

LAHDEN KAUPUNKI JA LAHTI AQUA OY
Lahten hulevesijärjestelmän tulvariskien alustava arviointi

Sisältö

1	JOHDANTO	1
2	HULEVESIJÄRJESTELMÄN SIMULOINTIMALLIN KUVAUS	1
2.1	Hydraulinen verkostomalli	1
2.2	Sadanta-valuntamalli.....	2
2.3	Pintamalli	3
2.4	Mitoitussateet	3
3	MALLINNUSTULOKSET.....	4
3.1	Maksimivirtaama	4
3.2	Maksimikapasiteetti.....	5
3.3	Välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$)	5
3.4	Tulvivat kaivot.....	5
3.5	Tulvariskikartoitus	5
4	TULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI	6
5	YHTEENVETO	6

Liitteet

- Liite 1 Lahden hulevesiverkostomalli, A0
- Liite 2 Pintavaluntakertoimet, A0
- Liite 3 Pituusprofiilit, A3
- Liite 4 Putken maksimivirtaama keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, A0
- Liite 5 Putken maksimikapasiteetti, A0
- Liite 6 Putken välityskyky keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, A0
- Liite 7 Tulvivat kaivot, A0
- Liite 8 Tulvakartta, A0
- Liite 9 Maanpinnan virtausreitit, A0
- Liite 10 Verkkotietoaineiston eheytyksen periaatteet

Alkuperäinen versio	19.12.2018 / Ulla Sihvola , Terhi Renko	19.12.2018/ Terhi Renko	19.12.2018/ Terhi Renko	Alkuperäinen kopio
	Päiväys/Laatija	Päiväys/Tarkastanut	Päiväys/Hyväksynyt	Huomautukset

Copyright © Pöyry Finland Oy

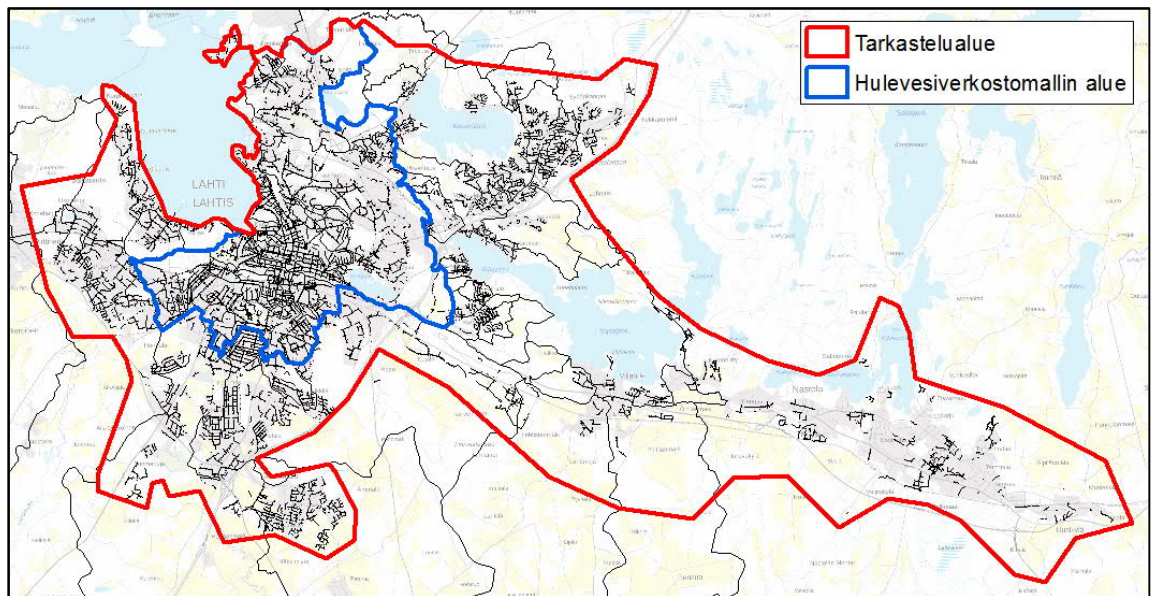
Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

1 JOHDANTO

Tässä selvityksessä tehtiin Lahden kaupungin alueelle tulvariskien alustava arviointi. Työssä laadittiin hulevesiverkostomalli Lahden kaupungin keskusta-alueelle verkkotieto- ja oja-aineiston pohjalta käyttämällä DHI:n (Danish Hydrological Institute) MIKE-sarjan mallinnusohjelmia. Mallinnustulosten perusteella analysoitiin verkoston toimintaa ja määritettiin tulvariskikohteet. Verkostomallin ulkopuolisilla alueilla määritettiin tulvaherkät alueet painanneanalyysillä.

