoloja maan pintaosaan, jossa ne imeytyvät sateiden mukaan pohjaveteen. (Backman, Lahermo, Väisänen, Paukola, Juntunen, Karhu, Pullinen, Rainio & Tanskalainen 1999, 17.)

8.2 Hulevesi

Hulevedet sisältävät sekä ilmakehästä, että maan pinnalta huuhtoutuneita aineita (Nurmi 2001,3). Valumaveden laadun määräävät monet tekijät, mm. alueen ilmasto, maankäyttötyyppi, yhdyskuntatoiminta (asuminen, teollisuus, liikenne) rakennus-, katu- ja pihapintojen materiaalit, asukas- ja liikennemäärä, sekä jätehuolto. Luonnollisesti tai keinotekoisesti hulevedet imeytyvät maaperään ja pääsevät luonnonkiertoon. Hulevesien sisältämällä haitta-aineilla on vaikutus pohjavesiin ja vesistöihin. (Nurmi 2001,3.)

8.2.1 Hulevesien laatu kaupungissa

Suomessa hulevesien määrää ja laatua ovat tutkineet viime aikana: Nurmi-2001, Inha -2010, Mäkinen -2008, Jokela- 2008, Karvinen-2010 ja Jutila -2012. Vuonna 1982 Melanen oli tehnyt laajan hulevesitutkimuksen Taajamien hule- ja sulamisvesistä. Tutkimuksessa analysoitiin kaupungistumisen vaikutusta hule- ja sulamisveteen erilaisissa taajamatyypeissä sää- ja ilmasto-olosuhteet huomioiden.

Hulevesien laatuun liittyvän tutkimuksen tuloksien perusteella valumavesien laatu riippuu aluetyypeistä. Melanen erottaa kaksi valumavesien aluetyyppiä, jotka ovat esikaupunki (pienitaloalue ja asuinkerrostaloalue) ja keskusta-, teollisuus- ja liikennealueet. Laatutulosten perusteella Melanen suosittelee pientaloalueella imeyttää maaperään hule- ja sulamisvesiä niin paljon kuin on mahdollista. Asuinkerrostalossa, Melanen mukaan imeytykseen sopivaksi, laadun perusteella ovat kattovedet. Kaupungin keskustassa on suositeltavaa johtaa hulevettä sekaviemäriin ja teollisuusalueilla hulevesien hallinta järjestää tapauskohtaisesti. Suositukset eivät ottaneet kantaa maaperän ja kasvillisuuden hulevesiä puhdistavaan vaikutukseen.

Vuonna 2001 – 2003 Kaupunkivedet ja niiden hallinta (RYVE) -projektissa tutkittiin rakennetun ympäristön aiheuttamia hydrologisia muutoksia ja

vesistökuormitusta sekä valuma-alueiden muutoksia. Lisäksi projektissa oli tehty pohjavesi- ja lumimittauksia.

Erilaisten ja eri olosuhteissa olevien kaupunkialueiden hulevesien laadussa on todettu suuria eroja. Ainepitoisuusvaihtelu on 1-2 kertaa suurempi kuin metsäalueella ja vaihtelu erilaisien kaupunginosien välillä vaihtelee huomattavasti. Jossakin kaupunginosassa hulevesien huuhtoma aines voi aiheuttaa merkittävää kuormitusta vastaanottavaan vesistöön. (Kotala & Nurminen 2003, 16.)

Tutkimuksen tuloksena todettiin, että övalumaveden ainespitoisuudet ovat sitä korkeampia, mitä suurempi osa alueen pinta-alasta on päällystetty (Kotala & Nurminen 2003, 3). Vesistöjen rehevöitymisen seurauksena mm. kiintoaines- ja kokonaisfosforipitoisuus nousee, mikä vähentää kokonaistyyppipitoisuutta sekä kemiallisen hapenkulutuksen arvoja. Hulevesien ravinnepitoisuudet kaupunkialueilla ovat keskimäärin korkeampia kuin jokivesissä, ja alhaisempia kuin peltoalueiden valumavesissä. (Kotala & Nurminen 2003, 3.) Peltojen valumavesien ravinnepitoisuus pyritään alentamaan jatkuvasti.

Vuonna 2001 Paula Nurmi tutki Helsingin sadevesiviemärien veden laatua. Tutkimuskohteina olivat Tattarisuon, Roihupellon ja Herttoniemen teollisuusalueet. Sen lisäksi oli tutkittu hulevesien laatu Vartioharjun asuinalueessa sekä Töölönlahden alueeseen ydinkeskustassa. Vesinäytteet otettiin sadevesiviemärien tarkastuskaivoista tai viemärien suulta. (Nurmi 2001, 1.)

Tutkittujen alueiden hulevedet sisälsivät vähän kiintoainetta, orgaanista ainetta ja ravinteita. Nurmin osoittaa, että tähän ovat vaikuttaneet tutkittujen valuma-alueiden enimmäkseen päällystetyt pinnat ja katujen hyvä puhtaanapito tutkimusajankohtana. Näytteenottoa ei tehty rankkasateiden aikaan. Enintään kiintoainetta huuhtoutuu huleveteen rankkasateiden aikana. Kiintoaineeseen sitoutuneita raskasmetalleja, ei esiintynyt normaalitilanteissa merkittävän suurina määriä. (Nurmi 2001, 21). Bensiinin lisäainepäästöt hulevesiin esiintyi erityisesti teollisuusalueilla (Nurmi 2001, 21).

Vuonna 2010 Ville-Juhani Karvinen oli tehnyt hulevesien laadun tutkimukset Helsingin eri valuma-alueilla, Talin Golfkenttä, Kauppalanpuisto (Etelä-Haagan

kerrostaloalue), Maaliikennekeskus (Metsälä), Itäkeskus ja Roihupellon teollisuusalue, Peilitie (Vartiokylän pienitaloalue). Näytteet otettiin sadevesiviemärin purkupaikasta. Tutkimuksessa todettiin, että hulevesien laatu vaihtelee suuresti eri näytepisteiden välillä. Näytepisteen sisällä ainepitoisuus vaihtelee yksittäisen sadetapahtuman aikana. Lisäksi on todettu, että näytteen tulokseen vaikuttaa myös vastaanottavan vesistön veden laatu. Karvisen mukaan tulevaisuudessa pitää selvittää ja kartoittaa suurimat veden kuormitukset ja sen perusteella hulevesien mahdollinen puhdistustarve ja menetelmät. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Hulevesien laatu pohjavesien haitta-aineiden raja-arvopitoisuuteen verrattuna Helsingin hulevesien laatututkimusprojektissa näytetulokset joka arvo ylittää VEHA-asetuksen liite 7 A, Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristölaatu-normi (Nurmi 2001; Karvinen 2010 ; Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta 341/2009, liite 7A).

Laadun tekijä	Nurmi, 2001	Karvinen, 2010	VEHA-asetus	Mistä pääsee?
	maksimi arvo	maksimi arvo	ympäristön laatu-normi	
Kloridi (Cl)	440 mg/l	74mg/l	25 mg/l	Katujen kunnossapito, jätevesi, kaatopaikka
Sufaatti (SO ₄)	87 mg/l	78 mg/l	150 mg/l	Katujen kunnossapito, fossiilipolttoaine
Hg	0,2 µg/l	-	0,06 µg/l	Vanhat katuvalaisimet

(jatkuu)

TAULUKKO 4. (jatkuu)

Cd	0,7 µg/l	-	0,4 µg/l	Teollisuustoiminta
Pb	21 µg/l	5,6µg/l	5 µg/l	Rakennusmateriaalit, liikenne, autojen pesu
Zn	-	130 µg/l	60 µg/l	Rakennusmateriaalit, rakennus- ja tien päällyste
Cu	-	80 µg/l	20 µg/l	Rakennusmateriaalien pinta, liikenne, kupari vesikatteet
Ni	6,6 µg/l	16 µg/l	10 µg/l	Nikkelipitoiset metallit, akut
MTBE	18,0 µg/l	-	7,5 µg/l	Ajoneuvojen polttoaine
As	-	2,9 µg/l	5 µg/l	Louhinnan seurauksena vapautuu, vanhat puukyllästämöt, kaatopaikat

Liitteenä 1 on esitetty Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristönormit, VEHA-asetus liite 7A.

Vesipuidedirektiivin toimeenpanoon liittyen on Euroopan yhteisön tasolla nimetty neljä prioriteettimetallia: elohopea, kadmium, lyijy ja nikkeli (Karvonen, Salminen, Silvo, Virtanen, Kulovaara, Palosaari, Blomgren, Vahala, Mattila, Virtanen, Vanhanen, Ruokanen, Londesborough, Mehtonen & Räsänen 2005, 94). Nämä metallit ovat pohjavedelle haitallisimmat.

Liikennealueiden päällystemateriaalilta irrotti kiviainekseen sitoutuneista raskasmetalleista. Katupintojen kulumisen yhteydessä irtoa eniten lyijyä, joka valuu hulevesien mukana ympäristöön. (Klint 2001, Nurmin ym. 2001, 13 mukaan). Lyijypitoisuus hulevesissä ei ole vähentynyt vaikka ilmapäästöt lyijyttömän bensiinin käyttöönoton jälkeen ovat pienentyneet (Nurmi 2001, 14.)

Hulevesiin joutuu metalleja mm. suoraan laskeuman mukana, sadevesien liuottamana peltikatoilta ja katupölyn kuivalaskeuman kautta asuinkorttelien katu- ja piha-alueilta, rakennustyömailta, jätteen käsittelystä, kemikaalien käytöstä sekä pintahuuhtoutumana teollisuusalueilta. Hulevesien kromin on havaittu olevan peräisin suurelta osin katujen asfaltoimisessa käytetystä kiviaineksestä.
(Nurmi 2001, 21.)

Suuret kloridipitoisuudet on mitattu lumen sulamisen aikana. Sen korkea arvo johtuu todennäköisesti teiden suolaamisesta talveen aikana. (Nurmi 2001, 14.)

8.2.2 Kattovesien laatu

Katovesiä pidetään yleensä puhtaina ja suoraan pohjavedeksi imeytykseen sopivina. Ilmasta peräisin olevat aerosolit ja hiukkaset ja niihin sitoutuneet haitta-aineet pääsevät valunnan mukana imeytykseen tai viemäröintiverkkoon. Kuparia ja sinkkiä irtoaa korroosion seurauksena rakennusmateriaaleista (Nurmi 2001, 21). Valtakunnallista hulevesien kautta aiheutuvaa metallikuormitusarviota vesiin ei ole tehty (Karvonen 2005, 105).

Yhdysvalloissa on tutkittu kattopinnoilta pois valuvan veden laatua. Projektissa on tutkittu erityisesti vesikaton tyyppisiä ja niistä huuhtoutuvien haitta-aineiden määriä. Tutkijat testasivat myös sadevedenpitoisuudet ennen kuin se kosketti kattoa. Seuraavien ainesosien on osoitettu ylittävän Yhdysvallassa makeanvedenstandardien mukaiset viitearvot. Taulukkoon 5 on valittu Washingtonissa saatujen vesikattonojen tutkimustulokset. Valitut vesikattotyypit ovat käytössä myös Suomessa.

TAULUKKO 5. Keskimääräinen liuenneiden saasteiden pitoisuus. Punaisena merkityt pitoisuusarvot ylittävät Yhdysvaltalaiset juomaveden raja-arvot EPA drinking water stanards (DeBusk, Hunt, Osmond & Cope 2009, 4)

Terva (kermi) alumiini	Ruosteisen sinkitty pelti	Vanha pelti, alumiini	Andoisoitu alumiini	Sinkitty pelti	Vesikattotyyppi
5,9	5,9	4,1	-	-	pH
-	-	-	-	-	Al (mg/l)
-	-	-	-	-	Mg (mg/l)
-	-	-	-	-	Mn (mg/l)
-	-	-	-	-	Cr (mg/l)
-	-	-	-	-	Gd (mg/l)
0,011	-	0,02	0,025	1,4	Cu (mg/l)
0,01	-	0,302	0,01	0	Pb (mg/l)
-	-	-	-	-	Fe (mg/l)
1,98	-	12,2	0,297	14,7	Zn (mg/l)

Vesikattojen materiaalien ja varsinaisesti vanhojen vesikattojen materiaalien vaikutusta olemassa olevien tietojen mukaan ei ole tutkittu, eikä kartoitettu Suomessa. Maalamattomista peltikatolta jatkuvasti vapautuu sinkkiä (Zn).

8.3 Täyttömateriaalien käyttö

Maa- ja tierakentamisessa käytetään teollisuuden sivutuotteita, mm. masuunikuonaa, lentotuhkaa, murskattua betonia ja tiiltä sekä mineraalipitoisia rakennusjätteitä. Sivutuotteet tutkitun kirjallisuuden perusteella sisältävät vähäisiä määriä sekä orgaanisia että epäorgaanisia haitta-aineita. (Heikkinen 2000, 65.)

Keskeisimpinä näistä haitta-aineista koko sivutuoteryhmälle ovat raskasmetallit, kuten kadmium, kromi, kupari, lyijy, molybdeeni, nikkeli ja sinkki sekä arseeni. Orgaanisia haitta-aineita, pääasiassa PCB- ja PAH-yhdisteitä on havaittu betonimurskeissa ja lentotuhkassa. Laboratoriokokeiden ja kenttätutkimusten perusteella kyseiset haitta-aineet voivat liueta sivutuotteista maa- ja tierakentamisen yhteydessä ja kulkeutua maaperään. (Heikkinen 2000, 65.)

8.4 Päällystetyt pinnat ja viemäröinti

Kaupungin ympäristössä ovat yleistyneet vettä läpäisemättömät pinnat, jotka estävät hulevettä imeytymästä maaperään. Läpäisemättömän pinnan vaikutus hydrologisen kierron osatekijöihin, kirjallisuustutkimuksien mukaan on esitetty Taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Läpäisemättömän pinnan vaikutus hydrologisen kierron osatekijöihin, kirjallisuustutkimuksien mukaan (Metropolitan Council 2001, Tornivaara- Ruikan ym., 2006, mukaan)

Hydrologisten osatekijöiden osuudet	Luonnontilainen osuus (%)	Läpäisemättömän pinnan osuus, (%)		
		10-20	35-50	75-100

(jatkuu)

TAULUKKO 6. (jatkuu)

Maa-alueelta tapahtuva haihdunta	40	38	35	30
Pintavalunta	10	20	30	55
Suodattuminen maanpinnan lähellä	25	21	20	10
Suodattumien syvälle maahan	25	21	15	5
Yhteensä	100	100	100	100

Vuonna 2003 Kotola ja Nurminen Kaupunkialueiden hydrologia ó valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla, osa 2, koealuetutkimus-projektissa oli tehty päällystetyn pinta-alan hydrologisista vaikutuksista johtopäätöksiä:

- rakennetulla alueella sadanta-valuntasuhde keskimääräisellä valuntakertoimella oli noin puolet alueen päällystettyjen pintojen osuudesta
- valumavesien ainepitoisuudet olivat korkeampi, jos alue on päällystetty. (Kotola & Nurminen 2003, 3).

Vuonna 2003 Metsäranta, Valunnan muodostuminen taajama-alueilla, tehty valuntatutkimuksen tulos oli samansuuntainen. Taulukossa 7 on esitetty läpäisemättömän pinnan osuus maankäyttömuodon mukaan.

TAULUKKO 7. Lämpisemättömän pinnan osuus maankäyttömuodon mukaan
(Choi& Ball 2002, Tornivaara-Ruikan ym., 2006, 12 mukaan)

Maankäyttömuoto	Lämpisemättömän pinnan osuus
Väljä asuinalue	37 %
Tiivis asuinalue	45 %
Hyvin tiivisasuinalue	55 %
Liikealue	55 %
Avomaa	0 %
Teollisuusalue	55 %
Eriyiskäyttö	50 %

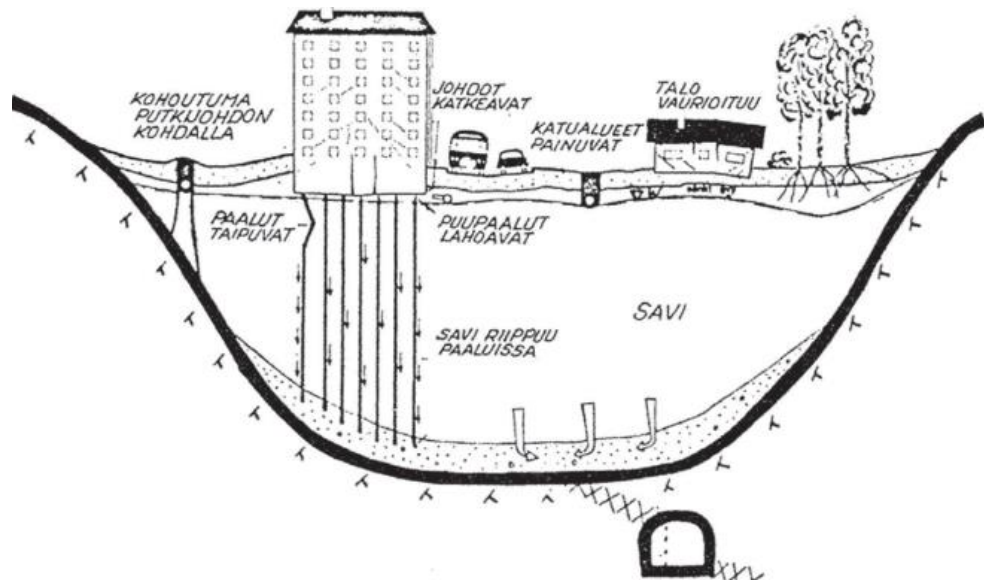
Päällystetyltä pinnalta muodostuneet hulevedet johdetaan suoraan viemärintiverkkoon. Kaupungin pienet vesistöt vastaanottavat hulevettä. Päällystettyjen pintojen ja viemäroinnin vaikutuksesta on, että noin puolet sadannasta poistetaan pysyvästi luonnollisesta vesikierrosta.

8.5 Pohja- ja orsiveden tason alentaminen

Helsingin kantakaupungissa sijaitsee suuri, vanha ja arvokas rakennuskanta. Nämä rakennukset ovat historiallisesti ja rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia, joiden on tarkoitus säilyä. Useimmat vanhat rakennukset ovat perustettu puupaaluilla.

Nykyisten rakennushankkeiden toteuttaminen tilanpuutteen takia vaatii pohjaveden ja orsiveden tason pysyvää tai väliaikaista alentamista. Orsiveden laskiessa puupaalujen arinan ja paalujen yläpäiden liittymätason alapuolelle alkaa rakenteen vaurioituminen. Märkä, vesirajan yläpuolinen puu tarjoaa

lahottajasienille suotuisat kasvualustat. Puuperustuksille ei tehdä lahorjauksia, vaan yleisesti on suositeltavaa vaihtaa lahovaurioituneet paalut teräs- tai teräsbetonipaaluihin. Työ on erityisen hidasta ja kallista. (Kuvio 5.)



KUVIO 5. Pohjaveden pinnan alentaminen aiheuttaa lisäkuormitusta, painumia ja rakennuksille vaurioita. Varoituskuva vuodelta 1974, Tuula Tuomisto (Raudusmaa 2005, 4)

Mikäli kiinteistöjen omistajat eivät ryhdy entistä laajempiin toimiin puuperustusten suojelemiseksi syöttämällä orsivettä vesijohtovedellä, merivedellä tai sadevedellä, useita rakennuksia, joiden puuperustukset ovat tällä hetkellä riittävän syvällä, joudutaan purkamaan tai ainakin useiden rakennuksien perustukset joudutaan rakentamaan uudestaan tulevaisuudessa. (Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa 1978.)

