

Opinnäytetyö (AMK)  
Kestävä kehitys  
Ympäristösuunnittelija  
2015

Eevi Ollikainen

# HULEVESIEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖRISKIT KAUPUNKIPUROVESISTÖIHIN - CASE KUNINKOJA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kestävä kehitys

2015 | 59 sivua + 2 liitesivua

Ohjaajat: Jari Hietaranta, Sirpa Halonen ja Pekka Salminen

Eevi Ollikainen

# HULEVESIEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖRISKIT KAUPUNKIPUROVESISTÖIHIN - CASE KUNINKOJA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella hulevesien aiheuttamia ympäristöriskejä kaupunkipuron vedenlaadulle, keskittyen Turun kaupungin alueella virtaavaan Kuninkojan tilaan. Tulosten tarkastelun apuna on käytetty itselaadittua ympäristöriskien arviointimenetelmää. Työ on tehty toimeksiantona Turun kaupungin ympäristönsuojelulle.

Kuninkojan pääuomaan purkautuvien hulevesien aiheuttamia ympäristöriskejä tarkastellaan erityisesti puroissa esiintyvien taimen ja jokirapukantojen kautta. Työhön on valittu kolme maankäyttötyypiltään erilaista aluetta kaupunkipuron virtaama-alueelta: Kuninkojan, Suikkilan ja Iso-Heikkilän kaupunginosat.

Erilaisten maankäyttötyyppien selvityksen avulla työssä on tarkasteltu Kuninkojan uomaan purkautuvien hulevesien mahdollisia haitta-aineita. Hulevesien aiheuttamia ympäristöriskejä on suuntaa antavasti arvioitu Turun ammattikorkeakoulun vesinäytteiden antamia tietoja hyödyntäen. Työn johtopäätökset pohjautuvat myös aikaisempiin tutkimuksiin hulevesien laadusta.

Kuninkojaan purkautuvat hulevedet saattavat vaikuttaa paikoitellen kaupunkipuron vedenlaatua huonontavasti. Ajoittain mitatut korkeat pitoisuudet kokonaisfosfori ja kiintoaineen määrissä voivat vaikuttaa puron eliöiden esiintyvyyteen sekä heikentää niiden elinympäristöjä. Välitöntä vaaraa Kuninkojaan purkautuvista hulevesistä ei taimenelle ja jokiravulle työssä saatujen tulosten perusteella kuitenkaan ole.

Kuninkojan yleisestä vedenlaadusta saatujen tulosten perusteella jatkotoimenpiteiksi suositellaan Kuninkojan valuma-alueiden hulevesiputkien purkautumiskohtien kohdalla toteutettavaa säännöllistä vesinäytteiden ottoa. Vesinäytteiden tulosten tukiessa opinnäytetyön oletuksia, erilaisten luonnonmukaisten hulevesien hallintajärjestelmien kuten viherpainanteiden ja kosteikkojen rakentamista tulee harkita.

ASIASANAT:

hulevedet, kaupunkipurot, maankäyttö, ympäristöriski, ympäristöriskien kartoitusmenetelmä, taimen, jokirapu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sustainable development

2015 | 59 pages + 2 appendix pages

Instructors: Jari Hietaranta, Sirpa Halonen and Pekka Salminen

Eevi Ollikainen

# THE ENVIRONMENTAL RISKS CAUSED BY STORM WATERS TO URBAN STREAMS - CASE KUNINKOJA

The purpose of this bachelor thesis is to survey the environmental risks caused by storm waters to the water quality of urban streams focusing to the Kuninkoja stream which runs in the urban area of Turku. In order to assist the review of the results self-prepared environmental risk management system has been created. Thesis is done as an assignment for the environmental protection office of Turku.

The environmental risks caused by storm waters are focused on the main channel of Kuninkoja and examined more closely through the trout and crayfish stocks which live in the stream. Three different land use areas are chosen for the thesis: Kuninkoja, Suikkila and Iso-Heikkilä.