Tarkastelualue kattaa kokonaisuudessaan noin 172 km² alueen ja hulevesiverkostomallialue noin 32 km² alueen (kuva 1). Valittu tarkastelualue kattaa suunnilleen Lahden kaupungin alueet, joilla on asemakaava-aluetta ja huleveden viemäröntialuetta.



Kuva 1. Tarkastelualue

2 HULEVESIJÄRJESTELMÄN SIMULOINTIMALLIN KUVAUS

Hulevesijärjestelmän simulointimalli koostuu hydraulisesta verkostomallista ja sadantavaluntamallista. Projektissa luotiin hulevesijärjestelmän toimintaa simuloiva tietokone-malli MIKE URBAN-ohjelmistolla, jonka avulla voidaan monipuolisesti analysoida hulevesiviemärintijärjestelmän toimintaa. Malli on laadittu ETRS-GK26-tasokoordinaatistossa ja N2000-korkeusjärjestelmässä.

2.1 Hydraulinen verkostomalli

Hulevesiverkostosta laadittiin laskentamalli, joka sisältää runkolinjat ja ritiläkaivot lukuun ottamatta irrallisia rakenteita sekä lyhyitä kadunkuivatuslinjoja, jotka purkavat vetensä viereiseen avo-ojaan. Tonttijohtoja ei mallinnettu. Verkostomalli rakennettiin verkkotietoaineiston pohjalta. Mallin elementtien ominaisuuksiin määritettiin sama ID-numero kuin verkkotietojärjestelmässä, jotta tietojen siirto myöhemmin mallin ja verkkotietojärjestelmän välillä on mahdollista. Ennen varsinaisen mallin rakentamista keskeinen vaihe on kuitenkin malliin sisällytettävien viemäriinjojen ja kaivojen valinta

sekä verkkotiedon eheytyksessä, jossa parannetaan verkostotiedon laatua täydentämällä puutteita ja korjaamalla havaittuja virheitä.

Verkostotiedon eheytyksessä tehtiin paikkatieto-ohjelmistolla siten, että jälkeenkäin on erotettavissa alkuperäiset ja eheytykseen perustuvat verkostotiedot. Eheytyttävistä tiedoista olivat esimerkiksi puuttuvat ja epäselvät tiedot putkien ja kaivojen korkotiedoissa, putkien sisähalkaisijoissa ja materiaaleissa sekä virtaus suunnissa. Lisäksi, jos kahden viemäriputkielementin välillä ei ollut verkkotietoaineistossa kaivoa, luotiin simulointimalliin putkien väliin kuvitteellinen kaivoelementti (ns. haamukaivo) laskennallisista syistä. Verkostotiedon eheytyksessä käytetyt periaatteet on kuvattu liitteessä 10.

Verkostomalliin sisällytettiin seuraavat elementit eheytyksestä verkkotietoaineistosta:

- Verkstopituus (viemäri linjat ja avo-ojat): 221 km
- Kaivojen lukumäärä: 14 474 kpl

Kaikkien kaivojen on oletettu toimivan mallinnuksessa ritiläkaivojen tavoin. Simuloinnissa ei myöskään ole voitu huomioida ritiläkaivojen tai verkostojen toimintahäiriöitä, jotka esimerkiksi estävät sulamis- tai sadevesien pääsyn hulevesiviemäriin. Tällaisia häiriöitä voivat aiheuttaa esim. keväällä lumi- ja jääsohjo tai syksyllä puista pudonneet lehdet.