Maan kuivuminen aiheuttaa tilavuuden pienenemistä ja maan pohjapainumista. Maanvaraisesti perustetut rakennukset savipohjalle voivat vaurioitua perustuksien

painuessa. Vaurioitumista tapahtuu jo nykyisin ja perustuksia on jouduttu vahvistamaan laajasti. Jos perustuksia ei vahvisteta riittävän varhain, johdetaan rakennus todennäköisesti purkamaan kokonaan korkeiden korjauskustannuksien takia.

Pohjavettä ylläpitää pienvesistöjen veden pysyvä saatavuus. Pohja- ja orsivedenjohtaminen pumppaamon avulla suoraan viemärintiverkkoon ja purku vesistöön nostaa alueellista kuivumisriskiä ja voi muuttaa pohjaveden paikallisvirtaussuuntaa.

Kasvillisuuden ja ensisijaisesti katupuuston, joista monet uudet istutukset on perustettu kantaviin kasvualustoihin, veden saatavuus voi muuttua ongelmalliseksi. Pohjaveden tason alentaminen voi vaikuttaa haitallisesti mm. arvokkaisiin katupuihin ja muuhun kaupungin kasvillisuuteen.

Pohjarakennesuunnittelussa on suunniteltava rakenteet ja vesihallinta niin, että pohjaveden tasoa ei muuteta pysyvästi. Jos pohja- tai orsiveden taso muutetaan pysyvästi, se pitää tehdä ensisijaisesti ympäristövaikutuksien arvioinnin perustella. Pohjaveden pysyvä alentaminen edellyttää asiantuntijan laatimaa pohjaveden hallintasuunnitelmaa, jossa arvioidaan pohjaveden alentamisen vaikutusta ympäröiviin rakenteisiin. Lisäksi kaupungin ympäristössä pohjaveden hallintasuunnitelmassa on arvioitava myös alentamisen vaikutusta kasvillisuuteen ja vastaanottavaan vesistöön.

9 ILMASTONMUUTOS

Suomessa ilmastonmuutosta on odotettavissa etenkin lämpötila- ja lumiolosuhteissa. Lähivuosikymmeninä ennustuksen mukaan vuosikeskilämpötila Suomessa nousee $0,4(+/-0,1)^{\circ}\text{C}$. Vuosisadan lopussa lämpötilan arvellaan nousevan 3,2-6,4 astetta ja sademäärä kasvaisi noin 12-24 % jaksoon 1971-2000 verrattuna. Lämpötilan noustessa kuumien päivien määrä lisääntyy. Sateen määrä lisääntyy kaikkina vuoden aikoina. Ennustuksien mukaan kesällä sataa jatkuvasti vähemmän kuin talvella ja rankkasateet voimistuvat (Venäläinen , Johansson, Kersalo, Gredow, Jylhä, Ruosteenoja, Neitiniemi-Upola, Tietäväinen & Pimenoff 2010, 18.)

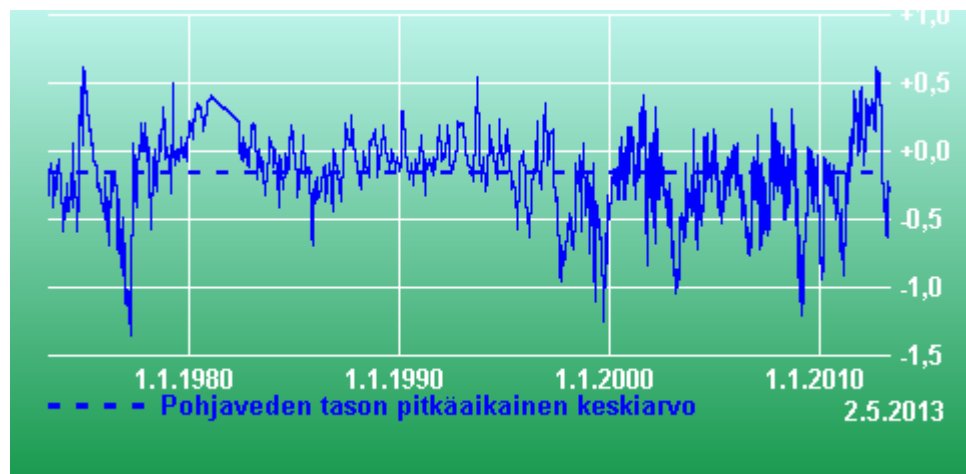
Pohjaveden pinnankorkeuden luonnon vuodenaikainen vaihteluväli ennustuksen mukaan myös muuttuu ilmastonmuutoksen seurauksena. Sadanta ja lumen sulamisvedet lisäävät maan pintavaluntaa ja nostavat pintavesien vedenpintojen korkeuksia. Tällöin myös vuorovaikutus pinta ja pohjavesien välillä voi muuttua. Tällaista dynaamista vuorovaikutusta on havaittu muun muassa Yhdysvalloissa Wisconsinissa, missä havaittiin, että kosteina jaksina pohjavesi purkautui järveen, mutta kuivina jaksoina suotaussuunta muuttui ja järvestä suotautui vettä pohjavesimuodostumaan (Anderson an Cheng 1993, Okkosen & Klöven ym., 2010, 15 mukaan.)

Pitkät kuivat jaksot voivat aiheuttaa ongelmia veden riittävyydelle ja heikentää veden laatua. Kuivina kausina pohjaveden pinta on alhaalla, jolloin virtausolosuhteet muuttuvat ja pohjaveteen voi kulkeutua ympäristöstä haitallisia aineita, jotka eivät normaaliolosuhteissa aiheuttaisi riskiä pohjavedelle. Jo kaksi peräkkäistä kuivaa kesää voi aiheuttaa ongelmia veden riittävyydelle. Pohjavettä muodostuu vähän. Pohjavesivarastojen täydentymiseen tarvitaan pitkä sadejakso. Kuivat kesät voivat johtua myös luonnollisesta ilmasto-olosuhteista, mutta ilmastonmuutoksen seurauksena ne mahdollisesti yleistyvät. (Viononen, Orvomaa & Rintala 2012, 17.) Kuivakausien lisääntyminen kesällä yhdessä puiden aiheuttaman maaperän kuivumisen kanssa voivat saada pohjaveden pinnan alenemaan.

10 POHJAVEDEN SEURANTA

Orsiveden pinta ja alemman pohjavesikerroksen painetaso ovat laskeneet Helsingin rautatieaseman ympärillä 2-4 metriä viimeksi kuluneen sadan vuoden aikana (Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa 1978, 123). Rakentamisen vaikutusta pohjaveteen on seurattu alueella säännöllisesti vasta 1970-luvulta lähtien, jolloin metron rakentamisen pelättiin aiheuttavan huomattavaa pohjaveden alenemista (Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa 1978, 2).

Helsingin kaupunki seuraa jatkuvasti pohjavesitilannetta. Erityisen tärkeä alue on Helsingin keskusta, jossa pohjavedenpinnan lyhytaikainenkin aleneminen voi vahingoittaa puupaaluille perustettuja rakennuksia. Pohjaveden pinnan korkeutta mittaavat noin 4 000 pohja- ja orsiveden havaintoputkea ja näistä noin 700 putkea havainnoidaan kerran kuukaudessa. (Ajankohtaista pohjavesistä 2013). Kuvassa 6 on esitetty automaattimittarilla varustetuista pohjavesiputkista saadut tiedot. Tiedot päivittyvät geoteknisen osaston internetsivuille kerran vuorokaudessa (Ajankohtaista pohjavesistä 2013.)



KUVIO 6. Pohjaveden tason keskiarvo Helsingin rautatieasema-alueella (Ajankohtaista pohjavesistä 2013)

11 LUONNON VAIKUTUKSET KAUPUNGIN YMPÄRISTÖSSÄ

Luonnon pintakerrokset toimivat tehokkaana biologisena ja kemiallisena käsittelijänä maahan imeytyville vesille. Niiden poistaminen ja uuden viherpinnan rakentaminen, vaatii kymmeniä vuosia ennen kuin uudelle pinnalle on muodostunut alkuperäistä maannosta vastaavat kerrokset. Rakentamattomat alueet on säilytettävä luonnontilassa. (Tarkkala 2002, 4.)

11.1 Haitta-aineiden kulku ja pidätys maaperässä

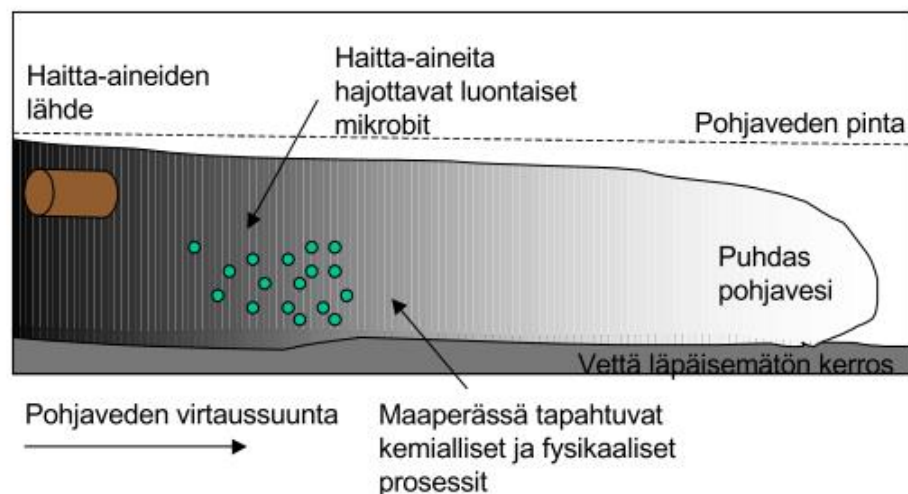
Haitta-aineiden kulkua maaperässä ohjaavat fysikaaliset ja kemialliset prosessit. Prosessien tehokkuuteen vaikuttavat haitta-aineiden kemiallinen spesifikaatio, maaperän ominaisuudet ja ilmastolliset tekijät. Haitta-aineiden kulkeutuminen tapahtuu vaakasuunnassa sekä ylös- että alaspäin. Vaakasuunnainen kulku riippuu maaperän kerroksien koostumuksesta. Ylös- että alaspäin haitta-aineet liikkuvat sadannan ja haihdunnan seurauksena. (Heikkinen 200, 11.) Haitta-aineet voivat kulkeutua maaperässä erilaisissa muodoissa. (Young 1992, Heikkisen ym. 2000, 15 mukaan.) Fysikaaliset prosessit maaperässä ovat advektio, diffuusio, dispersio ja haihdunta. Silloin haitta-aineiden kuljettaja on pääasiallisesti vesi. Sen lisäksi kulkumekanismi tapahtuu epäorgaanisissa ja orgaanisissa komplekseissa. Silloin haitta-aineet kiinnittyvät vesiliukoisten orgaanisten tai epäorgaanisten aineiden pinnalle tai kolloideihin, eli absorptio. (Young 1992, Heikkisen ym. 2000, 12 mukaan). öViileässä ja kosteassa ilmastossa haitta-aineet kulkeutuvat maannosprofiileissa etupäässä alaspäin ja kuivassa ja lämpimässä ilmastossa ylöspäin (Kabata-Pendias & Pendias 1992, Heikkisen ym. 200, 11 mukaan.) Maaperässä oleva veden määrä nopeuttaa kulkumekanismia (Heikkinen 200, 11).

Pidätyksen tehokkuus riippuu muodostuvien sidosten lujuudesta sekä vallitsevien olosuhteiden pysyvyydestä. Olosuhteiden muutos heikentää haitta-aineiden pidätysmekanismeja. Maan käyttömuodon muutos tai haitta-ainekuormituksen kasvaminen voivat pienentää maaperän haitta-aineiden sitomiskykyä, jolloin haitta-aineet vapautuvat takaisin liukoiseen muotoon ja kulkeutuvat pohja- tai pintavesiin. (Heikkinen 2000, 21). Sen lisäksi pysyvät maaperän olosuhteet vaikuttavat mikrobien hajoitustehoon (Mikrobit ja sienet töissä.)

11.2 Haitta-aineiden biohajoaminen

Luontainen biohajoaminen hyödynnetään nykyään pilaantuneen maaperän ja veden puhdistuksessa. Samaa ominaisuutta voidaan hyödyntää hulevesien hallinnassa.

Kasvit voivat ottaa osan maahan kiinnittyneistä raskasmetalleista. Savimaassa ja maannoksessa raskasmetallien sitomiskyky on tehokkaampi. Kasvit ottavat ravinteet mm. tyypeä juurtensa kautta. Ravinteiden sitoutuneet haitta-aineet pääsevät ja sitoutuvat kasvien lehtimassaan. Mikrobit ja sienet voivat hajottaa orgaanisia aineita ja raskasmetalleja. (Bonn 2001, 36.) Maaperässä haitta-aineiden hajoaminen tapahtuu yleensä monien mikrobien yhteistyönä ja niiden peräkkäisen toiminnan seurauksena. Bakteerit pystyvät hajottamaan haitta-aineet, pilkkua niitä kasvien ravinteeksi sopivaan muotoon tai käyttämään omana ravintonaan kaikkia luonnollisia orgaanisia sekä monia synteettisiä yhdisteitä. (Mikrobit ja sienet töissä). Bonnin mukaan on mahdollista, että hulevesien puhdistus on paljon tehokkaampaa maassa kuin puhdistamoissa. (Bonn 2001, 36.) Kuviossa 6 on esitetty luontaisen biohajoamisen periaate.



KUVIO 6. Luontaisen biohajoamisen periaate (Penttinen 2001, 10)

Sieniä on erityisesti hyödynnetty hajottamaan sellaisia yhdisteitä, joihin bakteerit ja maan luontainen mikrobipopulaatio eivät pysty. Sienet kestävät korkeita raskasmetallipitoisuuksia. (Mikrobit ja sienet töissä.) Kaupin ja Porkan 2011 mukaan luontaista puhdistumista tapahtuu hiekka-, savimaassa ja turpeessa. Kaikin tehokkainta haitta-aineiden hajottaja on havupuumetsämaassa. (Kauppi & Porkka 2011).

11.3 Kasvillisuuden puhdistava vaikutus

Nykyisin huomioidaan kasvillisuuden rooli kaupungin ympäristössä, myös hulevesien sisältävien haitta-aineiden hävittämisen näkökulmasta. Eri kasvit keräävät haitta-aineet vihermassaansa, jotkut hajottavat niitä kokonaan, jotkut voivat sitoa ja hyödyntää niitä. Eräiden kasvien juuret löysivät kasvualusta, miten parantavat maaperässä olevien mikrobien kasvua ja toimintaa. Puhdistaminen tapahtuu yleensä yhdistettynä muihin menetelmiin tai osana niitä. (Hinman 2005, 200.)

Kasvillisuuden puhdistavaa vaikutusta tutkitaan ja hyödynnetään ulkomailla mm. Yhdysvalloissa, hulevesien puhdistuksessa. Hinman oli tutkinut kasvillisuuden haitta-aineiden sitoutumiskykyä eri tutkimusprojekteissa. Tutkimustiedot on kerätty taulukkoon 8.

TAULUKKO 8. Kasvillisuuden haitta-aineiden hajotus ja sitomiskyky, Suomessa menestyvät kasvilajit (Hinman 2005, 209)

Kasvi	Kontaminoitummen	Prosessi
<i>Acer rubrum</i> Punavaahtera	Suotovedet	Fytoekstraktio

(jatkuu)

TAULUKKO 8. (jatkuu)

Kasvi	Kontaminoitumnen	Prosessi
<i>Acer rubrum</i> Punavaahtera	Suotovedet	Fytoekstraktio
<i>Betula pendula</i> Rauduskoivu	PAH-yhdisteet	Fytodegradaatio
<i>Populus</i> spp. Poppelit	Hiilivedyt, nitraati, Pb, PAH-yhdisteet	Fytodegradaatio Fitovolatilisaatio Fytoekstraktio
<i>Salix</i> spp. Paju <i>S.nigra/ S. Caprea</i>	Cd, Zn, Cu, Cr, Hg Se, Zn	Fytodegradaatio Fytoekstraktio Rhizodegradation
<i>Helianthus annuus</i> Auringonkukka	Pb, Ur, Sr,Cs, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, PAH- yhdisteet	Fytoekstraktio Rhizodegradation
<i>Trifolium repens</i> Valkoapila	PCB ja PAH-yhdisteet)*	Rhizodegradation
<i>Trifolium pratense</i> Puna-apila	Hiilivedyt, N, P, Ca	Fytoekstraktio
<i>Festuca rubra</i> Punanata	Hiilivedyt	Rhizodegradation
<i>Festucaardinacea</i> Ruokonata	N, P, Ca, PAH-yhdisteet,	Rhizodegradation Fytoekstaktio

)* tehostaa mikrobien toimintaa ja hajottaa PAH- yhdistettä

Fytoremediaatio on menetelmien käyttö kaupungin ympäristössä on avannut Yhdysvalloissa uuden maisema-arkkitehtuurin suunnan. Arkkitehdit, insinöörit ja kemistit yhdistävät luonnolliset puhdistusmenetelmät ja asukkaiden mukavuuden (Hinman 2005, 200).

11.4 Hulevesien puhdistusohjeavot

Thomas Larm on tehnyt esityksen huleveden puhdistuksen ohjeavosta. Taulukon 9 mukaan hulevettä, jonka saastepitoisuudet ovat alhaiset, ei tarvitse puhdistaa

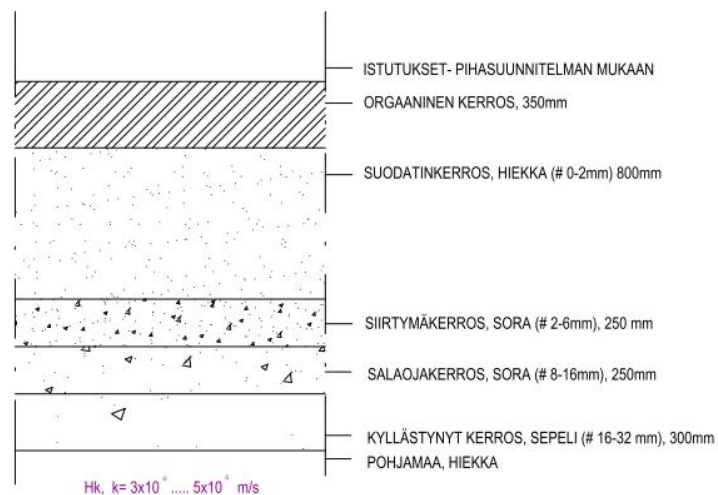
ennen sen johtamista luonnonmukaiseen puhdistusjärjestelmään. Tässä tapauksessa luonto kykenee puhdistamaan hulevettä. Silloin kun huleveden saastepitoisuudet ovat korkealla, hulevettä on johdettava suodattimen läpi ennen luonnonmukaista puhdistusta. (Bonn 2003, 14.)

TAULUKKO 9. Esitys ohjearvoista huleveden puhdistamiseksi ennen veden laskemista edelleen luonnonmukaiseen vedenpuhdistusjärjestelmään. (Thomas Larm 2000, Bonn ym. 2003, 14 mukaan)

Aine	Yksikkö	Alhainen ohjearvo	Korkea ohjearvo
N	mg/l	1,7	3
P	mg/l	125	300
Pb	mg/l	20	60
Cd	mg/l	0,4	2
Hg	mg/l	0,04	0,2
Cu	mg/l	25	75
Zn	mg/l	175	250
Ni	mg/l	20	40
Cr	mg/l	15	20
Öljy	mg/l	1	3
PAH- yhdisteet	mg/l	1	3

11.5 Tutkimukset Suomessa

Suomessa hulevesien biosuodatusta ja biopidätystä on tutkittu vähän. Laajassa Storm water tutkimusprojektissa Helsingin yliopisto ja Helsingin kaupunki tutkivat hulevesien biosuodatuksen Suomen olosuhteisiin soveltuvia menetelmiä. Tutkimusprojektin tavoitteena oli selvittää, miten paikalliset maakerrokset pidättävät haitta-aineita ja miten imeytysrakenteet toimivat eri vuodenaikoina. Tutkimuksessa oli todettu hyvä sinkin, kuparin, fosfaattien pidätys ja heikko nitraattien biopidätyskyky. Suolapidätyksestä ei ole merkittävää vaikutusta. Kuviossa 7. on esitetty Suomessa suosittu biosuodatusalueen rakenne. Biosuodatuskeinojen toimivuutta Suomen olosuhteisiin soveltamiseksi on tutkinut Elina Komulainen 2012, diplomityö Aaltoyliopistossa.