Through these different land use areas possible harmful substances within the storm waters are being investigated and using the water quality measurements taken by the Turku University of Applied Sciences the environmental risks caused by storm waters are roughly estimated. Conclusions of the thesis are also based on previous studies about storm waters.

The storm waters which discharge to Kuninkoja stream are most likely having a negative effect on the streams water quality. From time to time high concentrations of total phosphorus and solid substances have been monitored from the stream which can play a big role in the incidence of certain species and weaken their living habitats. However, based on the results of the thesis the storm waters which discharge to Kuninkoja don't create immediate danger to trout and grayfish stocks.

Based on the results of the overall water quality the recommended follow-up actions are regular water quality measurements in the Kuninkoja catchment and especially targeted measurements in the storm water drains are in order. If the results from the water quality measurements are following the assumptions in this thesis then the construction of natural storm water management systems such as wetlands or impregnations should be considered.

## KEYWORDS:

storm waters, urban streams, land use, environmental risk, environmental risk management system, trout, grayfish

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 HULEVEDET</b>	<b>9</b>
2.1 Määritelmä	9
2.2 Hulevesivirtaamat ja hulevesitulvat	9
2.2.1 Hulevesivirtaamat	9
2.2.2 Hulevesitulvat	10
2.3 Hulevesien laatu ja niiden aiheuttamat ongelmat	10
2.4 Hulevedet lainsäädännössä	11
<b>3 KAUPUNKIPUROT</b>	<b>12</b>
3.1 Kaupunkipuron määritelmä	12
3.2 Kaupunkipurot elinympäristöinä	12
3.3 Kaupunkipuroihin kohdistuvia ongelmia	13
3.4 Kaupunkipurot ja kaupungistuminen	14
3.5 Kaupunkipurot osana hulevesijärjestelmää	14
<b>4 YMPÄRISTÖRISKI</b>	<b>16</b>
4.1 Määritelmä	16
4.2 Ympäristöriskin hallinta	16
<b>5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS</b>	<b>19</b>
5.1 Ympäristöriskien arviointimenetelmä	19
5.1.1 Alueen kuvaus	20
5.1.2 Riskien paikantaminen	20
5.1.3 Riskien suuruuden määrittäminen	21
5.1.4 Riskien arvioinnin tulokset ja toimenpide-ehdotukset	21
5.1.5 Riskien arvioinnin raportointi	24
5.1.6 Opinnäytetyön toteutus ja tutkimuskysymykset	24
<b>6 CASE KUNINKOJA</b>	<b>26</b>
6.1 Alueen kuvaus	26
6.2 Kuninkojan vedenlaatumittaukset	27
6.3 Hulevesien vaikutukset Kuninkojan tulvimiseen	28
6.4 Kuninkojan indikaattorilajit	29

6.4.1 Taimen	29
6.4.2 Jokirapu	31
6.5 Riskien paikantaminen	33
6.5.1 Kuninkojan asuinalue	33
6.5.2 Suikkila	36
6.5.3 Iso-Heikkilä	38
6.6 Riskien suuruuden määrittäminen	40
6.6.1 Kuninkojan asuinalue	40
6.6.2 Suikkila	41
6.6.3 Iso-Heikkilä	44
6.7 Riskien arvioinnin tulokset ja toimenpide-ehdotukset	48
6.7.1 Kuninkojan asuinalue	48
6.7.2 Suikkila	49
6.7.3 Iso-Heikkilä	50
<b>7 LOPPUPÄÄTELMÄT</b>	<b>52</b>
7.1 Johtopäätökset	52
7.2 Taimenen ja jokiravun tulevaisuus Kuninkojassa	53
7.3 Opinnäytetyön luotettavuuden arviointi	54
<b>8 KIITOKSET</b>	<b>55</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>56</b>

## LIITTEET

Liite 1. Moniparametrimittaripisteiden sijainti Kuninkojassa. (Huhta&Leskinen 2013.)  
Liite 2. Hulevesien ravinnekartoituksessa käytettyjen näytepisteiden sijainti kartalla. (Huhta ym.2012.)