Hulevesiverkoston toiminnan kannalta oleelliset avo-ojat/purot mallinnettiin yleispiirteisesti kahta tyyppipoikkileikkausta käyttäen. Tällaisia avo-ojaosuuksia ovat sellaiset, joissa hulevesiviemäri purkaa vedet avo-ojaan ja alempana hulevedet johdetaan takaisin hulevesiviemäriin tai rumpuun. Kadunvarsiojia ei sisällytetty malliin.

Mallinnetulla alueella sijaitsevat kaksi hulevesiallasta, joista oli saatavilla riittävät lähtötiedot mallinnusta varten. Iinanpuiston ja keskuspuiston altaat Kaarikadulla mallinnettiin periaatteellisesti suunnitelmapuistojen perusteella.

Mallinnetulla alueella ei ollut yhtään runkolinjapumppaamoja, joten malliin ei viety yhtään hulevesipumppaamoja.

2.2 Sadanta-valuntamalli

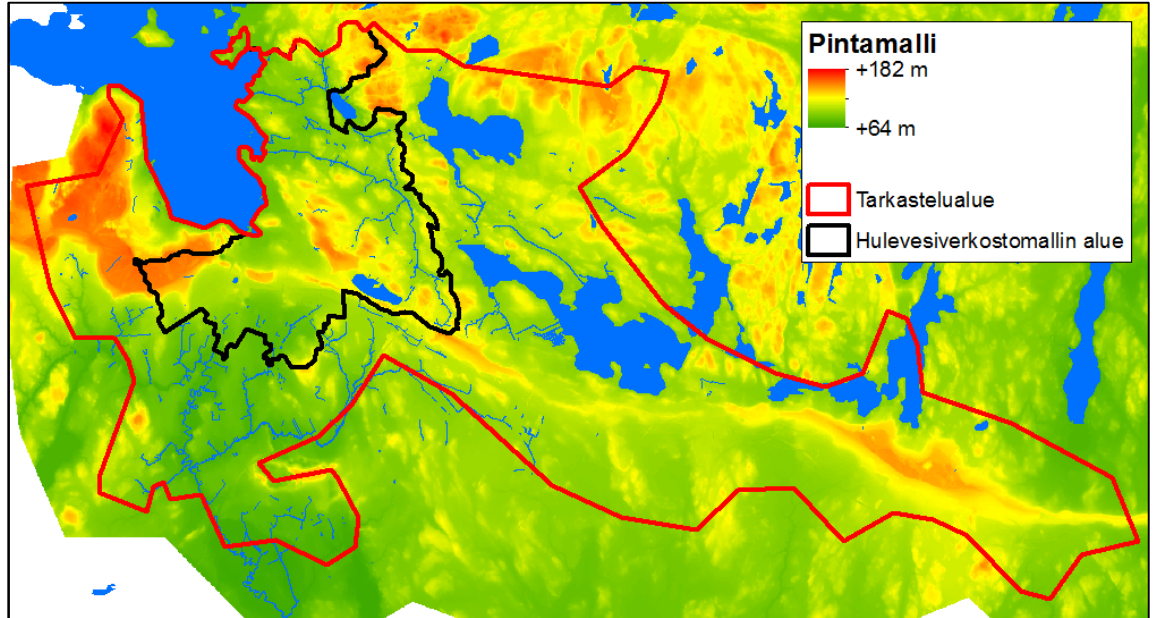
Sadanta-valuntamallilla arvioidaan sateesta muodostuvan valunnan määrää ja häviöitä. Näihin vaikuttavat esimerkiksi pintamateriaalit, varastotilavuudet, imeytyminen, maaperän kaltevuus sekä sääolosuhteet. Sadanta-valuntamallin lähtötietoina käytetään läpäisemättömän pinnan osuutta (pintavaluntakerroin), häviöitä sekä valunnan viivettä (min), joka kuluu pintavalunnan virtaamisesta mallin keräilyjärjestelmään. Viiveeseen vaikuttaa esimerkiksi valuma-alueen muoto ja kaltevuus.