KUVIO 7. Suomessa suosittu biosuodatusalueen rakenne parkkialueen tulvavesien vastaanottoalueella, Alppikylä projektissa, NCC- Rakennus Oy (Hulevesien hallintasuunnitelma)

Fytoremediaatiota on tutkittu Suomessa saastuneen maaperän kunnostuksessa, useissa yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa, laboratorio- ja kenttäkokeissa. Haapa, koivu ja mänty saavuttivat tutkimuksessa hyvät tulokset. Tampereen Teknisessä yliopistossa oli tutkittu fytoremediaation vaikutusta metallien ja hiilivetyjen saastuttamaan maahan. Maria Palmroth 2006 väitöstyössä. Kasvi- ja lannoitekäsittelyjen vaikutuksen yhteydessä valkoapila, ruohoseos, haapa ja mänty saavuttivat laboratoriotutkimuksessa tutkimuksessa hyvät tulokset (Palmroth 2013). Fytoremediaation menetelmä on käytössä Suomessa saastuneen maaperän kunnostuksessa.

12 LAINSÄÄDÄNTÖ

Yhteiskunnan toimintaa ja ympäristön suojelua ohjataan lainsäädännön avulla. Luonnolliseen hulevesien hallintaan, johon kuuluu hulevesien imeytys ja pohjaveden ylläpito. Voimassa oleva lainsäädäntö on käsitelty tässä luvussa hulevesien hallinnan soveltamiseksi.

12.1 Euroopan unionin lainsäädäntö

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23 lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista säädetään Euroopan unionin vesilainsäädännön puitteista. Direktiivin avulla suojellaan vesiekosysteemejä ja turvataan pinta-, pohjaveden ja pohjavesien muodostumia. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000, 1 §.). EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi antaa suojelumääräyssiä jäsenvaltioille. Sen tavoite on estää pohja- ja pintavesien pilaantumista ja vähentää jo tapahtunutta pilaantumista. (Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön muuttamisesta 2013, 11.) Vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää mm. hajakuormituspäästöjen hallintaa, ömilloin mahdollista, ympäristön kannalta parasta käytäntöä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000, 10 §).

12.2 Suomen lainsäädäntö

Pohjaveden suojeleminen perustuu ympäristön suojelulakiin ja -asetukseen, vesilakiin ja pohjaveden suojelemaan liittyviin säännöksiin. Sen lisäksi tässä luvussa käsitellään kaupungin ympäristöön soveltamiseksi pohjaveden suojelemaan tai hulevesien hallintaan liittyvät säännökset.

12.2.1 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulaissa (86/2000) ja sen nojalla annetuissa asetuksissa säädetään jätevesistä aiheutuvan pilaantumisen ehkäisemisestä. Sääntely on annettu sekä laitoksessa, että yksittäisellä kiinteistöllä toteutettavaan jätevesien käsittelyyn. Laissa on säännökset muun muassa vesistöjen, pohjaveden pilaamiskiellosta sekä

pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisvelvollisuudesta, ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttava toiminnasta, terveyshaitasta sekä jätevesien puhdistusvelvollisuus. (Ympäristönsuojelulaki 2000, 10 §).

12.2.2 Vesilaki

Vesilaissa (587/2011) säädetään pintaveden, pohjaveden ja tekopohjaveden ottamiseen, vesijohdon ja laitteistojen sijoittamisesta sekä vedenottamon suoja-alueesta (Vesilaki 2011, 3 §). Vesilaki turvaa Suomen pohjavettä. Pohjaveden muuttamiskiellon piiriin kuuluvat toimenpiteet, joista voi aiheutua pohjaveden määrään ja sen laatuun haitallisia muutoksia. Pohjavesiensuojelun-tavoitteena on säilyttää luonnontilaiset pohjavedet entisellään. (Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön-muuttamisesta 2013, 8).

12.2.3 Laki vesihoidon järjestämisestä

Vuonna 2004 vahvistettiin laki vesienhoidon järjestämisestä (1299/2004), laissa on säädetty yleisellä tasolla mm. vesihoitoalueita, vesien tilan luokituksia ja niiden seurantaa, vesihoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat pinta- ja pohjavesien osalta. Lakia täydentää kolme asetusta: Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) ó öVEHAö-asetus ja sen muutos (341-2009); Valtioneuvoston asetus vesienhoitoalueista (1303/2004), muutokset(1823-2009) ja (870-2010); Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006)- öVESPAö-asetus ja sen muutos (868-2010). Laki ja asetukset pohjavesien lisäksi koskevat hulevettä. Tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa vesien käyttöä. Laissa otetaan huomioon vesien laatu, riittävyys, kestävä käyttö sekä vesipalvelut ja niiden taloudellinen selvitys. Vesihoidon järjestämiseen kuuluu mm. tulvariskien hallinta. (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 2004, 10 §). Pohjavesien osalta tavoite tarkoittaa pohjavesien hyvän määrällisen ja kemiallisen tilan saavuttamista ja ylläpitoa.

12.2.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Nykyisen maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) tavoitteena on öjärjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 1 §).

Maankäyttö ja rakennuslaissa on huleveten ja viemäröintiin liittyvä kohta mm. 16 § koskee suunniteltutarvealueella tarvetta rakentaa viemäri, 191 § koskee yhdyskuntateknisten laitteiden sijoittamista tontille (Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön muuttamisesta 2013, 7). Hulevesien hallinnassa voidaan soveltaa mm. Valtioneuvoston hyväksymien valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden (30.11.2000) mukaan yleis- ja asemakaavoituksessa on varauduttava lisääntyviin myrskyihin, rankkasateisiin ja taajamatulviin. (Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön muuttamisesta 2013, 4). Hulevesien huomioon ottaminen määrätään kaavoitussäännöksissä, yleisen alueen suunnittelusäännöksissä, rakentamiseen liittyvissä säännöksissä, katusuunnitelmasta sekä puistosuunnitelmasta ja muista yleisten alueiden suunnitelmista. (Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön muuttamisesta 2013, 4.) Lainsäädäntö, ei käsittele pohjaveden ylläpitoon liittyviä toimia.

12.2.5 Vesihuoltolaki

Vesihuoltolain (119/2001) tavoitteena on öturvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemäröintiö (Vesihuoltolaki 2001, 1 §). Vesihuoltolaissa säädetään vesihuollon. Vesihuollolla tarkoitetaan övedenhankintaa eli veden johtamista, käsittelyä ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä viemäröintiä eli jäteveden, huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtamista ja käsittelyä (Vesihuoltolaki 2001, 3 §).

Vesihuoltolaissa (119/2001) hulevedestä ja sen viemäröinnistä on mainittu mm. seuraava:

10 §: Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen vesijohtoon ja viemäriinö (Vesihuoltolaki 2001,10 §).

11§: Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen myöntää hakemuksesta kiinteistölle vapautuksen 10§:ssä tarkoitetusta liittymisvelvollisuudesta, jos:

c) huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtamista varten tarkoitettuun viemäriin liittämistä vapautettavan kiinteistön hulevesi ja perustusten kuivatusvesi voidaan poistaa muutoin asianmukaisesti. (Vesihuoltolaki 2001,11§.)

Kunta hyväksyy alueen vesihuoltolaitoksen toiminta-alueeksi ja vesihuoltolaitos huolehtii toiminta-alueellaan vesihuollosta kehityksen tarpeen mukaisesti.

Hulevesien ja muiden luonnonvesien poisjohtamisesta tai imeytyksestä ei tällä hetkellä ole vesihuoltolaissa mainintaa toiminnallisessa merkityksessä lain-säädännön puutteiden takia.

13 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA KAAVOITUKSESSA

Kaavan tulee perustua riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavaa laadittaessa on tarpeellisessa määrin selvittävä suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoehtojen toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset. Selvitykset on tehtävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaikutuksia. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 9§).

Hulevesihallinnassa on huomioitava ja yhdistettävä: ympäristön- ja luonnonsuojelu, rakenteiden kuivatus, taloudellisuus ja esteettisyys. Sen takia hulevesienhallintasuunnitelma edellyttää että suunnittelussa tarvitaan usein asiantuntijoita mm. geotekniikan, hydrologian, vesihuollon ja alueenrakentamisen, ympäristösuunnittelun (maisema, kasvillisuus, esteettisyys) ja kaavoituksen. (Hulevesityöryhmä 2007, 7).

13.1 Valtakunnalliset maankäyttötavoitteet

Valtakunnallisissa alueidenkäytöntavoitteissa (VAT) tavoitteena on alue- ja yhdyskuntarakenteen sekä ympäristön kestävä kehittäminen. Tavoitteet huomioivat ympäristönmuutoksen vaikutuksen ja koskevat mm. hulevesiä varautumalla ilmastonmuutokseen ja tulviin. VAT korostaa asumisen tiivistämistä, jonka perusteena on liikennetarpeen vähentäminen ja yhdyskuntarakenteen tehostaminen. Tiivistäminen omalta osaltaan lisää hulevesien määrää, vähentää pohjavesien muodostumismäärää ja lisää aluekohtaisesti juomaveden tarvetta. Ratkaisuna on hulevesien hallinta ja pohjavesien turvaaminen kaavamääräyksien avulla.

13.2 Maakuntakaava

Hulevesienhallinta ja pohjavesisuojaus tulisi huomioida maakuntakaavassa. Yleispiirteisesti pohjavesien suojeleminen, hulevesien hallinta ja vesisuojaus-

suunnitelma on tehtävä jo maakuntakaavatasolla. Vesien suojele-tavoitteet on todettava maakuntakaavassa.

Hulevesien hallinnassa on huomioitava kunnan rajat ja valuma-alueiden sijainti. Yhteen kuntaan sijoitettu toiminta voi vaikuttaa toisen kunnan hulevesien ja pohjavesien muodostumisen määrään ja laatuun. Valuma-alueiden määritelmien ja selvityksien riittävyteen ja tarkkuuteen on kiinnitettävä erityisesti huomiota. Hulevesien ja pohjavesien hallinnan kannalta on hyvä osoittaa riittävästi luontoalueita. Pohjaveden suojelelun kannalta on tärkeää ohjata pohjavesille riskejä aiheuttavat toiminnot pohjavesialueen ulkopuolelle.

13.3 Yleiskaava

Yleiskaavoituksen tarkoitus on palvella kunnan eri osa-alueiden suunnittelua. Taajamien yleiskaavat valmistamassa huomioidaan rakennettuun ympäristöön ja niitä palvelevien viheralueiden yhteen sovittaen. Yleiskaavassa on hyvä "ö lyödä lukkoon" hulevesien johtamisen ja käsittely periaatteet. (Nyberg 2009,31.) Yleiskaavavaiheessa on tarkistettava, mihin alueisiin valuma-aluekohtaisesti pintavettä kerääntyy, miten sade- ja sulamisvedet kerääntyvät, miltä osa-alueelta ja millä pinnalla ja minne vedet imeytyvät tai purkavat. On huomioitava, miten osa-alueen rakentaminen ja hulevesien määrän lisääntyminen tai väheneminen vaikuttaa viheralueiden toimivuuteen myös pohjaveden pinnan mahdollisen vaihtelun takia. Hulevesiviemäröintiverkosto pitää suunnitella luonnolliset valuma-alueet huomioiden, niin että rakentamisen aiheuttava vastaanottavan vesistön kuormitus ja myös imeytyminen maaperään vastaisivat lähes rakentamatonta tilannetta.

Kaava-asiakirjoista tulee ilmeitä, millaisia ympäristön muutoksia rakentaminen aiheuttaa ja mitkä ovat ne asiat, joiden ei haluta muuttuvan.

13.3.1 Helsingin kaupungin hulevesistrategian prioriteettijärjestys

Hulevesistartegia on kaupungin vesihuollon kehityssuunnitelma, mikä tarkoitus on vähentää hulevesien aiheuttavia haittoja, ylläpidä pohjaveden pinta ja lisätä

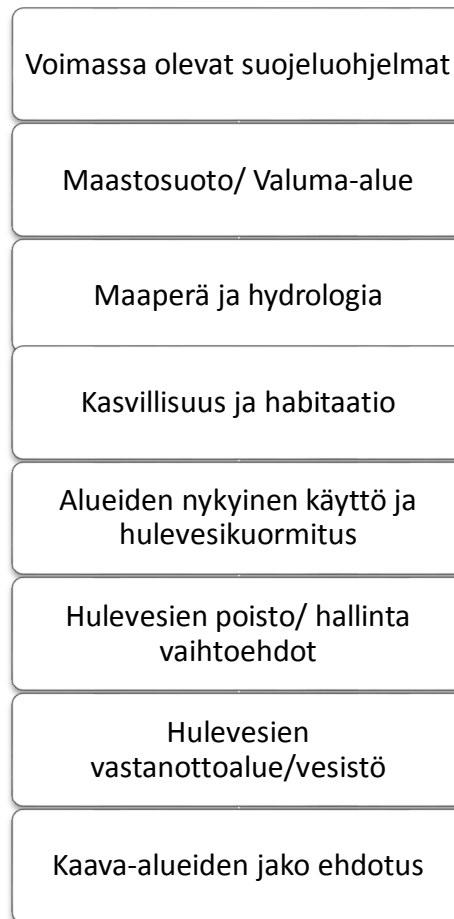
huleveden hyötykäyttöä (Helsingin kaupungin Hulevesistrategia 2008.) Hulevedet käsitellään ja johdetaan Helsingissä seuraavan prioriteettijärjestyksen mukaan:

- *Ensisijaisesti hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan. Jos maaperän laatu ja muut olosuhteet sallivat, hulevedet imeytetään tonteilla tai yleisillä alueilla, missä hulevedet syntyvät. Jos hulevesiä ei voi imeyttää, mahdollisuuksien mukaan huleveden virtaamaa hidastetaan tai viivytetään tontilla tai yleisellä alueella ennen sen pois johtamista.*
- *Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä. Jos hulevesiä ei voi imeyttää tai viivyttää syntypaikallaan, vaan vedet on johdettava tonteilta ja yleisiltä alueilta eteenpäin, se tehdään hidastaen ja viivyttäen vesien kulkua pintajohtamisjärjestelmillä ojien, notkelminen ja painanteiden kautta, missä sadevesi pääsee myös osittain imeytymään maahan, pidättymään kasvillisuuteen ja haihtumaan ilmaan.*
- *Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemärissä yleisillä alueilla sijaitseville hidastus- ja viivytysalueille ennen vesistöön johtamista. Jos hulevesiä ei voi imeyttää eikä johtaa tonteilta tai yleisiltä alueilta eteenpäin hidastavalla ja viivyttävällä pintajohtamisjärjestelmällä, vedet johdetaan putkella eteenpäin. Hulevedet kuitenkin käsitellään jollakin vesiä hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä ennen kuin ne johdetaan lopullisesti kaupunkivesistöön. Jos hulevedet johdetaan tonteilta ja yleisiltä alueilta suoraan mereen tai Vantaanjokeen/Keravanjokeen, hidastusta ja viivytystä tarvitaan vain, jos hulevesien laatu on huono.*
- *Hulevedet johdetaan hulevesiviemärissä suoraan vastaanottavaan vesistöön. Jos hulevesiä ei voi imeyttää, eikä viivyttää tonteilla tai yleisillä alueilla ennen vastaanottavaa vesistöä, ne johdetaan putkella suoraan vesistöön.*

- *Hulevedet johdetaan sekavesiviemärissä Viikinmäen puhdistamolle, jos hulevesiä ei voi imeyttää eikä viivyttaa eikä erillisviemärointi ole mahdollista (Nyberg 2009,31.)*

13.3.2 Hulevesiselvitys yleiskaavan tasolla

Yleiskaavan tulee perustua riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Selvitysten riittävyttä valvoo Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hulevesien vaikutusten selvittämiseksi on laadittava hulevesi- ja pohjavesiselvitykset. Selvityksissä huomioidaan vastaanottavan vesistön tai alueen kapasiteetti ottaa vettä vastaan, luonnon tila, tuleva hulevesien kuormitus ja sen vaikutukset pohjavesiin. Selvitykset on valmistettava kaavoituksen alkuvaiheessa. Maankäyttösuunnitelma on valmistettava selvityksien huomioiden. (Hulevesityöryhmä 2007, 3). Kuviossa 1 on esitetty hulevesiselvityksen runko, yleiskaavaa varten. Lähtökohtana on käytetty alustavat Vantaan kaupungin hulevesisuunnitteluohjeet.



KUVIO 8. Hulevesien selvitys yleiskaavatasolla. Esimerkkikaava.

Yleiskaavaa varten voidaan valmistaa hulevesien hallintasuunnitelma ja pohjaveden suojelusuunnitelmien periaateratkaisu. Pohjaveden suojelusuunnitelmassa arvioidaan maankäytön vaikutukset pohjaveden muodostumismäärään ja laatuun. Hulevesien hallintasuunnitelmassa pitää analysoida mahdolliset vaikutukset ympäristöön ja rakennuskantaan. Jos imeytys ei onnistu ja hulevettä johdetaan suoraan viemäröintiverkkoon, on huomioitava vastaanottavan vesistön tulvatilanne, habitaatio ja ehdottaa haittavaikutuksia poistavat ja vähentävät toimenpiteet.

13.3.3 Alueiden jako yleiskaavassa

Yleiskaava on suunniteltava välttämällä suuria maastomuutoksia. Tiiviisti rakennettu alue kannattaa sijoittaa alueelle, jossa maaperän vedenläpäisevyys on imeytykseen sopiva ja pohjaveden pinta on suhteellisen alhainen. Silloin hulevesien hallinta voidaan toteuttaa maanalaisien imeytysmenetelmien avulla. Imeytykseen huonosti soveltuvat alueet on hyvä kaavoittaa kerrostalokortteliksi ja jättää rakennusten välillä luonnontilassa olevat maa-alueet. Perinteisesti paljon hulevettä tuottavat kohteet mm. logistiikka- ja kauppakeskukset sijoitetaan savialueelle. Nykyiset ympäristönsuojelumääräykset huomioiden on mahdollista sijoittaa logistiikka- ja kauppakeskukset kuitenkin vettä läpäisevälle maaperälle niin että hulevesien hallinta kattovesille voidaan toteuttaa imeytyksen avulla. Toiminnasta aiheutuva hulevesikuormitus on haitallinen vastaanottavalle vesistölle ja ympäristölle. Paljon hulevettä tuottavien kohteiden läheisyydessä on oltava riittävästi viheralueita. Viheralueella voidaan järjestää hulevesien viivytystä tai imeytystä, jos maalajiset mahdollistavat.