Valuntamallia varten päävaluma-alueet jaettiin pienempiin osavaluma-alueisiin, jolloin alueille voitiin määrittää tarkemmat pintavaluntaominaisuudet. Valuma-alueen ominaisuudet määriteltiin aiempien valuma-alue-eräysten, verkostotietojen, korkeusaineiston, maankäyttötietojen sekä ilmakuvioiden perusteella. Pintavaluntakertoimien arvot ovat suurimmillaan 0,47. Osavaluma-alueet ja niiden pintavaluntakertoimet on esitetty liitteessä 2.

Sadanta-valuntamallilla laskettu pintavalunta kohdistetaan kuormittamaan hulevesiverkostoa.

2.3 Pintamalli

Tarkasteluissa hyödynnettiin 2 m x 2 m pintamallia (kuva 2). Pintamallin perusteella määriteltiin kaivojen kansien korkeudet. Lisäksi mallia käytettiin tulvakarttojen ja painanneanalyysin laadinnassa.



Kuva 2. Pintamalli

2.4 Mitoitussateet

Hulevesijärjestelmät mitoitetaan kesäsateiden perusteella. Lumensulamiskauden valunnat eivät ole luonteeltaan yhtä hetkellisiä ja aiheuta yhtä suuria hetkellisiä virtaamia hulevesijärjestelmässä kuin voimakkaat kesän rankkasateet.

Mallinnuksessa valuma-alueita kuormitetaan erimittaisilla mitoitussadetahtumilla, joissa sateen pituus vaihtelee viidestä minuutista 24 tuntiin. Lahden hulevesiverkoston kapasiteetin kannalta merkittävimmitoksi sadetahtumiksi todettiin 5–60 minuutin mittaiset sadetahtumat. Tulvakartat laadittiin Lahden alueelle 20 minuutin mittaisilla sadetahtumilla, sillä 20 minuutin sadetahtuma aiheutti suurimman virtaaman lähes koko tarkastelualueella.

Mallinnus tehtiin taulukossa 1 esitetyillä mitoitussateilla: kerran kolmessa, 20 ja 100 vuodessa toistuva mitoitussade. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU)-tutkimushankeessa¹ on arvioitu ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia mitoitaviin sateisiin. Hankkeessa arvioitiin vuorokauden maksimisadantojen kasvavan 10–30 % vuoteen 2071 mennessä. Käytetyissä mitoitussateissa onkin huomioitu ennakoitu ilmastonmuutoksen vaikutus 20 % kasvuna nykyilmaston mukaisiin mitoitustilanteisiin.

Taulukko 1 Simuloinnissa käytetyt mitoitusasteet

Toistuvuus	1/3v		1/20v		1/100v	
	Sateen kesto	Intensiteetti	Sade-määrä	Intensiteetti	Sade-määrä	Intensiteetti
min	[l/s/ha]	[mm]	[l/s/ha]	[mm]	[l/s/ha]	[mm]
5	220,00	6,6	300,00	9,0	400,00	12,0
10	150,00	9,0	240,00	14,4	320,00	19,2
15	133,00	12,0	210,00	18,9	280,00	25,2
20	110,40	13,2	170,00	20,4	234,00	28,1
30	86,00	15,5	130,00	23,4	180,00	32,4
60	56,40	20,3	86,00	31,0	110,00	39,6
180	28,00	30,2	40,00	43,2	54,00	58,3
360	17,00	36,7	24,00	51,8	32,00	69,1
720	10,60	45,8	14,00	60,5	20,00	86,4
1440	6,20	53,6	8,00	69,1	12,00	103,7

1) Aaltonen J., Hohti H., Jylhä K., Karvonen T., Kiipeläinen T., Koistinen J., Kotro J., Kuitunen T., Ollila M., Parvio A., Pulkkinen., Silander J., Tiihonen T., Tuomenvirta H. & Vajda A. 2008. Rannkasateet ja taajamatulvat (RATU). Helsinki, Suomen Ympäristökeskus.

3 MALLINNUSTULOKSET

Verkoston mallinnus tehtiin kaikilla mitoitusastetapahtumilla (1/3v, 1/20v, 1/100v). Tässä kappaleessa on esitetty maksimivirtaama, maksimikapasiteetti ja välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$) kerran 20 vuodessa toistuvassa rannkasadetapahtumassa. Lisäksi tulvivat kaivot on esitetty kerran kolmessa, 20 ja 100 vuodessa toistuvissa rannkasadetapahtumissa sekä tulvatilanne kerran 100 vuodessa toistuvassa rannkasadetapahtumassa.

Huomioitavaa on, että kuvissa tulokset esitetään putkikohtaisina maksimiarvoina, eivätkä ne ole samaan aika-asteeseen sidottuja tuloksia. Lisäksi latvaosuuksilla saattaa mallin mukaan esiintyä tulvimista. Tämä johtuu pääsääntöisesti siitä, ettei jokaiselle ritaläkaivolle ole kohdistettu omaa valuma-aluetta, milloin tietyt kaivot kuormittuvat jonkin verran todellisuutta enemmän. Latvaosuuksien tulvimista tulee tarkastella kriittisesti.

Mallinnetun verkoston laajuus on esitetty liitteessä 1 ja kolmen keskeisen runkolinjan pituusprofiilit on esitetty liitteessä 3.

3.1 Maksimivirtaama

Maksimivirtaama kuvaa eri verkosto-osuuksilla tapahtuvaa virtaamaa ja eri valuma-alueilta tapahtuvan valunnan suuruutta. Virtaama on suurinta hetkellisesti Pikku Vesijärven koillisrannan (4,64 m³/s), Kolkankadun (3,93 m³/s) ja Kauppakadun (2,67 m³/s) sekä Jalkarannantien (4,23 m³/s) ja Kyösti Kallion kadun (2,46 m³/s) linjoilla (liite 4). Lisäksi Saksalankadun ja Uudenmaankadun suuntaisesti kulkevassa avo-ojassa ja sen rummuissa esiintyy suuria hetkellisiä virtaamia (3,48 m³/s).

3.2 Maksimikapasiteetti

Viettoviemäreiden maksimikapasiteetti eli teoreettinen maksimivirtaama määritetään putken halkaisijan, viettokaltevuuden ja karheuden perusteella. Tämä tunnusluku ilmaisee putkikohtaisesti suurimman virtaaman, jonka putki pystyy välittämään ilman, että putki alkaa padottaa (liite 5).

3.3 Välityskyky ($Q_{Max}/Q_{Manning}$)

Viettoviemäreiden välityskykyä arvioidaan laskemalla viemärivälikohtainen $Q_{Max}/Q_{Manning}$ -tunnusluku (liite 6). Tämä tunnusluku ilmaisee putkikohtaisesti suurimman mallinnuksessa esiintyneen virtaaman suhteen putken maksimikapasiteettiin eli teoreettiseen maksimivirtaamaan nähden tilanteessa, jossa viemäriin padottumista ei vielä esiinny. Yli 1,0 tunnusluvut kertovat kyseisen viemäriin välityskyvyn ylittymisestä ja vähintään paikallisesti padottavasta viemäriosuudesta. Välityskyvyn ylittymisestä saattaa seurata putkijärjestelmän tulvimista sekä avouomissa rumpujen patoutumista.

3.4 Tulvivat kaivot

Liitteessä 7 esitetyissä tulvivissa kaivoissa on vedenpinta noussut hetkellisesti tai pitempiaikaisesti kaivon kannen tason yläpuolelle. Jokaisen tulvivan kaivon kohdalle ei siis synny huomattavaa tulva-aluetta ja tulviminen ei myöskään aiheuta merkittäviä ongelmia, jos tulvareitti on kunnossa. Kartasta voidaan kuitenkin havaita alueita, joilla on merkittävän paljon tulvivia kaivoja etenkin kerran kolmessa vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa, kuten Sopenkorven ja Asemantaustan alueilla. Näillä alueilla voidaan tulkita verkostokapasiteetin olevan yleisesti niukka mitoittavaan sateeseen nähden.

3.5 Tulvariskikartoitus

Yhdistämällä pintamalli hulevesiverkostomalliin voitiin mallintaa veden virtausta verkoston ja maanpinnan välillä sekä maanpäällisten tulvareittien muodostumista. Käytetty pintamallin tarkkuus on 2 m x 2 m ja laskentatarkkuus 5 m x 5 m.