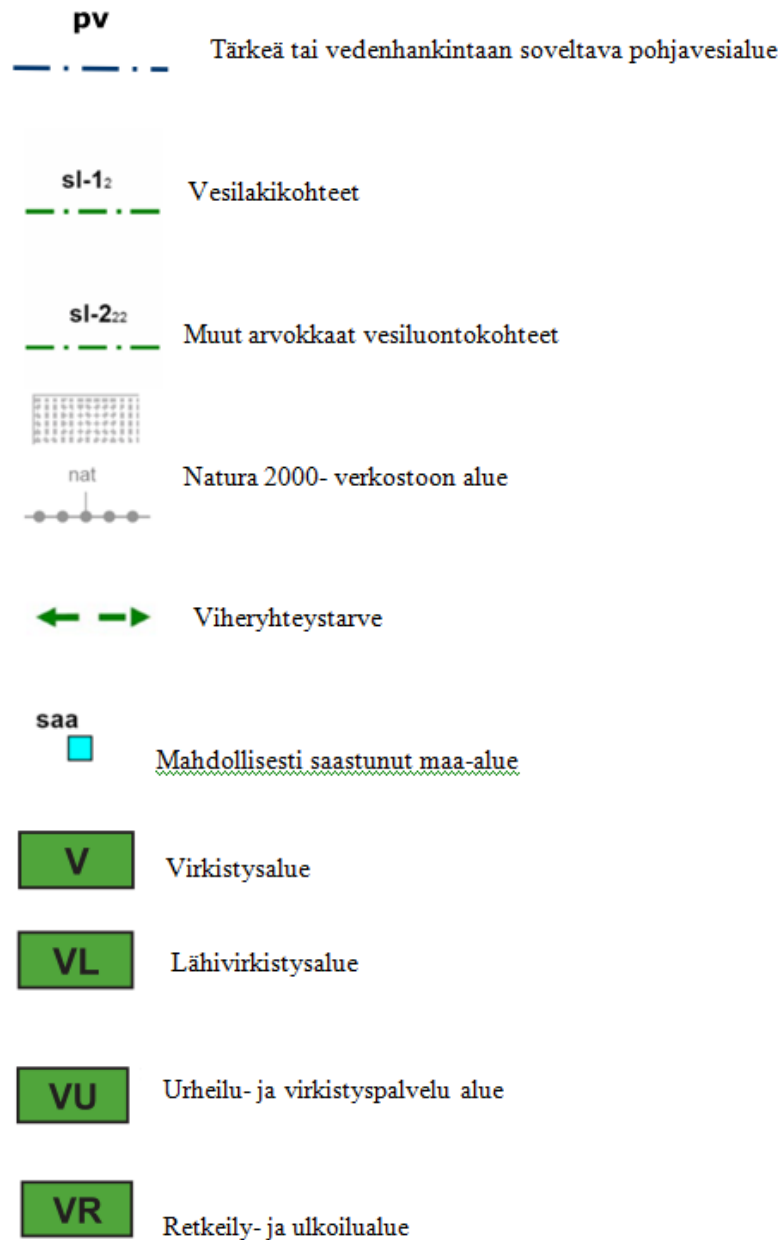
13.3.4 PIMA

Maaperän kunnostus tulee yleensä silloin, kun alueen käyttötarkoitus on muuttumassa. Sen lisäksi kunnostus tehdään välittömästi jos on todettu, että maan pilaantumisen voi aiheutua pohjaveden pilaantumisriski tai haitta ympäristön asukkaiden terveydelle (Penttinen 2001, 7).

Pilaantuneita maa-alueita kartoitettiin valtakunnallisesti vuosina 1990-1993 SAMASE -hankkeessa. Pilaantuneita ja mahdollisesti pilaantuneita maa-alueita koskevaa tietoa löytyy tällä hetkellä Suomeen ympäristökeskuksen (SYKE) PIMA-rekisteristä, alueellisten ympäristökeskusten omista PIMA-rekistereistä sekä VAHTI-tietojärjestelmästä. Pilaantumisriskiä ovat aiheuttaneet ja aiheuttavat mm. huoltoasemat, korjaamot, romuttamot ja maalaamot sekä teollisuuslaitokset, kaatopaikat, sahat ja ampumaradat.

13.3.5 Yleiskaavan merkinnät ja määräykset

Hulevesien hallintaa koskevat yleiskaavamerkinnät ovat ohjeellisia ja koske tätä tarkoitusta varten varattavia alueita. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan öyleiskaavamääräykset voivat muun ohessa koskea maankäytön ja rakentamisen erityistä ohjausta tietyllä alueella sekä haitallisten ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista.ö(Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 41§.) Aluevaraukseen voidaan liittää hulevesijärjestelmän suorituskykyyn liittyviä määräyksiä (Hulevesityöryhmä 2007, 3). Kuviossa 9 on esitetty yleiskaavan merkit, joita on mahdollista käyttää hulevesien hallinnassa.



KUVIO 9. Yleiskaavan merkit, joita on mahdollista käyttää hulevesien hallinnassa (Haapanala, Laine, Lunden, Pitkäranta, Rätikäinen, Saarinen, Salmi, & Sippola-Aho 2003)

13.4 Osayleiskaava

Osayleiskaavassa esitetään tarkempi maankäytön periaatteet. Osayleiskaavassa on mahdollista tarkastella hulevesien käsittelyn vaikutukset ympäristöön. Tässä vaiheessa on voida antaa hulevesien käsittelyohjeet ja pohjavesisuojaohjeet,

koska vaikutusta voidaan arvioida tarkemmin kuin edellisellä kaavatasolla. Tässä vaiheessa voidaan antaa hulevesien imeytykseen koskeva ohjeet.

13.5 Asemakaava

Asemakaavoituksessa tehdään rakenteelliset mitoitukset ja sijoitukset (Hulevesityöryhmä, 2007, 4). Havainto pilaantumisesta varmistetaan maanalyyysillä. Tietoa maaperän sisältämistä haitta-aineista voidaan saada vain maaperätutkimuksesta, maanäytteestä tehtävän laboratorioanalyysin avulla. Analyysin tarve selvitetään tarkemmin paikan historian avulla.

Maanpinnan lähellä oleva pohjavesi vaikeuttaa rakentamista. Kellaritiloja ei kannata suunnitella pohjaveden pinnan alapuolelle niin, että kellarin kuivaaminen olisi jatkuvasti toteutettu pumppauksen avulla. Pohjaveden turvaamiseksi asemakaavassa voidaan erikseen määrätä kellarikerroksen alin taso tai sijoittaa kellariset tilat kallioon. Nykyisien menetelmien avulla kallion rakoja voidaan tiivistää, jotta estetään kalliopohjavesien pääsy kuivausjärjestelmään. Pitää välttää pohjavesien tason alentamista.

Voimakasta maaston muuttamista ja alkuperäisen kasvillisuuden poistamista kannattaa välttää. Luonnollinen vesien kierto maaston muodon avulla pitää säilyttää kaavamääräyksien avulla.

Ympäristöministeriön laatimassa Asemakaavamerkinnät ja -määräykset oppaassa ei ole hulevesien koskeva merkintöjä ja määräystä (Hulevesityöryhmä, 2007, 4). Maankäyttö- ja rakennuslaki kuitenkin mahdollista käyttää asemakaavassa öhaitallisten ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista koskeva määräyksiä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 57§). Asemakaavassa voidaan käyttää aluevarausmerkkiä ja lisätä sinne hulevesien hallintaan liittyvät määräykset.

Hulevesien hallintaan liittyviä merkintöjä tai määräyksiä:

- aluevaraukset hulevesien viivyttämistä, imeyttämistä tai avo-ojissa johtamista varten
- katujen ja muihin yleisiin alueisiin liittyvät viherpainanteet

- korttelikohtaisesti voidaan ehdottaa hulevesien selvitystä. Hulevedet imeytetään vain jos se on hulevesiselvityksen perustella mahdollista
- luonnontilassa oleva pinta-ala
- alueella ei saa alentaa pohjaveden tasoa.

Korttelikohtaisesti voidaan ehdottaa hulevesien imeyttämistä, vain jos alueella on tehty aiemmin pohjatutkimukset ja otettu maanäyte.

14 IMEYTYSMENETELMÄT JATKOSUUNNITELUSSA

Hulevesihallintamenetelmiä on käsitelty viimevuoden aikana monessa tutkimustyössä. Sen lisäksi vuonna 2012 on julkaistu Kuntaliiton laaja kirjallinen tutkimusprojekti öHulevesiopasö, jossa on esitetty hulevesien hallintaa koskevia kerrattu tietoja, tutkimustuloksia ja ratkaisuja. Tässä luvussa annetaan vain hulevesien imeytystä koskevia lisäohjeita ja esitetään lisää toteutus esimerkkejä.

Taajamahydrologian tasapaino alkaa valuma-alueelta, jolloin myös rakennetuilla alueilla pitää imeyttää hulevettä maaperään. Imeytysmenetelmiä on useita ja niitä voidaan soveltaa eri maankäyttötarkoituksen mukaisesti. Imeytysmenetelmien käyttö vähentää suoraan vesistöön johtuvien hulevesien määrää ja ylläpitävät pohja- ja vajovesien tasoa. Hulevesien imeytys voi tapahtua luonnollisesti tai rakennettujen toimenpiteiden avulla.

Hulevesien imeytysrakenteita ovat mm. seuraavat:

- luonnolliset pinnat
- viherpinnat
- imeytyskaivo
- imeytyskenttä
- imeytysallas
- imeytyspainanne.

Nurmikivi, sora- ja kivituhkapinnalla on virtaamaa hidastava vaikutus. Näiden pintojen todellinen imeytysteho on kyseenalainen, kun ajan kulussa raot tukkeutuvat hienoaineksilla ja tiivistyvät talvikunnossapidon ja sulakauden liikennöinnin yhteydessä.

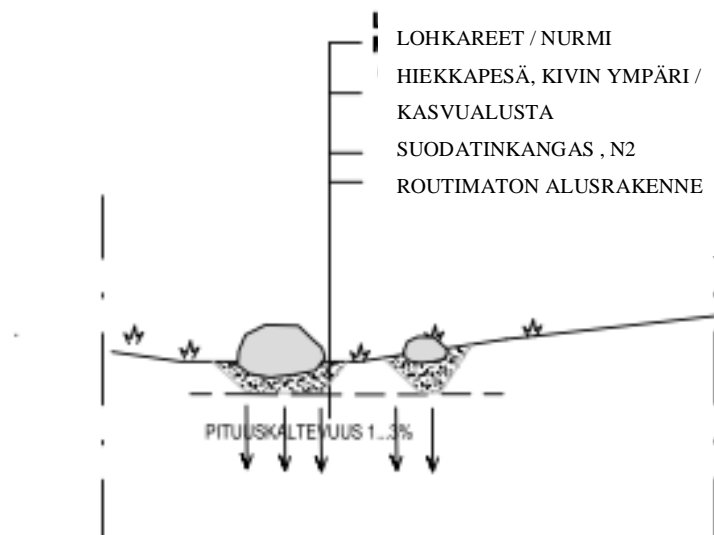
14.1 Luonnollisia pintoja

Luonnonpinnat ovat rakennusalueella rakentamatta jätettyjä viheralueita. Viheralueella säilyy luonnollinen vesikierto ja kosteustasapaino. Luonnonalueet ovat imeytyskykyiset. Imeytyskyky ja kapasiteetti vaihtelevat maaperän rakojen ja huokosten mukaan. Koskemattomissa pinnoissa maan kapillaarisuutta ei ole

häiritty. Kapillaarihuokosten kautta maahan imeytyy vettä ja poutakausina niistä haihtuu kosteutta.

14.2 Viherpintoja

Viherpinnat ovat rakennushankeen yhteydessä maisemoituja alueita. Viherpinnat suunnitellaan eri tarkoituksin. Nurmi, kukkapenkki, pensas- ja puistutusalueet ovat hyvin imeytyskykyisiä sulan vuoden aikana. Viheralueiden pantavalunta on meikein olematonta. Talven aikana, kun maa on jäässä, suuret tai kallistetut viherpinnat on varustettava ritiläkaivoilla sulamisvesien pois johtamiseksi.



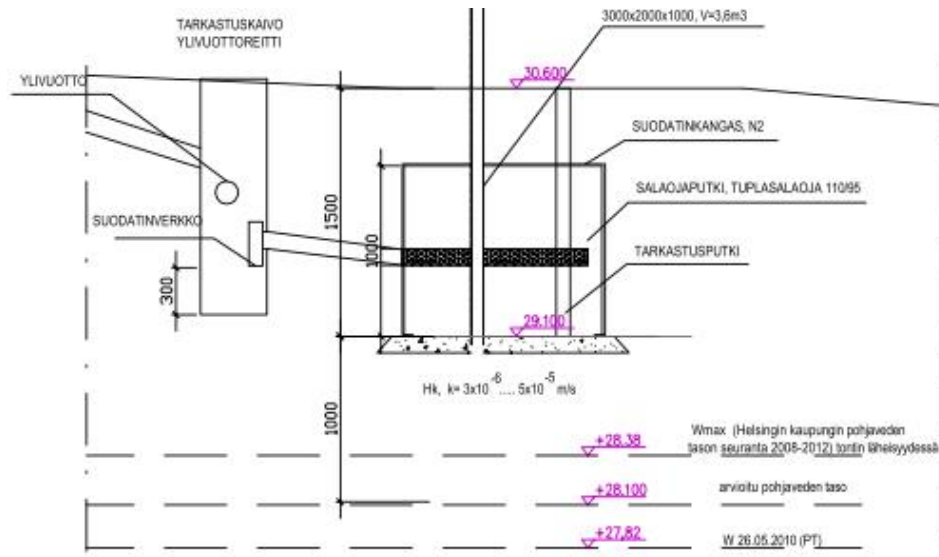
KUVIO 10. Nurmipinnat ovat imeytystä tehostava rakenne. Lohkareet on sijoitettu hiekkapesään pihan matalalla paikalla. Kivien ympärille kerääntyy valumavettä, joka rankkasateen aikana nopeammin imeytyy maakerrokseen (Hulevesien hallintasuunnitelma 2013)

14.3 Maanalaiset imeytysrakenteet

Tilan säästämisen vuoksi imeytysrakenteet voidaan sijoittaa maan alle. Maanalaisessa imeytyksessä kasvillisuuden puhdistava vaikutus jää käyttämättä. Menetelmät sopivat vain puhtaaksi luokitetuille hulevesille, eli katto- ja pihavedelle, katto- ja maanpintamateriaalit huomioiden. Maanalaisessa imeytysrakenteessa vettä suodattuu läpäisevän täytteen läpi ja jatkaa imeytymistä maaperään. Maanalaisen imeytysmenetelmän käytössä on huolehdittava, että maan päälliset hienoainekset pintavesien liitos on tehty sakkapesällisen tarkastuskaivon avulla ja että hiekkaa laskeutuvat tarkastuskaivon pohjalle ennen imeytys-rakenteeseen pääsyä.

Maanalaisien imeytysmenetelmien toimivuuteen ensisijaisesti vaikuttaa maaperän läpäisevyys. Maaperän vedenläpäisevyysnopeus selvitetään kenttäkokeessa tai maanäytteen ja laboratoriotutkimuksen avulla.

Maanalaisien imeytysjärjestelmien sijaintipaikka on valittava rakennuksen sijainnin, rakennustyyppin ja sen kuivatusjärjestelmän mukaisesti. Hulevesien mahdollinen pääsy salaojajärjestelmään on estettävä tai imeytyspaikka rakennettava riittävän kauas rakennuksesta. Yksinkertainen keino on järjestää ylivuotoputki kuivaustason alapuolelle, pohjavedenpinnan taso huomioiden. Yleinen periaate on, että imeytystaso on yhden metrin pohjaveden tason yläpuolella. Hyvin läpäisevissä maalajeissa etäisyyttä voi säätää pohjaveden vaihteluväli huomioiden.



KUVIO 11. Imeytyskentän esimerkkiratkaisu. Imeytystason ja pohjaveden välinen etäisyys on yksi metri, pohjaveden ylimmän tason alapuolella (Hulevesien hallinta suunnitelma 2013)

Maanalaiset imeytysmenetelmät toimivat talven aikana. Imeytystaso on oltava routarajan alapuolella tai muussa tapauksessa on suunniteltava erikseen imeytysrakenteen routasuojaus. Kaupungin keskustassa kiinteistön ja pihan peruskorjauksen yhteydessä voidaan keventää kiinteistön sadevesiviemäriin kuormitusta lisäämällä pihalle imeytyskaivoja, imeytysolosuhteet ja pintalaadut huomioiden.

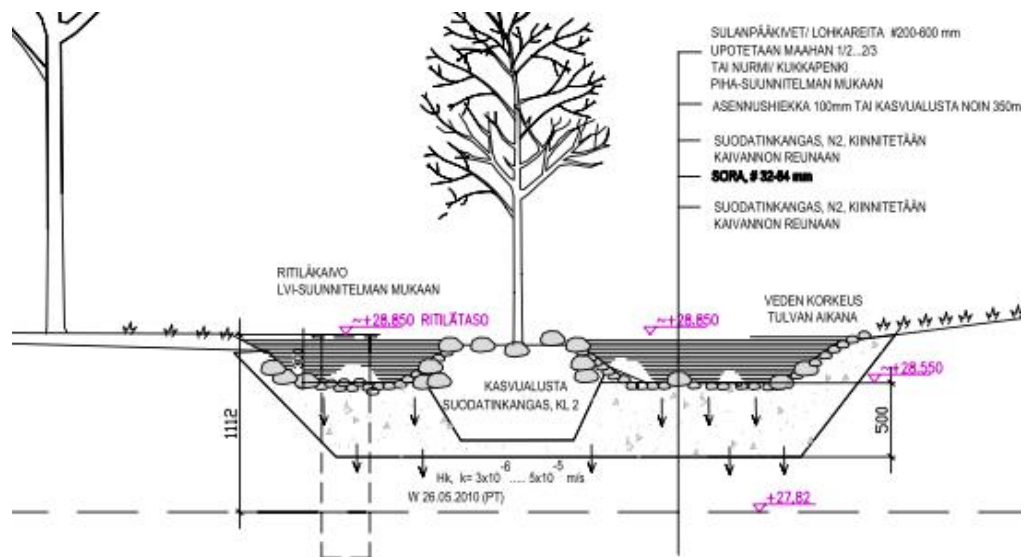
Sepelikentän ja kaivon lisäksi markkinoilla on maan alaisia imeytysrakenteita, joita ovat mm. imeytyskasetit ja imeytystunnelit. Niiden etu on sataprosenttinen hyötytilavuus. Vastaavasti sepelikentässä hyötytilavuus on vain kolmekymmentä prosenttia kokonaistilavuudesta.

14.4 Pintaimeytysmenetelmät

Pintaimeytysmenetelmien käyttö soveltuu parhaiten puistoissa tai aukioilla, maaperän vedenläpäisevyys huomioiden. Niiden käyttö vaatii kuitenkin tilaa ja etäisyyttä rakennuksista. Pintaimeytysmenetelmissä vettä kerätään kasvillisuuden

peittämille syvennetyille pinnoille, joissa vettä suodatetaan kasvualustan läpi vettä keräävään sepelikerrokseen. Sepelikerroksen tilavuus on oltava mitoitettu veden määrää vastaavaksi. Pintaimetyksen menetelmät on varustettava ylivuotokaivolla, joka toimii suurtulvan ja talven aikana.

Pintaimetyksen menetelmien etuna on, että hulevedet puhdistuvat luonnollisesti kasvillisuuden, bakteereiden ja mikrobien toiminnan avulla. Hulevesien hallinta pintaimetyksen avulla mahdollistaa tontin viihtyvyyden parantamisen viheryksityiskohtia käyttämällä. Kivimateriaalien, istutuksien ja maaston muotojen avulla pintaimetyksen menetelmät voivat parantaa maisemakuvaa ja kasvillisuuden käyttömahdollisuuksia. Esimerkiksi lammikoitumistila voidaan toteuttaa ryhmäistutuksella, eli alueet sovitetaan eri vuodenaikoina kukkivilla perennoilla. Hyvin toteutettu pintaimetyksen rakenne toimii lumen varastopaikkana ja sulamisveden pidätyksessä.



KUVIO 12. Imeytysallas ja ylivuotokaivo, esimerkkiratkaisu (Hulevesien hallinta suunnitelma 2013)

14.5 Hulevesien hallinta imeytyksen avulla pääkaupunkiseudulla

Suomessa hulevesien maanalaisia hidastus- ja imeytysrakenteita kokeiltiin jo 1980-luvulla Espoon Pihlajarinteessä. Rakenteiden avulla osa hulevedestä saadaan imeytettyä maahan ja sadevesiviemäreiden putkikokoa on voitu pienentää, mikä on säästänyt kustannuksia. (Ahponen 2005, Karvisen ym. 2010,16 mukaan).

Helsingin Viikin ekologisella asuinalueella hulevesien luonnonmukainen käsittely on ollut mukana jo kaavoitusvaiheesta asti. Alueella on toteutettu imeytysaltaiden, maanalaisten imeytysrakenteiden ja viheralueiden avulla luonnonmukaistettu Viikinojaan yhdistyvä hulevesien käsittely-järjestelmä. (Ahponen 2005, Karvisen ym. 2010,17 mukaan.)

15 IMEYTYSMENETELMIEN KÄYTTÖ

Imeytysmenetelmien käyttöä esitetään esimerkkiprojektin avulla. NCC- Rakennus Oy:n toimeksiannosta Insinööri toimisto Pohjatekniikka Oy laati hulevesien hallintasuunnitelman korttelille 41-295, tonteille 2,3 ja 4, jossa Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston vaatimuksena oli myös hulevesiselvitys.

15.1 Kaavoitustilanne

Helsingin kaupungin valtuusto hyväksyi Alppikylän asemakaavan ja asemakaavan muutoksen 30.08.2006. Alueen asemakaava on esitetty liitteenä 1.

Alppikylän asemakaava-alueen pinta-ala on noin 50 ha. Korttelialuetta on yhteensä noin 14,5 ha. Kaavaehdotuksessa on rakennusoikeutta n. 110 000 k-m², josta noin 82 000 k-m² asumista ja tästä noin 60 % muissa kuin kerrostaloissa. Korttelit sisältävät asuintontteja kerrostaloista omakotitaloihin. Pääpaino on kaupunkipientaloilla. On erilaisia pientalotyyppejä, sekä tuottajamuotoista, että omaehtoista rakentamista. Lahdenväylän ympäristöhaittojen takia sen tuntumaan on sijoitettu työpaikkatontteja. (Visanti 2007.)

Arkkitehtitoimiston KSV/ Malmiprojektin tehty Alppikylän 3D-mallinus on esitetty kuviossa 13.



KUVIO13. Alppikylä. 3D-mallinnus. KSV/ Malmiprojekt (Alppikylän rakentamistapaohjeet 2007)

Alppikylän pientalokaupunki on noin hehtaarin kokoinen kortteli. Kortteli koostuu pienistä tonteista. Pientalotonttien tonttitehokkuus on 0,4-0,65 ja enimmäiskerrosluku on kolme. (Visanti 2007.) Esimerkkiprojektina esitetyssä kortteli on atrium-talot.

Asemakaavan yhteydessä on laadittu rakentamistapaohjeet, asemakaava-alueen hulevesien hallintasuunnitelma ja pohjavesien suojelusuunnitelma. Tontit 1 ja 5 on suunniteltu ja rakennettu vuonna 2010. Tontit 2, 3 ja 4 ovat tällä hetkellä rakenteilla. (Kuvio 14.)



KUVIO 14. Kortteli 41-1695. Asemakaavaote ja KSV/Malmiprojektin 3D-mallinnus (Alppikylän rakentamistapaohjeet 2007)

15.2 Maaperä ja pintamuoto

Kairaustutkimuksien perustella osa alueesta sijaitsee kallion heikkousvyöhykkeellä. Kallion pinta on +26.0-+13.00(N43) syvyydessä. Maaperä on hiekkaa ja hiekkamoreenia. Alueen ylärinteessä on vettä läpäisemättömät savi-linssikerrokset. Ne ulottuvat noin 2-4 metrin syvyyteen, tasolle +28.0(N43). Pohjaveden taso vaihtelee +27.8-+28.38 (N43) välillä. Liittymiskohtalausunnon mukaan osa tonteista on liittymiskoron alapuolella. (Hulevesien hallinta suunnitelma 2013).

Helsingin rakennustapaohjeiden mukaan tärkeällä pohjavesialueella kaikki liikenne- ja parkkialueelta muodostuneet hulevedet, öljynerottimen kautta johdetaan sadevesiviemäriin. Katto- ja pihavedet pyritään imeyttämään pohjavedeksi.

15.3 Hulevesien hallinnan menetelmät

Hulevesien luonnonmukainen hallintamenetelmä Valtakunnan hulevesistrategian mukaan edellyttää ensisijaisesti hulevesien muodostumisen ehkäisyä ja

luonnonmukaista käsittelyä. Hulevesien hallinnassa pitää välttää hulevesien ja kuivausvesien pumppaamista. Alue sijaitsee 1. luokan yhdyskunnan vedenhankinnan kannalta tärkeällä pohjavesialueella ja hulevesisuunnitelma on tehty Helsingin rakennusvalvontaviraston pohjavesialueiden rakentamistapaohjeiden mukaan.

Tontilla hulevesien ehkäisymenetelmänä pitää olla viheralueita ja veden läpäiseviä pintoja sekä runsaasti kasvillisuutta. Projektissa on myös suositeltu käyttää kasvillisuutta hulevesien hallinnassa. Vettä hyvin läpäisevät perenna- ja pensasalueet voivat pidättää sadevettä ennen veden johtamista kaivoihin. Maaperäolosuhteet huomioiden tontille pystyy imeyttämään pohjavedeksi kerran kahdessa vuodessa toistuvan rankkasateen.

Rakennuksien tiivis sijainti huomioiden tontilla ei suositella käytettäväksi laajoja maanalaisia imeytysmenetelmiä hulevesihallinnassa. Yhdelle alueelle keskittyneet maanalaiset imeytyskentät pohjaveden nousun yhteydessä voivat aiheuttaa hulevesien pääsyn salaojajärjestelmään. Rakennetulla tontilla syntyneet hulevedet käsitellään kolmella tavalla: haihdutetaan, johdetaan ja imeytetään maahan. Tontti on jaettu kolmeksi osa-valuma-alueeksi, joissa pyritään mahdollisesti säilyttämään luonnolliset hulevesien valumareitit.

Hulevesien muodostumisalueet huomioiden tontit on jaettu osa-valuma-alueiksi, joille on määrätty valumakertoimet maan pinnan laadun mukaan. Keskimääräinen valumiskerroin rakennetun tontin osalta on 0,5-0,6.

15.4 Mitoitukset

Hulevesien määrä ja virtaama on mitoitettu Kuntaliiton Hulevesioppaan suositusten mukaan kerran kahdessa ja kymmenessä vuodessa, viiden minuutin rankkasateen mukaan $Q_{(1/2a)}=197 \text{ l/(s*ha)}$ ja $Q_{(1/10a)}=233 \text{ l/(s*ha)}$. Sen lisäksi on huomioitu kerran kymmenessä vuodessa esiintyvä 12 tunnin kestoinen tulva $Q_{(1/10a)}=156 \text{ l/(s*ha)}$.

15.5 Hulevesien hallinnan ratkaisu

Suunnittelualueen ylärinteen katto- ja pintavedet imeytetään imeytyskaivojen avulla. Ylivuoto järjestetään sadevesiviemäriin. Imeytyskaivojen alapinta on suunniteltu linssikerroksen ja pohjaveden yläpinnan välille. Tulvareitti järjestetään istutuskaistaan ja kadulle. Ylivuoto järjestetään sadevesiviemärintiverkkoon ja tulva-altaaseen.

Suunnittelualueen alarinteellä katto- ja pintavedet hidastetaan ja viivytetään kivitetyillä sadevesikouruilla ja liitetään lammikoitumistilaan. Allas on mitoitettu vastaanottamaan 20 m^3 ($A=66,5 \text{ m}^2$), joka vastaa kerran kymmenessä vuodessa 12 tunnin aikana satavan veden määrää $V_{(1/10a)} 12h=20\text{m}^3$. Ylivuoto kerätään sadevesikaivoihin ja pumpataan viemärintiverkkoon. Arvioitu pumppaustarve, ympäristömuutos huomioiden on kerran kahdessa vuodessa.

Riskien arviointi: Myrskyn aikana sähkökatkon yhteydessä vettä voi seisoa yleisellä alueella, mutta ei kuitenkaan aiheuta haittaa rakennuksien perustuksille eikä alapohjille.

Alarinteellä pohjaveden taso on lähellä maanpintaa ja imeytyskaivojen sijaan kattovettä imeytetään pohjavedeksi imeytyskenttien avulla. Ylivuoto järjestetään viemärintiverkkoon ja lammikoitumistilaan.

Pintavedet kerätään kivettyyn sadevesikouruun ja imeytetään pohjavedeksi imeytyspainanteiden avulla. Imeytyspainanteet on mitoitettu vastaanottamaan kerran kymmenessä vuodessa viiden minuutin rankkasateen. Tulvan aikana ylivuoto järjestetään viemärintiverkkoon sadevesikaivojen avulla.

Sadevesikaivojen kannen korko on oltava maan pinnan korkoa 150-200mm ylempänä. Istutusmateriaali on oltava tulvan ja korkean pohjaveden tason kestävä.

Tonttikohtainen hulevesien hallinta, imeytysrakenteiden sijainti ja niitä palveleva tontin osa on esitetty liitteissä 3, 4 ja 5.

15.6 Imeytysmenetelmien käyttö rakennetussa ympäristössä

Imeytysmenetelmien valintaan vaikuttavat eniten suunnittelualueen ja valuma-alueen ominaisuudet, mm. maaperän laatu, rakennuksien ja rakennelmien sijainti, hulevesien laatu ja pohjaveden virtaussuunta. Imeytysmenetelmät on hyvä yhdistää muihin hulevesien hallintamenetelmiin, esimerkiksi hulevettä voidaan hidastaa ennen imeytystä.

Oheisessa taulukossa 10 esitetty yhteenveto, jota voidaan käyttää apuna imeytysmenetelmien valinnassa. Taulukossa on arvioitu imeytysmenetelmien sopivuus erilaisissa olosuhteissa neljäjakoisella asteikolla.

TAULUKKO 10. Imeytysmenetelmiksi sopivat ratkaisut kaupungin eri olosuhteissa

Menetelmä	Tiheästi rakennettu alue	Iso kattopinta, pienellä tontilla	Kaupungin ydinkeskusta	Korkea pohjaveden taso	Huono hulevesien laatu	Puhtaat hulevedet	Liikennealueet	Huono veden läpäisykyky	Alueen topografia
Luonnon pinta	1	1	-	3	3	3	3	3	3
Viherpinta	1	1	1	3	2	3	3	2	3
Biosuodatus	3	1	3	1	3	0	3	1	2
Imeytyskaivo	3	1	3	1	0	3	0	0	2

(jatkuu)

TAULUKKO 9. (jatkuu)

Imeytyskenttä	3	2	2	3	0	3	0	0	3
Imeytysallas	1	1	1	3	3	3	3	2	3
Imeytyspainanne	3	1	1	3	3	3	3	3	3
Imeytyskasetti	1	3	2	3	0	3	0	1	2

3-sopii hyvin; 2- sopii kohtalaisesti; 1 - sopii huonosti; 0-ei suositella käytettäväksi

Luonnonpinnat, viheralueet, imeytysaltaat ja painanteet ovat parhaita imeytysratkaisuja alueelle, jossa on korkea pohjaveden taso, huono veden läpäisevyys, vaihteleva topografia tai päällystetyillä pysäköinti- ja tiealueilla, joissa hulevedet vaativat pudistusta biosuodatus- ja fyto-remediaatiomenetelmien avulla. Menetelmien rakenne- ja käyttökustannukset ovat alhaiset. Ne eivät kuitenkaan sovi tiheästi rakennetulle taajama-alueelle tai kaupunkien keskustoissa, jossa parhaiten imeytysratkaisu on imeytyskaivo ja imeytyskenttä, maan päällä tilan puutumisen vuoksi. Suurille katetulle alueelle ainoastaan hulevesikasetit ovat osoittaneet olevaan tehokkaana. Hulevesikasettien rakennuskustannukset osoittavat olevaan aika korkea, sadevesiviemäri ratkaisuun verrattuna.

16 YHTEENVETO

Taajama-alueen pohjaveden tason alentaminen ihmisen toiminnan seurauksena on kaupungin ympäristössä riskitekijä. Luonnonmukainen hulevesien hallinta on ainoa keino turvata ja ylläpitää pohjavesien määrää ja tasoa tiheästi rakennetussa kaupungin ympäristössä. Imeytyksen avulla kaupungilla muodostuneet hulevedet pääsevät takaisin luontaiseen kiertoon ja kosketuksiin maan, ilman, kasvillisuuden ja mikro-organismien kanssa. Se on luonnon-mukainen prosessi, joka lisäksi ylläpitää maan tasapainoa ja sen avulla aktivoi luonnolliset haitta-aineiden hajoamisprosessit.

Voimassa oleva lainsäädäntö suojelee Suomen pohjavettä. Ympäristönsuojelulaki (2000/86) määrää pohjaveden pilaamiskiellosta, vesilaki muuttamiskiellon avulla turvaa pohjaveden määrään ja sen laatuun vaikuttavat tekijät. Laki vesihoidon järjestämisestä (2004/1299) edellyttää pohjavesien hyvän määrällisen ja kemiallisen tilan saavuttamista ja ylläpitoa. Maankäyttö- ja rakennuslailla (1999/132) luonnonmukaista hulevesien hallintaa voidaan soveltaa ympäristönsuojelua ja ympäristöhaittojen ehkäisemistä ja myrskyihin, rankkasateisiin ja taajamatulviin varautumista koskevia asetuksia. Maankäyttö- ja rakennuslailla ei käsittele pohjaveden ylläpitoon liittyviä toimia.

Vesihuoltolaki(2011/587) ei tunne termiä luonnonmukainen hulevesien hallinta eikä imeytys. Nykyiset lainsäädännön puutteet aiheuttavat ongelmia toteuttaa luonnonmukaista hulevesien hallintaa maankäyttösuunnittelussa. Laki suojelee pohjavettä, mutta ei suoraan velvoita ylläpitämään sitä. Lisäksi ongelmia aiheuttavat, että hulevesiin liittyviä asioita käsitellään eri virastoissa mm. maankäytön suunnittelu, ELY-keskus ja tekniset laitokset. Kokonaisuus ei ole kunnissa hallinnassa, ongelmat ratkaistaan tapauskohtaisesti eri virastoissa. Maa- ja metsätalousministeriö on valmistellut eduskunnan käsiteltäväksi vesihuoltolain uudistuksia. On odotettavissa, että uudistuksissa käsitellään hulevesiä koskevia sääntelyjä. Sen lisäksi ympäristöministeriö valmistele maankäyttö- ja rakennuslain muutosta, jonka avulla pyritään parantamaan hulevesien hallinnan ottamista huomioon maankäyttösuunnitelmassa. Tällä hetkellä kunnilla on käytössä erilaiset keinot kannustaa luonnollista hulevesien hallintaa, mutta ratkaisut eivät ole aina luonnonmukaisia. Hulevesien hallintaa ei ole riittävästi tutkittu ja huomioitu maankäyttö-suunnittelu tasolla. Hulevesien hallintaan ja

mahdollista pohjaveden tason ylläpitämistä hulevesien imeytyksen avulla huomioidaan vain silloin, kun kaavoituksessa on ykkösluokan pohjavesialue, vaikka Suomen laki turvaa kaikkea maa- ja kallioperässä olevaa vettä. Tämän opinnäytetyön avulla esitetään miten huomioidaan luonnonmukaista hulevesien hallintaa eri suunnittelutasoilla ja sen avulla luodaan hulevesien imeytykseen sopivat olosuhteet. Tonttikohtaisessa hulevesi-hallintasuunnitelmassa esitetty lopullinen ratkaisu on oltava hyödyllinen ympäristölle, yhteiskunnalle ja kiinteistönomistajalle.

Opinnäytetyön liitteenä on esitetty tonttikohtaisessa suunnittelussa käytettävien imeytysmenetelmien esimerkkiratkaisuja. Hankkeeseen liittyvässä asemakaavassa oli tehty laajat hulevesi- ja pohjavesiselvitykset. Asemakaavassa määrätty rakennuksien ja viheralueen sijainti on tukennut imeytysmenetelmien käyttöä hulevesien hallinnassa.

Pohjaveden pinnan taso voi vaihdella voimakasti. Rakennuksen perustamisen ja salaojan rakentamisen yhteydessä on huomioitava pohjaveden tason vuotuinen vaihtelu, sadantaa, maaperä ja valuma-alue. Pohjavedeksi imeytettäväksi suosittelee hulevesien määrää rippu käytettävistä imeytysmenetelmistä ja pitää pyrkiä lähtötilannetta vastaavaan.

Imeytysuunnittelussa on aina huomioitava hulevesien laatu. Kaupungin ympäristössä on todettu pysyvien hulevesien haitta-aineiden kuormituksen olevan peräisin liikenteestä. Liikennealueilta muodostuvien hulevesien puhdistusmahdollisuutena on pintaimetytys. Hulevesien laatuun vaikuttavat tällöin maaperän olosuhteet, viherkaistojen tyyppirakenteet sekä kaupungin katujen maisemoinnissa suositeltavat kasvilajit ja niiden ympärille muodostuvat symbioosit. Kadun maisemoinnissa käytettävän kasvillisuuden vaikutukset hulevesien puhdistukseen vaativat lisätutkimuksia.

Helsingissä tehdyssä hulevesien laatututkimuksessa on todettu, että taajama-alueen hulevedet aiheuttavat vesistön hajakuormitusta, jonka seurauksena mm. vesistön rehevöitymistä. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2000/60/EY) edellyttää jäsen valtioilta, että vesistöille aiheutuvaa

hajakuormitusta ei lisätä ja sitä pitää vähentää. Se on mahdollista toteuttaa hulevesien pintaimetyksen avulla.

Yksittäisessä tapauksessa Helsingissä ei ollut selvitetty haitta-aineiden lähteitä. Vapaasti saatavista, kaupungin ylläpitämistä tietokannoista tulee selvittää kaavoitettavan ja rakennettavan alueen maan käyttöhistoria, alueen aikaisempi toiminta haitta-aineselvityksien lähtötiedoksi ja maan käyttömuodon valinnaksi. Pilaantuneiden maa-alueiden kartoituksen lisäksi on huomioitava alueilla teollisuuden sivutuotteiden.

Hulevesien imeytyksestä on vielä vähän kokemuksia ja tutkittua tietoa, eikä voimassa oleva lainsäädäntö tue riittävästi luonnollisia hulevesien hallintaratkaisuja. Kaavoituksen avulla voidaan luoda imeytysmenetelmien käyttöedellytykset ja säilyttää luonnolliset valuma-alueet mahdollisesti ainakin osittain muuttamattomina. Imeytykseen liittyvä lopullinen päätös on kuitenkin tehtävä tonttikohtaisessa suunnittelussa. Asemakaavassa ja rakennuslupaehdoilla voidaan määrätä hulevettä imeytettäväksi vain, jos on tehty hulevesiselvitys, maaperätutkimukset ja tutkittu maanrakeisuuden, joiden perusteella hulevettä voidaan turvallisesti ja tehokkaasti imeyttää maaperään.