Liitteessä 8 on esitetty tulvatilanne kerran 100 vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa 20 minuutin mittaisella sadetapahtumalla mallinnetun verkoston alueelta. Kartassa on esitetty tulva-alueet, joilla veden syvyys on yli 5 cm, ja merkittävimmät tulvareitit mustilla nuolilla.

Alueille, joille ei laadittu hulevesiverkostomallia, laadittiin painanneanalyysi. Analyysissä määritettiin pintamallin avulla kaikki yli 5 cm syvät ja yli 1000 m² laajat painanteet, joihin alkaa kertyä rankkasadetilanteissa valumavesiä, jos painannealueella ei ole hulevesiverkostoa johtamassa vettä pois tai se ei imeydy maaperään. Painanteet ja valuma-alueet, joilta niihin voi kertyä valumavesiä, on esitetty liitteessä 8. Lisäksi liitteessä 9 on esitetty pintamallin avulla määritetyt maanpinnan virtausreitit.

4 **TULVARISKIEN ALUSTAVA ARVIOINTI**

Laki (620/2010) ja asetus (659/2010) tulvariskien hallinnasta tulivat voimaan kesällä 2010. Lain mukaan kunnat vastaavat hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta. Ensimmäinen arviointikierron tehtiin 2011–2012.

Kunnan on tehtävä hulevesitulvariskien alustava arviointi ja tällä perusteella nimetä merkittävät hulevesitulvariskialueet tai todeta, ettei kunnassa ole tällaisia alueita. Kunnan tulee tehdä päätös ja toimittaa tieto päätöksestä ELY-keskukselle 22.12.2011 mennessä.

Kunnan alueella ei ole esiintynyt hulevesitulvia, joista olisi aiheutunut tulvariskien hallinnasta annetun lain (620/2010) 8 §:n 1 momentissa tarkoitettuja yleiseltä kannalta katsoen vahingollisia seurauksia.

Laskentatulosten perusteella Lahdessa ei ole myöskään arvioitu esiintyvän mahdollisia tulevaisuuden hulevesitulvariskejä, joista aiheutuisi edellä tarkoitettuja vahingollisia seurauksia. Edellä mainitun perusteella kunnan alueella ei katsota olevan merkittävää hulevesitulvariskiä eikä merkittäviä hulevesitulvariskikohteita ehdoteta nimettäväksi.

Hulevesitulvien riskikohteet ovat melko paikallisia ja maanpinnalle kertyvältä vesimäärältään pääosin vähäisiä. Tulvariskien alustavan arvioinnin yhteydessä voidaan haluttaessa raportoida myös vähäisemmät tulvariskikohteet, jotka on esitetty liitteessä 8.

5 **YHTEENVETO**

Työssä mallinnettiin Lahden keskusta-alueen hulevesiverkosto kapasiteettipuutteiden sekä tulvariskikohteiden selvittämiseksi. Lisäksi verkostomallin ulkopuoliselle alueelle laadittiin painanneanalyysi potentiaalisten tulvakohteiden selvittämiseksi. Verkoston kapasiteetti on paikoitellen riittämätön jo keskimäärin kerran kolmessa vuodessa toistuvassa rankkasadetilanteessa. Keskimäärin 100 vuoden välein toistuvassa rankkasadetilanteessa kapasiteetti ylittyy ja tulva-alueita muodostuu useisiin kohteisiin.

Vuonna 2018 Lahden keskusta-alueella esiintyi poikkeuksellisen rankkasateen aiheuttamia tulvia. Mallinnuksen tulosten perusteella on pystytty havainnollistamaan rankkasadetilanteiden aiheuttamia hulevesitulvia ja tunnistamaan verkoston osuudet, joilla kapasiteetti ei ole riittävä. Laskentatulosten perusteella Lahdessa ei kuitenkaan ole tulvariskien alustavassa arvioinnissa kartoitettavia merkittäviä tulvariskialueita. Hulevesitulvien riskikohteet ovat melko paikallisia ja maanpinnalle kertyvältä vesimäärältään pääosin vähäisiä

Laadittua hulevesiviemärimallia voidaan hyödyntää jatkossa keskusta-alueen hulevesiviemäroinnin suunnittelussa sekä hulevesitulvariskien hallinnassa.