Imeytysmenetelmien käyttö on aina tapauskohtainen ratkaisu. Imeytysmenetelmien valinnassa pitää huomioida hulevesien laadun ja määrän vaikutukset ympäristöön. Sen lisäksi on tutkittava vaikutukset maaperän kantavuuteen ja rakennuksien perustuksille. Pintamenetelmien käytössä on huomioitava visuaaliset vaikutukset ja alueen viihtyvyys. Luonnolliset hulevesien hallintaratkaisut vaativat asukkaiden sopeutumista ja huoltoyhtiöiden ohjeistamista.

Imeytysmenetelmien käyttökustannuksista ei ole tällä hetkellä täsmällistä tietoa. Aiheesta ei ole tehty kustannushyötöanalyysiä. Imeytysmenetelmien toimivuutta ei ole tutkittu Suomessa pitkällä aikavälillä. Tämä hidastaa imeytysmenetelmien käyttöönottoa.

Opinnäytetyössä on tutkittu keinoja ja esitetty teknisiä ratkaisuja, mitkä mahdollistavat pohjaveden tason ylläpidon ja hulevesien palauttamisen takaisin luonnonkiertokulkuun tiheästi rakennetussa kaupunkiympäristössä. Se osoittaa

tämän olevan tärkeää kaikille kaupungin ekosysteemeille ja rakennetun ympäristön toimivuudelle. Tämä vaatii kuitenkin lisätutkimuksia. Pohjaveden muodostumisen säilyttämiseksi imeytysmenetelmien käyttö on kaupunkiympäristössä tällä hetkellä kuitenkin suositeltava ratkaisu.

LÄHTEET

Airaksinen, J. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Osakeyhtiö Kaleva.

Ajankohtaista pohjavesistä. 2013. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. Artikkelin [viitattu 25.04.2013]. Saatavissa:

<http://www.hel.fi/wps/portal/Kiinteistovirasto/Artikkeli?url=hki:path:/Kv/fi/maa-+ja+kallioper /ajankohtaista+tietoa+pohjavesist ¤t=true>

Backman, B., Lahermo, P., Väisänen, U., Paukola, T., Juntunen, R., Karhu, J., Pullinen, A., Rainio, H. & Tanskalainen, H. 1999. Geologian ja ihmisten toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969-1996. Tutkimusraportti, 147. Geologiantutkimuskeskus. Espoo: Vammalan Kirjapaino Oy.

Biopuhdistus.2013. Bioteknologia info. Saatavissa:

http://www.bioteknologia.info/etusivu/terveys/Biopuhdistus/fi_FI/Mita_biopuhdistus_on/

Britshgi, R., Antikainen, M., Tasa, J.,Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P. & Suomela, T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja. Satamala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Bonn, K. 2003. Ekologinen hulevesienkäsittely muissa Pohjoismaissa. 2003. Pohjanmaan liitto. Vaasa: Oy KEAB-Paper Ab.

Saatavissa:<http://www.obotnia.fi/fi/binaryviewer.aspx?MediaID=5828>

DeBusk, K., Hunt, W., Osmond, D. & Cope, G. 2009. Urban waterways. Water Quality of Rooftop Runoff: Implications for Residential Water Harvesting System. Agriculture & Life Sciences e-lehti. Artikkelin [viitattu 10.2009].

Saatavissa:

<http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/RooftopRunoff2009.pdf>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. 2000/60/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FI:HTML>

Haapa saastuneen maan puhdistajana. 2011. Suomen metsäntutkimuslaitos [Viitattu 07.10.2011]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/fytorem/>

Hallituksen esitys eduskunnalle vesihuoltolainsäädännön muuttamisesta.2013. Luonnos. Maa- ja metsätalousministeriö [viitattu 11.02.2013]. Saatavissa: <http://www.mmm.fi/attachments/mmm/lausuntopyynnot/6ELiAUfg4/HE-luonnos.pdf>

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Tutkimusraportti, 150. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.

Helsingin kaupungin Hulevesistrategia. 2008. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2008:9. Katu- ja puisto-osasto. Saatavissa: www.hel.fi/static/hkr/.../hulevesistrategia_2008_9.pdf

Hinman, C. 2005. Low impact development. Technical guidance manual for Puget sound. Puget Sound Action Team. Washington State University Pierce County Extension. Saatavissa: http://www.psparchives.com/publications/our_work/stormwater/lid/LID_manual2005.pdf

Hulevesiopas. 2012. Suomen kuntaliitto. Helsinki. Saatavissa: http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/yty/hulevesien_hallinta/Sivut/default.aspx

Hulevesityöryhmä. 2007. Hulevesienhallinta-esiselvitysorganisointimalleista. Loppuraportti. Sunnitelukeskus Oy. Saatavissa: http://www.vvy.fi/files/90/loppuraportti_liitteinen.pdf

Helene Lund, K.V. 1974. Maarakennusmekaniikka. Painos 4. Otakustantamo.

Ikonen, A., Kaipainen, L., Sutinen, E. & Tikkala, M. 2012. Pääkaupunkiseudulle tyypillisiä ympäristöongelmia. Ympäristökatsaus. Johdatus monitieteellisiin ympäristöopintoihin. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=30884>

Karvonen, A., Salminen, P., Silvo, K., Virtanen, V., Kulovaara, M., Palosaari, M., Blomgren, K-E., Vahala, R., Mattila, J., Virtanen, M., Vanhanen, R., Ruokanen, L., Londesborough, S., Mehtonen, J. & Räsänen, S. 2005. Vesiympäristölle haitalliset ja vaaralliset aineet pintavesissä. Vesiensuojeludirektiivien tarkoittamien haitallisten aineiden ja prioriteettiaineiden toimeenpanoa valmistelewan työryhmän mietintö. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=36362>

Kauppi, S. & Porkka, P. 2011. Öljyn luonnonmukainen puhdistus tehokkainta havumetsämaassa. Tiedote. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta. Saatavissa:

http://www.helsinki.fi/bio/ajankohtaista/2011/kaupin_vaitos.html

Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia-valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Koetutkimus. Osa 2. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Espoo. Saatavissa: <http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-8.pdf>

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. 1299/2004. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>

Luontainen biohajoaminen. 2013. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. Artikkelit [viitattu 06.10.2013]. Saatavissa: [http://fi.wikipedia.org/wiki/Luontainen biohajoaminen](http://fi.wikipedia.org/wiki/Luontainen_biohajoaminen)

Lingros, P. 2008. Ympäristögeotekniikan perusteet. Opintomateriaalit. Saatavissa: www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=72843&cc=3&refid=5

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 132/1999. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Maannos. 2013. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. Artikkelit [viitattu 10.09.2013]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Maannos>

Mattila, H. 2013. Johtaako hajakuormitus-käsite romukoppaan? Vesitalous. 3/2013, 37-39.

Mikrobit ja sienet töissä. Bioteknologian info. Saatavissa:

http://www.bioteknologia.info/etusivu/terveys/Biopuhdistus/fi_FI/Mikrobit_ja_sienet_toissa/

Mitä vesianalyysitulokset kertovat? 2013. Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Tiedote [viitattu 29.10.2013]. Saatavissa:

<http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/vesianalyysit.html>

Nurmi, P., 2001. Sadevesiviemärien vedenlaatu. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita. Helsinki, 8/2001. Saatavissa:

http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/76cf0f804a14df648291e6b546fc4d01/moniste08_01.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=76cf0f804a14df648291e6b546fc4d01

Nyberg, R. 2009. Hulevesistä huolehtiminen. Rakennettu ympäristö.1/2009, 306-31.

Okkonen, J. & Klöve, B. 2010. Ilmaston vaihtelun vaikutuksia pohjavesiin. Vesitalous. 5/2010, 14-17.

Palmroth, M. 2013. Fytoremediaatio maaperän kunnostuksessa. Tampereen tekninen yliopisto. Saatavissa:

http://www.rimaproject.eu/pdf/Marja_Palmroth.pdf

Penttinen, R. 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus. Yleisimpien menetelmien esittely. 227. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12461>

Pohjavesi. Geologian tutkimuskeskus. Saatavissa:

<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>

Pohjavesigeologia, eil hydrogeologia. 2007. Muistiannot. Oulun yliopisto, geotieteiden laitos. Saatavissa: <http://cc.oulu.fi/~geolwww/dokumentit/>

Pohjavedensuojelu. Suomen ympäristökeskus. Artikkelit [viitattu 26.06.2012].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=480&lan=fi>

Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for

Pollution Prevention, Control and Remediation. Newsletter and Technical

Publications Freshwater Management Series No. 2. The National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI). Saatavissa:

<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS2/2.asp>

Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa. 1978. Geoteknillisen toimiston tiedote 10. Helsingin kaupungin geoteknillinentoimisto.

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäminen.

Suomen ympäristö. 23/2007. Suomen ympäristökeskus. Helsinki .

Saatavissa:<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=75020>

Svanström, T. & Raudasmaa, P. 1998. Pohavesi Helsingin kaupungin ympäristössä: esiintyminen, käyttö, suojeleminen ja vaikutus rakentamiseen. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, geoteknisen osaston julkaisuja. 78/1998.

Tarkkala, J. 2002. Helsingin Yleiskaava-alueen 2002, vaikutusten arviointi.

Vaikutukset pintavesiin ja maaperään. Helsingin kaupungin suunniteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä, 2002:9. [viitattu 13.10.2001]. Saatavissa:

<http://www.hel.fi/static/ksv/www/yk2002/Vaikutukset%20pintavesiin%20ja%20maapern%20Arvio8.pdf>

Tornivaara-Ruikka, R. 2006. Hulevesien käsittely maankäytönsuunnittelussa.

Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja. 3/2006. Uudenmaan ympäristökeskus. Helsinki.

Tornivaara-Ruikka, R. 2011. Kaavoituksella hulevedet hallintaan. Vesitalous. 2/2011, 7-10.

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta 341/2009. Annettu Helsingissä 20.05.2009

Valuma-alue. 2013. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/?node=9583&lan=fi>

Vieninen, S., Orvomaa, M. & Rintala, J. 2012. Ilmastomuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Vesitalous. 6/2012, 16-19.

Visanti, M. 2007. Alppikylän asemakaava. Artikkel. Rakennettu ympäristö.

Rakennustieto. Saatavissa:

http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P_115.html

Vesihoidolaki 119/2001. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

Venäläinen, A., Johansson, M., Kersalo, J., Gredow, H., Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Neitiniemi-Upola, L., Tietäväinen, H. & Pimenoff, N. 2010. Ilmastotietoja ja ó skenaarioita pääkaupunkiseudun ilmastonmuutoksen sopeutumishjelmaa varten.

Ilmatieteenlaitos. Baltican organisation julkasuja. Saatavissa:

http://www.baltica.org/documents/IlmastotietojaJaSkenaarioita_logo.pdf

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>

Kuvalähteet:

Airaksinen, J. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu. Osakeyhtiö Kaleva.

Savanström, T. & Raudasmaa, P. 1998. Pohjavesi Helsingin kaupunkiympäristössä: esiintyminen, käyttö, suojeleminen ja vaikutus rakentamiseen. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, geoteknisen osaston julkaisuja. 78/1998.

Pohjaveden laatu ja määrä. Pohjaveden virtaus. Suomen ympäristökeskus. [viitattu: 29.09.2008]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6688&lan=fi#a0>

Pohjaveden tason keskiarvo. Mitattu Helsingin rautatieasemalla. Helsingin kaupunki, kiinteistövirasto. 2013. Saatavissa:

<http://www.hel.fi/wps/portal/Kiinteistovirasto/Artikkeli?urile=hki:path:/Kv/fi/maa-+ja+kallioper /ajankohtaista+tietoa+pohjavesist ¤t=true#>

Penttinen, R. 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus. Yleisimpien menetelmien esittely. 227. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12461>

Raudasmaa, P. 2005. Riskiperustukset ja pohjavesi ovat erityisuojelelussa. Kiviset. 1/2005. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. Saatavissa:

http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/04ca4a004a1561d5a6f6e6b546fc4d01/Kiviset_web.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=04ca4a004a1561d5a6f6e6b546fc4d01

Alppikylä. Rakentamistapaohjeet. 2007. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. Asemakaavaosasto. 31.05.2007. Saatavissa:

http://www.hel.fi/hel2/ksv/Rakentamistapaohjeet/pdf/Alppikyla_2007.pdf

Haapanala, A., Laine, R., Lunden, T., Pitkäranta, H., Rätikäinen, E., Saarinen, T., Salmi, R-L & Sippola-Aho, T. 2003. Yleiskaavamerkinnot ja määräykset. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000. Opas 11. Ympäristöministeriö, alueiden käytösasto. Edita Prima Oy, Helsinki. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=5841>

Hulevesien hallintasuunnitelma. 41-295, tontti 2, 3 ja 4. 2013. NCC-RakennusOy.

LIITTEET

LIITE 1. VEHA- asetuksen liite 7A. Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristönormit.

LIITE 2. Alppikylän asemakaava. Helsingin kaupungin kaavoitusosasto.

LIITE 3. Hulevesien hallintasuunnitelma. Asunto Oy Helsingin Alppirinne.

LIITE 4. Hulevesien hallintasuunnitelma. Asunto Oy Helsingin Alppirivi.

LIITE 5. Hulevesien hallintasuunnitelma.. Asunto Oy Helsingin Alppirivi. Puisto.

Liite1

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta. Liite 7A

A) Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristölaatu­normit¹

Aine	Pohjaveden ympäristölaatu­normi	Yksikkö
1. Nitraatit	50	mg/l
2. Torjunta-aineiden vaikuttavat aineet ja niiden (merkitykselliset) aineenvaihdunta-, hajoamis- tai reaktiotuotteet	0,1	g/l
	0,5 yhteensä ²	g/l
3. Bentseeni	0.5	g/l
4. Tolueneeni	12	g/l
5. Etyylibentseeni	1	g/l
6. Ksyleenit (orto-, meta- ja paraksyleeni)	10	g/l
7. Antraseeni	60	g/l
8. Naftaleeni	1.3	g/l
9. Bentso(a)pyreeni	0.005	g/l
10. Bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni	0.05	g/l
11. PCB-yhdisteet (kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180)	0.015	g/l
12. Trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni	5	g/l
13. 1,2-dikloorieteeni	25	g/l
14. 1,2-dikloorietaani	1.5	g/l
15. Dikloorimetaani (metyleenikloridi)	10	g/l
16. Vinyylkloridi (kloorieteeni)	0.15	g/l
17. Hiilitetrakloridi	2	g/l
18. Kloroformi (trikloorimetaani)	100	g/l
19. Klooribentseeni	3	g/l
20. 1,2-diklooribentseeni	0.3	g/l
21. 1,4-diklooribentseeni	0.1	g/l
22. Triklooribentseeni (1,2,3-, 1,2,4- ja 1,3,5- triklooribentseeni)	2.5	g/l
23. Pentaklooribentseeni	1.2	g/l
24. Heksaklooribentseeni	0.024	g/l
25. Monokloorifenolit	0.05	g/l
26. Dikloorifenolit	2.7	g/l
27. Tri-, tetra- ja pentakloorifenoli	5	g/l
28. MTBE (metyyli-tert-butyylietteri)	7.5	g/l
29. TAME (tert-amyyylimetyylieetteri)	60	g/l

30. Öljyjakeet (C10-40)	50	g/l
31. Elohopea	0.06	g/l
32. Kadmium	0.4	g/l
33. Koboltti	2	g/l
34. Kromi	10	g/l
35. Kupari	20	g/l
36. Lyijy	5	g/l
37. Nikkeli	10	g/l
38. Sinkki	60	g/l
39. Antimoni	2.5	g/l
40. Arseeni	5	g/l
41. Ammonium NH ₄ ⁺	0.25 (NH ₄ ⁺)	mg/l
tai Ammoniumtyppi NH ₄ N	0.20 (NH ₄ N)	mg/l
42. Kloridi	25	mg/l
43. Sulfaatti	150	mg/l

¹ *Pohjaveden ympäristölaatunormilla* tarkoitetaan tässä asetuksessa sekä yhteisön tasolla vahvistettua pilaavan aineen, pilaavien aineiden ryhmän tai pilaantumisen indikaattorin pitoisuutta pohjavedessä ilmaistuna laatunormina, jota ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ei saa ylittää sekä kansallisesti vahvistettua direktiivin 2006/118/EY artikkelissa 2 kohdassa 2 tarkoitettua raja-arvoa.

²Yhteensä tarkoittaa kaikkien seurannassa havaittujen ja mitattujen yksittäisten torjunta-aineiden summaa mukaan luettuna niiden merkitykselliset aineenvaihdunta-, hajoamis- tai reaktiotuotteet



1320/16.12.2004

ASEMAKÄYNNÄRNÄÄ KÄYNNÄKSET

- AK Asuinalueen korttelit.
A-1 Asuinalueen korttelit.
A-2 Asuinalueen korttelit.
AH Asuinalueen korttelit.
ATY Asuinalueen korttelit.
AS Asuinalueen korttelit.
PL Lähiviihdytysalueen korttelit.
K Uike- ja risteyskauden korttelit.
KTY Risteyskauden korttelit.
LPA Asuinalueen korttelit.
EV Suojelualueen korttelit.

DETAJLIPANEETINEN OCH BESTÄMMELSER

- Korttelin osittainen rakentaminen.
Korttelin osittainen rakentaminen.
Korttelin osittainen rakentaminen.
Korttelin osittainen rakentaminen.
Korttelin osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

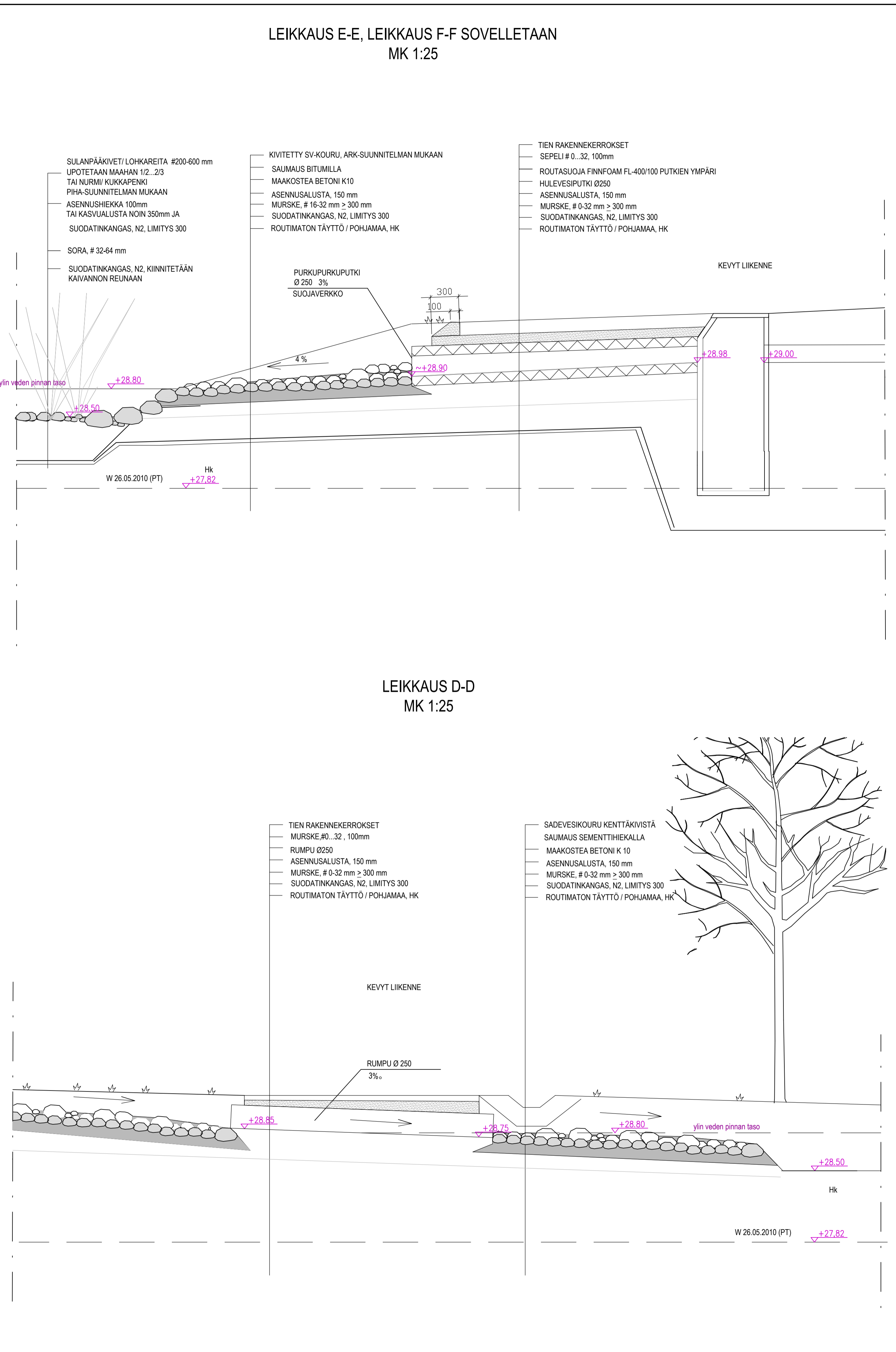
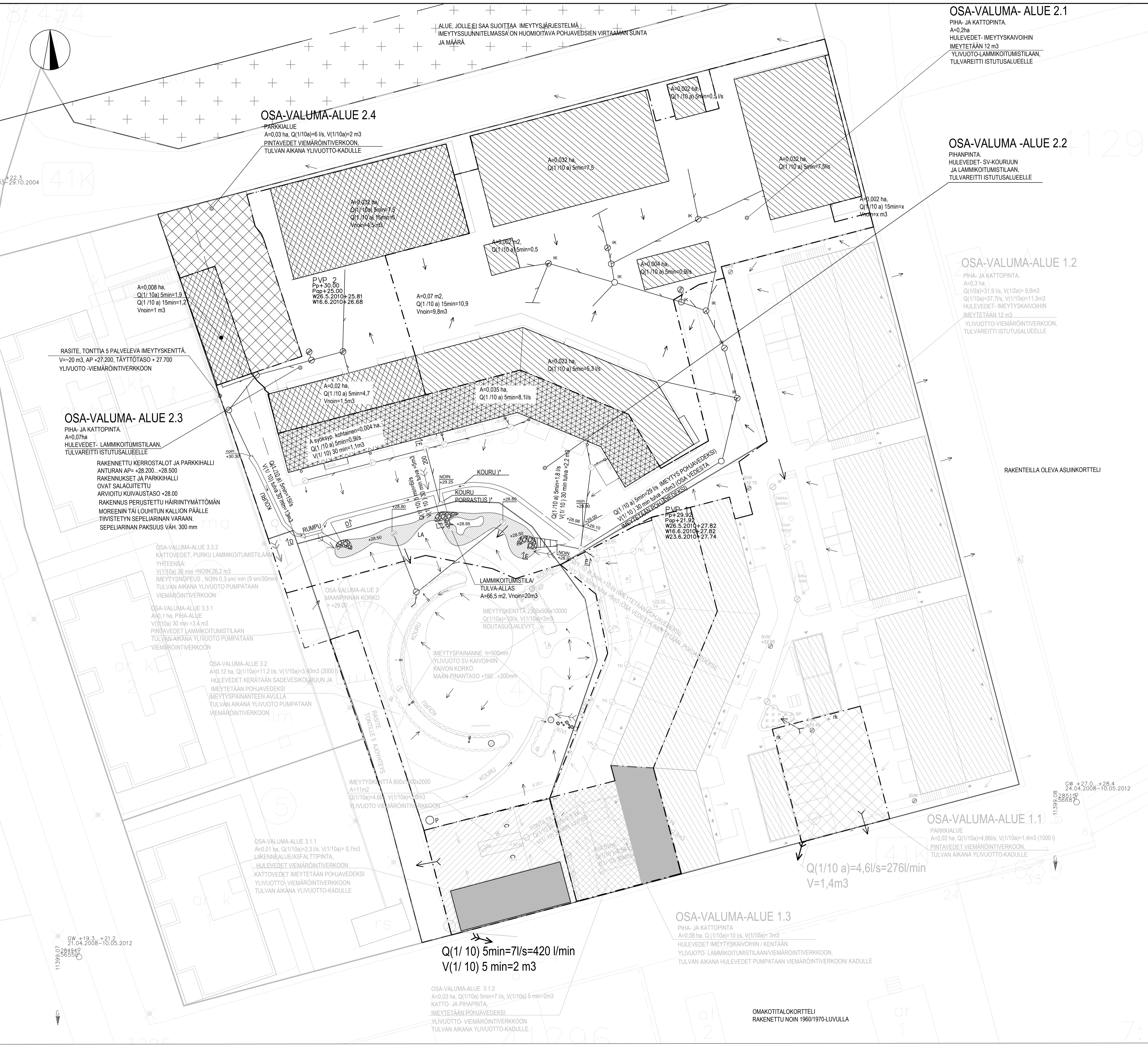
- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.

ASUINKERÄYKSIEN I-1, A-2, A-3 JA ASUIN- JA TYÖPAIKKAKERÄYKSEN ATY KORTTELIALUEET

- Yleistä
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.
Asuinalueen osittainen rakentaminen.



HULEVESIEN HALLINTAMENETELMÄT

Hulevesien luonnollinen hallintamenetelmä Valtakunnan hulevesistrategian mukaan edellyttää ensisijaisesti hulevesien muodostumisen ehkäisyä ja luonnollisista käsitteistä. Hulevesien hallinnassa pitää kiittää hulevesien ja kuuvausvesien pumppaamista. Alue sijaitsee 1 luokan yhdyskunnan vedenhankinnan kannalta tärkeällä pohjavesialueella ja hulevesisuunnitelma on tehty Helsingin rakennusvalvontaviraston Pohjavesialue rakentamistapaohjeiden mukaan.

Tontilla hulevesien ehkäisymenetelmänä pitää olla viher- ja veden läpäisevä pintaa (lunsaasti kasvillisuutta). Suositellaan myös käyttämään kasvillisuutta hulevesien hallinnassa, esim. vettä hyvin läpäisevää perenna- / pensas- alueet voivat pidättää sadetta, ennen veden johtamista kaivoihin). Maaperäolosuhteet huomioiden tontille pystyy imeyttämään pohjavedeksi kerran kahdessa vuodessa toistuvan rankkasateen vain länsi- / etelä-osalla ja osittain tontin pohjoispuolella jossa on todettu liigu-savillisin tasolla +30,8. Kairaus tutkimuksen perusteella koko tontti 2 alue sijaitsee hakuuveytyshyökkäällä (rikkimäinen kalli) +26,00, +13,00 syvyydessä. Pohjaveden valuat syvin kohtaan kautta pohjoiseen tai etelään.

Imeytyskaivojen alapinta pitää olla pohjaveden pinnan yläpuolella ja salaajan tason alapuolella.

Rakennuksen tiivis sijainti huomioiden tontilla ei suositella käytettäväksi laajoja maanalaista imeytysmenetelmiä hulevesihallinnassa. Yhdellä alueella keskittyneet maanalaisten imeytyskentät pohjaveden nousun yhteydessä voivat aiheuttaa hulevesien pääsyn salaaja- ja imeytyskentään. Rakennetuilla tontilla syntyneet hulevedet käsitellään kolmella tavalla: haidutetaan, johdetaan ja imeytetään maahan. Tontti on jaettu kolmannelle osa-valuma-alueeksi, joissa pyritään mahdollisesti säilyttämään luonnolliset (nykyiset) hulevesien valumareitit.

- Keskimääräinen valumiskerron rakennetun tontin osalta on 0,54...0,6 (katto- ja asfalttipinnat -1).

Valuma-alue	A (ha)	k	1/2a	1/10a	30 min. tulva
			197 (l/(s*ha))	233 (l/(s*ha))	156 (l/(s*ha))
			5 min	5 min	5 min
2.1	0,2	0,60	-	29	9
2.2	0,15	0,6	-	20,9	6,2
2.3	0,07	0,6	-	8,8	2,6
2.4	0,03	0,9	-	6,2	1,8
Yhteensä	0,1	-	-	-	-

Tauluko 1. Hulevesien määrä rakennetun tontin osa-valuma-alueella.

Osa-valuma-alue 2/1.
Katto- ja pintavedet imeytetään viivytetään imeytyskaivojen avulla. Yliuutto lammitusmuuttamilla. Vettä läpäisevät kerrokset (savilinsi) ulottuvat noin 2...4 m syvyyteen, tasolla +28,0 ja pohjaveden pinta on tasolla noin +27,82. Imeytyspaikat on valittu maaperän olosuhteet ja pohjavedenkorkuus huomioiden. Imeytyskaivojen sakkapään on oltava V=800l. Tulvareitti järjestetään istutuskaistaan.

Osa-valuma-alue 2/2.
Katto- ja pintavedet liitetään lammitusmuuttamilla (tontilla 4.), joka palvelee myös tontti 3 tulvan aikana. Alas on mietittävää lammitusmuuttaman 20 m³ (A=65,5 m²) jota vastaa kerran kymmenessä vuodessa (1/10a) 12 h aikana satanut veden määrästä (V/10a 12h=20m³). Yliuutto pumpataan viemärintiverkkoon. Arvioitu pumppaa tarve, ympäristömuutoksen huomioon ottaen kerran kahdessa / viidessä vuodessa. Lammitusmuuttamilla läheisyyteen istutetaan runsaasti vettä käyttäviä kasveja ja sen avulla haidutetaan maahan imeytyviä pintavesiä (esim. kovu). Riskien arviointi: Myrskyn aikana sakkakaton yhteydessä vettä seisoo yleisellä alueella, eikä aiheudu haittaa rakennuksen perustuksille eikä alapohjalle.

Osa-valuma-alue 2/3.
Katto- ja pintavedet kerätään sv- kaivoihin ja viivytetään sadevesikouruilla. Purku-lammitusmuuttamilla (tontilla 4.).

Osa-valuma-alue 2/4.
Pintavesiä liitetään kaupungin verkostoon (hulevesijärjestelmä). Sadevesikaivojen suunnittelussa on noudatettava Helsingin Pohjavesialue rakentamistapaohjeet. Tulvareitti järjestetään kadulle.

YHTEENVETO

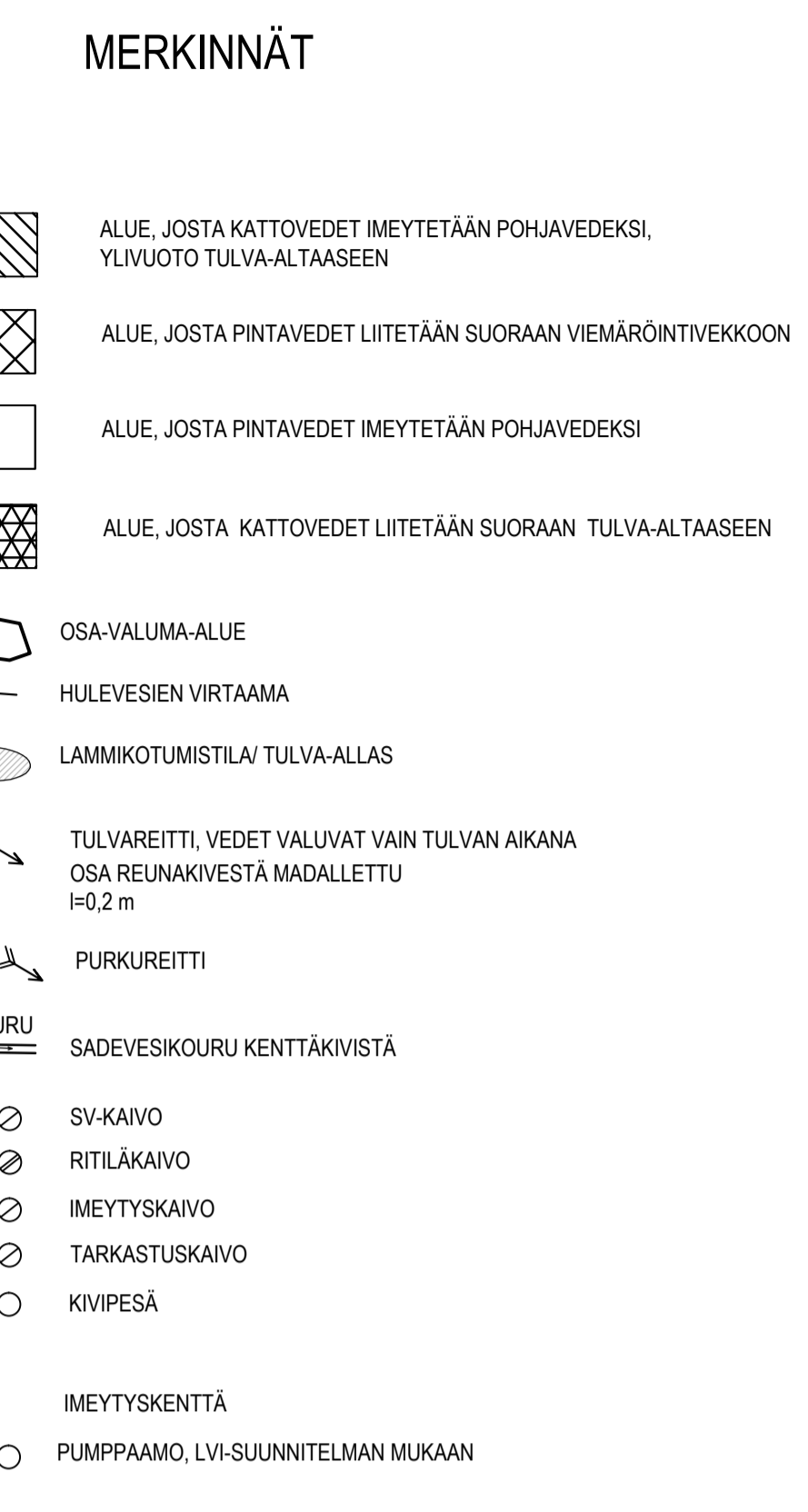
Hulevesien vähentämismenetelmillä saavutetaan tuloksen perusteella viemärintiverkkoon johdetaan 1/10 a-1,8m³ ja tulvan aikana - 30 m³.

Valuma-alue	V(m ³), 1/10a	V(m ³), 30 minuutin tulva
2.1, 2.2 ja 2.3	233 (l/(s*ha))	22
2.4	1,8	7,6

Tauluko 2. Hulevesien määrä rakennetun tontin osa-valuma-alueella rakennusmenetelmien jälkeen.

Rankkasateen aikana (1/10a) lasketaan kaupungin viemärintonin Alppijärnkujan kohdalla 6,2 l/s. Tulvan aikana ylivuodet johdetaan lähellä olevaan kaupungin viemärintiverkkoon 30 m³. Liittymän paikka ja veden määrä tulvan aikana on esitetty piirustuksessa.

Hulevesien imeytymisen tulee toteutua siten, ettei sillä aiheudu haittaa rakennuksen perustuksille eikä alapohjalle. Hulevesien hallinta ei myöskään saa merkittävästi aiheuttaa rakennuskustannuksia. Hulevesien varastointia tontille ei suositella käytettäväksi rakennuskustannuksien kasvamisen vuoksi. Rakennuksen, sadevesikaivojen ja liittymän korkeusarvot on suunniteltu tämän mukaan.



KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ N43

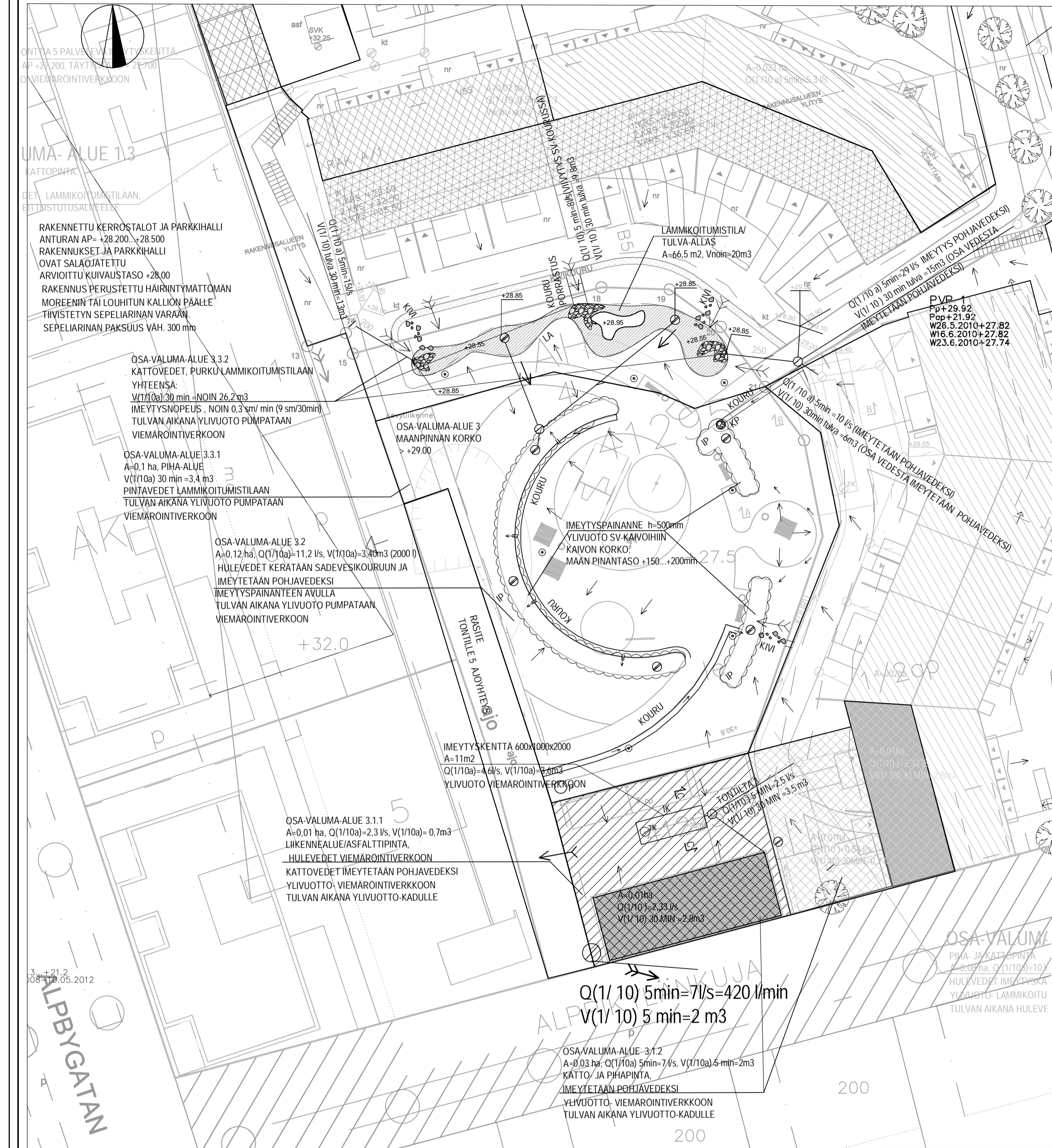
LIITE 2

RATU 60483, 60484, 60485, 60486

K.osa/Kylä	Kortti/Tila	Tontti/Reo	Vironalaisen arkitointinormin 2000 varten
41	295	2	41-3691-12-A
Rakennusluvanhakija	Rakennus	Rakennuspiirustus	
Rakennuksen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
AS OY HELSINGIN ALPPIRINNE		HULEVESIEN HALLINTA-SUUNNITELMA	1:250
		Suunnittelija	Työn numero ja piirustuksen numero
		GEO	11115.930

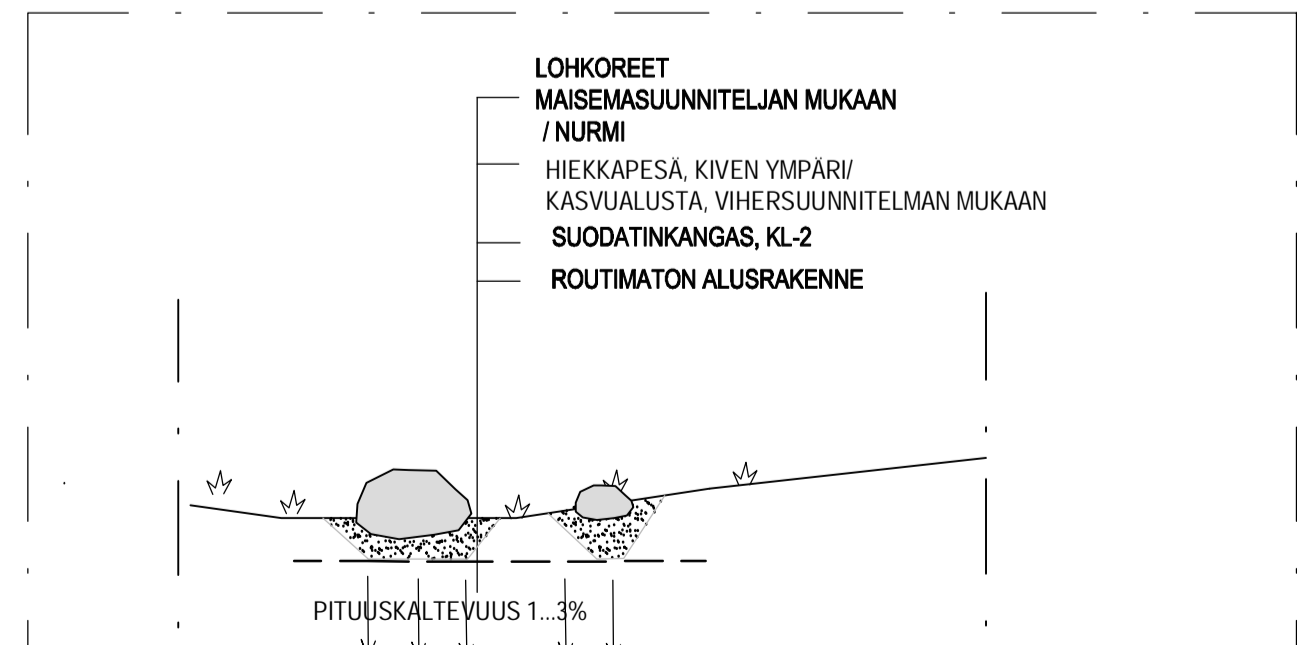
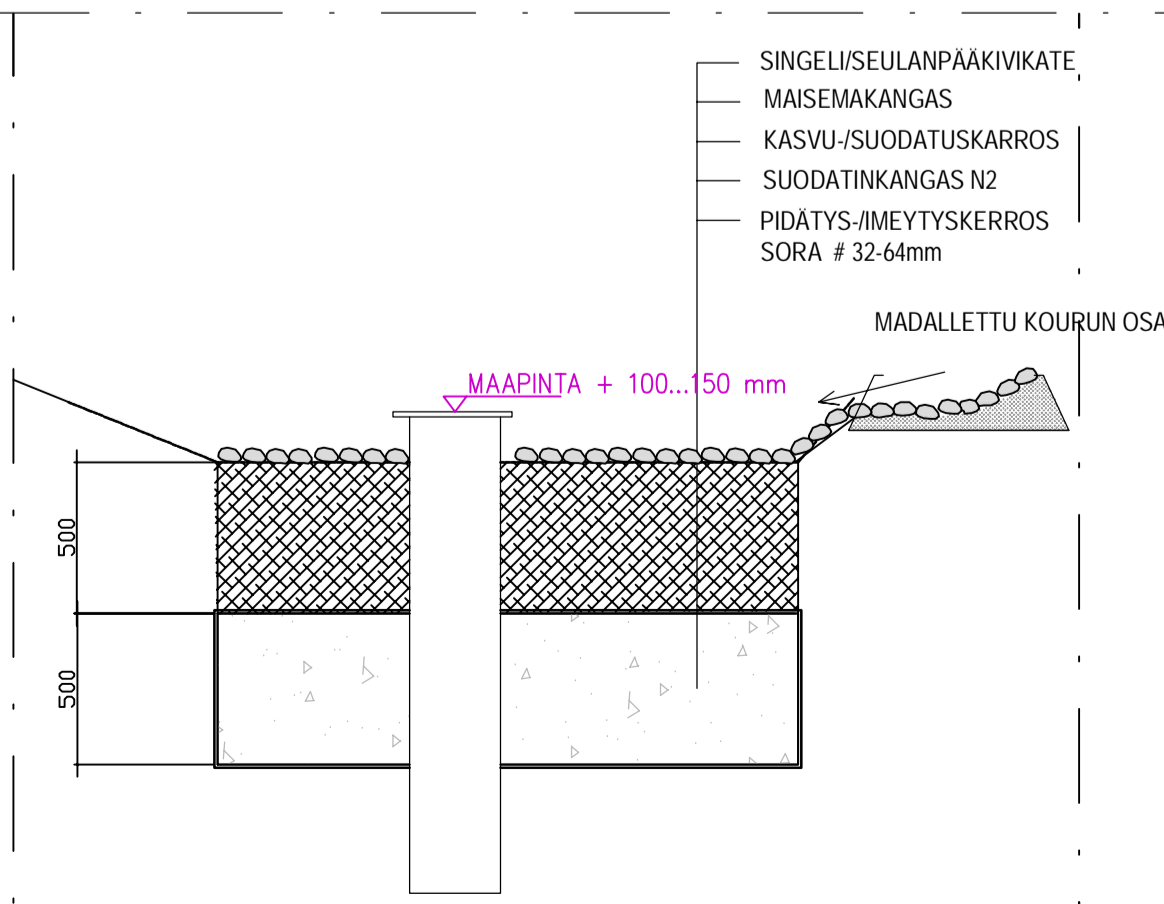
Insiinööri-toimisto POHJATEKNIikka OY
Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-477510 Fax 09-4775111
Email: pohjateknikka@pohjateknikka.fi http://www.pohjateknikka.fi

Pvm: 31.05.2013 Turku: SF S.Fedorovo, ins. J.Pulkka, Di

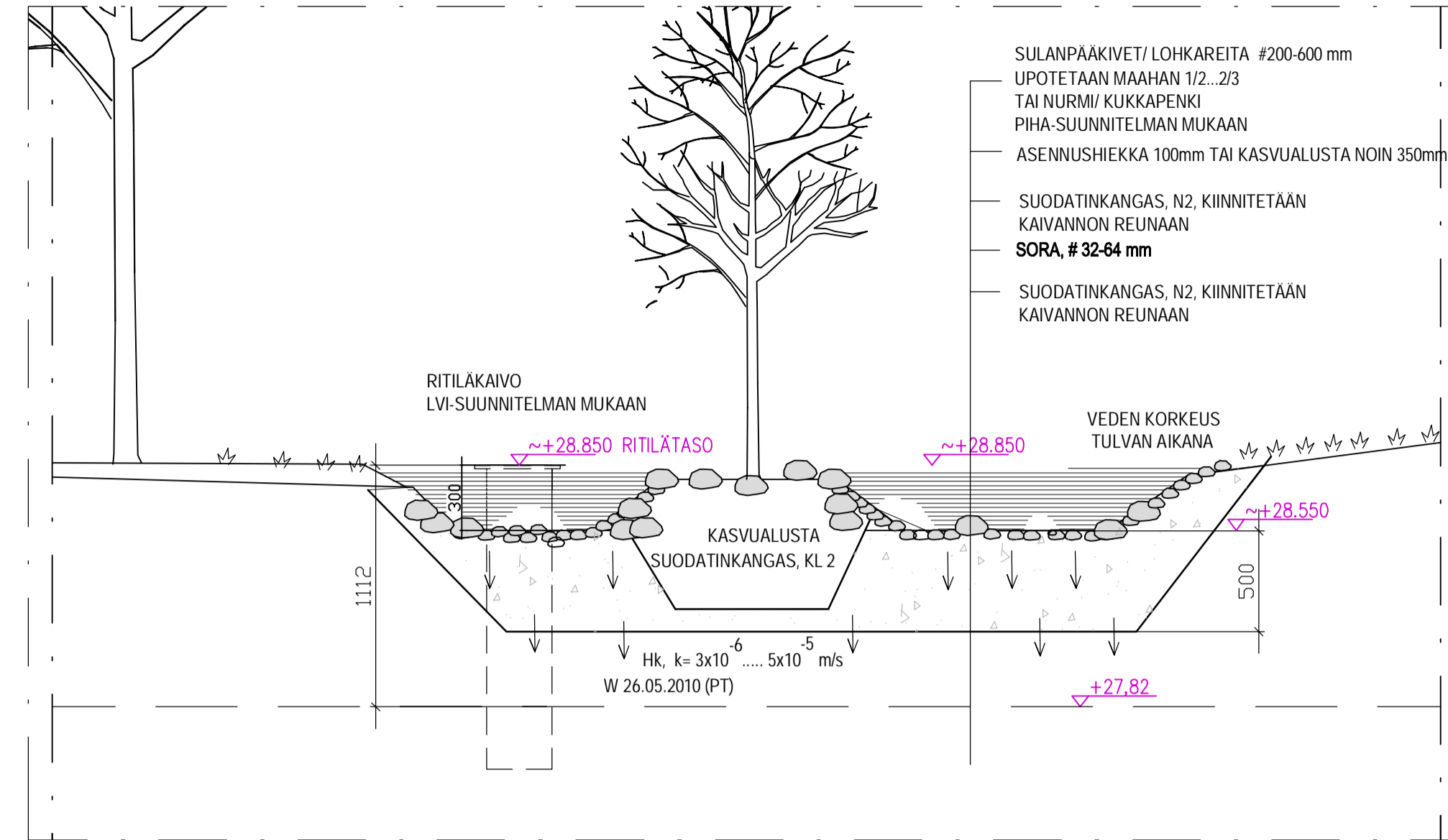


IMEYTYSPAINANNE. PERIAATERATKAISU. MK 1:25

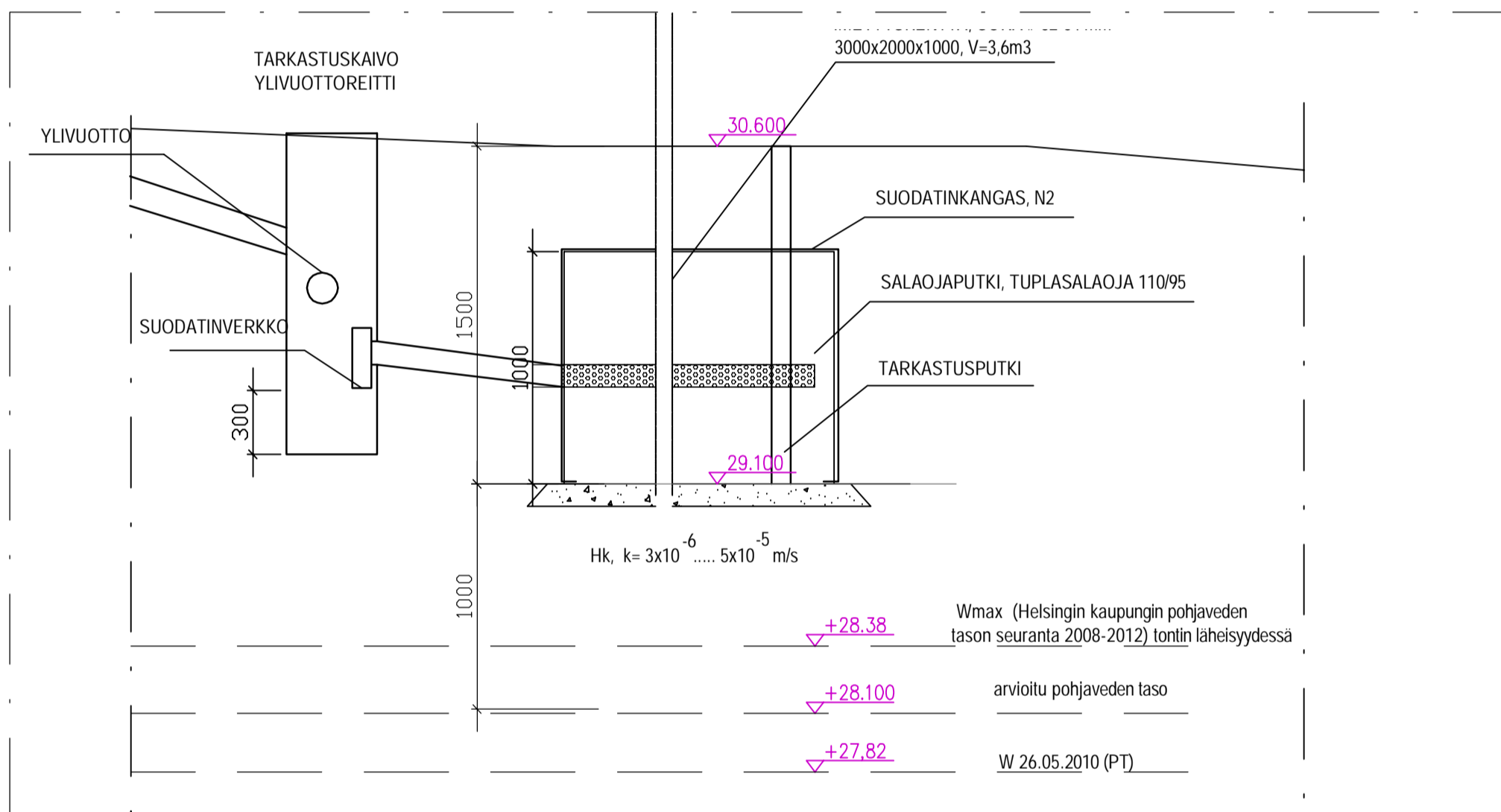
VESIAIHETTA MUISTUTTAVA YLIVUOTOREITI. PERIAATELEIKKAUS. MK 1:25



TULVA-ALLAS. PERIAATERATKAISU. MK 1:25



LEIKKAUS C-C MK 1:25



HULEVESIEN HALLINTAMENETLMÄT

- Hulevesien luonnollinen hallintamenetelmä Valtakunnan hulevesistrategian mukaan edellyttää ensisijaisesti hulevesien muodostumisen ehkäisyä ja luonnollisten prosessien hallintaa.
- Tontilla hulevesien ehkäisymenettämällä pitää olla viher- ja veden läpiseivä pintoja (runsasasti kasvillisuutta).
- Rakennetulla tontilla syntyneet hulevedet käsitellään kolmella tavalla: haidutetaan, johdetaan ja imeytetään maahan.
- Valumiskerrin rakennetun tontin osalta on 0,4(puistoalue) ja 1 (katto- ja asfalttipinta).

Osa-aluealue 3/1. Pintaveä liitetään kaupungin verkostoon (hulevesijärjestelmä) myöskin tulvan aikana. Sadevesikaivojen suunnittelussa on noudatettava Helsingin Pohjavesialue rakentamispohjoitusta.

Osa-aluealue 3/2. Pintaveä kerätään kivettyyn sadevesikouruun ja imeytetään pohjaveksi imeytyspaineiden avulla. Imeytyspaineet ovat mitoitettu vastaantamaan 1/10a viiden minuutin rankasteen.

Valuma-alue	A (ha)	k	1/2a 197(V/(s*ha))	1/10a, 233(V/(s*ha))	30 min. tulva, 150(V/(s*ha))
			Q(l/s)	Q(l/s)	Q(l/s)
3.1.1 asf	0,01	1	-	2,3	0,7
3.1.2 katto	0,03	0,3	17	2,3*	1)*
3.2 pih	0,12	0,3	7	2,1	-
3.3.1 pih	0,1	0,3	-	-	-
3.3.2 -	-	1	-	-	-
Rasite	0,02	-	-	-	26)**

Taulukko 1. Hulevesien määrä rakennetun tontin osa-aluealueella.

*) Katto- ja pihavedet tontilla 3. **) Katovedet tontilla 3 ja 4.

MERKINNÄT

- ALUE, JOSTA KATTOVEDET IMEYTETÄÄN POHJAVEDEKSI, YLIVUOTO VIEMÄRÖINTIVERKKOON
- ALUE, JOSTA PINTAVEDET LIITETÄÄN SUORAAN VIEMÄRÖINTIVERKKOON
- OSA-VALUMA-ALUE
- HULEVESIEN VIRTAAAMA
- LAMMIKOTUMISTILA / TULVA-ALLAS
- TULVA-REITTI, VEDET VALUVAT VAIN TULVAN AIKANA OSA-REUNAKANGASTA MADALLETTU l=0,2 m
- PURKUREITTI
- KOURLU SADEVESIKOURLU KENTTÄKIVISTÄ
- KIVI VESIAIHETTA MUISTUTTAVA TULVA / PURKUREITTI
- SV-KAIVO
- RITILÄKAIVO
- IK IMEYTYSKAIVO
- TK TARKASTUSKAIVO
- P PUMPPAAMO
- KP KIVIPESÄ
- IMEYTYSKENTTÄ
- IMEYTYSPAINANNE
- LOHKAREET # 300...400mm + VETTÄ PIDÄTTÄVÄ GEOTEKSIILI

HUOM:

- MAANPINNANMUOTO JA SADEVESIKAIVOT -PIHATASUUNNITELMAN MUKAAN
- ALUEEN POHJAMAALAJI TARKISTETAAN TYOMAALLA
- ROUTASUOJATAAN, JOS PUTKIEN ETÄISYYS MAANPINNASTA ALLE 1600mm, FINNFOAM FL 400, 150 mm
- SVK, PUTKET JA LIITYMÄT LVI-SUUNNITELMAN MUKAAN, MITOITUS TAUKUKON 1 MUKAAN RANKKASATEEN MUKAAN (KTS. HULEVESISELOSTUS)
- SVK-VARUSTETAAN HIEKANEROTTIMELLA, LVI-SUUNNITELMAN MUKAAN
- KAIKKI MITAT JA KOROT TARKISTETAAN PAIKAN PÄÄLLÄ
- KAIKKI MITAT JA KOROT TARKISTETAAN PAIKAN PÄÄLLÄ
- LAMMIKOTUMISTILAN PURKUPUTKEN RAKENNE KTS. TONTTI 2 HULEVESISUUNNITELMA

KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ N43

LIITE 2

K.osa/Kylä 41	Kortteli/Tila 295	Tontti/Rno 4	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten
Rakennusohjelmaj UUDISRÄKENNUS		Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
NCC RAKENNUS OY AS OY HELSINGIN ALPPIRIVI	HULEVESIEN HALLINTA-SUUNNITELMA		1:250 1:25
PUISTO Helsinki	Suunnittelu	Työn numero ja piirustuksen numero	GEO 11115.910
Insinööri-Instituutti POHJATEKNIikka OY Nuujamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-4777511 Email: pohjateknikka@pohjateknikka.fi http://www.pohjateknikka.fi			
Päiv. 14.01.2013	Tark. SF	Piir. SF	Suun. S.Fedorova, YAMK
			Hyt. S.Röömö, DI