## KUVAT

Kuva 1. Kivillä verhottu purouoma. (Suomen Kuntaliitto 2012, 165.)	15
Kuva 2. Riskianalyysi standardin SFS-IEC 60300-3-9 mukaan. (Molarius ym.2003.)	17
Kuva 3. Ekologisen riskinarvioinnin vaiheet: ERA-portaat. (Pellinen ym.2007, 15.)	18
Kuva 4. Itsetehty kaavio ympäristöriskien arviointimenetelmästä.	19
Kuva 5. Viherkaistapainanne. (Eskola & Tahvonen 2010, 111.)	22

Kuva 6. Imeytyspainanne. (Eskola & Tahvonen 2010, 109.)	23
Kuva 7. Kosteikko. (Eskola & Tahvonen 2010, 111.)	23
Kuva 8. Kuninkojan tarkasteltavat alueet.	27
Kuva 9. Taimen Kuninkojassa. (Tolonen 2015.)	31
Kuva 10. Jokirapu. (Tolonen 2015.)	32
Kuva 11. Kuninkojan alueen hulevesiputket.	34
Kuva 12. Hulevesiviemäri Kuninkojan asuinalueella.	35
Kuva 13. Rakennusjätettä Kuninkojassa.	35
Kuva 14. Suikkilan alueen hulevesiputket.	36
Kuva 15. Suikkilan kaupunginosan hulevesiviemäreitä.	37
Kuva 16. Suikkilan koskialueelle purkautuva hulevesiviemäri.	37
Kuva 17. Iso-Heikkilän alueen hulevesiputket.	38
Kuva 18. Iso-Heikkilän teollisuusalueen hulevesiviemäri.	39

## KUVIOT

Kuvio 1. Sateen aikaiset vedenlaadun mittaukset, pisteet 1 ja 3. (Huhta&Leskinen 2013, 18.)	41
Kuvio 2. Sateen aikaiset vedenlaadun mittaukset, pisteet 10–12. (Huhta&Leskinen 2013, 18.)	44
Kuvio 3. Sateen aikainen vedenlaatu vuonna 2013, pisteet 17–19. (Huhta&Leskinen 2013, 18.)	47

## TAULUKOT

Taulukko 1. Kuninkojan valuma-alueet. (Ilkka-hanke 2013, 55.)	26
Taulukko 2. Taimenten vedenlaatu vaatimukset. (Nordic Fly Fishing Association 2013; Koukussa 2015; Joensuu & Sarajärvi 1986.)	30
Taulukko 3. Rapujen vedenlaatu vaatimukset. (Salminen ym. 2002, 222.)	33
Taulukko 4. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Kuninkoja. (Kuusisto 2002.)	40
Taulukko 5. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Suikkila. (Kuusisto 2002.)	42
Taulukko 6. Vuoden 2012 näytteenottopisteen tulokset, Suikkila. (Huhta & Leskinen 2012, 17.)	43
Taulukko 7. Vuoden 2013 näytteenottopisteen tulokset. (Huhta & Leskinen 2013, 25.)	43
Taulukko 8. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Iso-Heikkilä. (Kuusisto 2002.)	45
Taulukko 9. Vesinäytesarjan tulokset vuonna 2012. (Huhta & Leskinen 2012, 17.)	45
Taulukko 10. Hulevesien ravinnepitoisuudet vuonna 2013. (Huhta & Leskinen 2013, 25.)	46
Taulukko 11. Vuoden 2013 pH-arvot ja lämpötilat. (Huhta 2013.)	46

# 1 JOHDANTO

Kaupunkipurojen rooli monimuotoisessa kaupunkiympäristössä on noussut entistä tärkeämmäksi. Euroopan Unionin vesipolitiikan tavoitteet vesistöjen kuormituksen vähentämiseksi edellyttävät purojen kunnostusta ja niiden suojelua. Suomessakin on useissa kaupungeissa laadittu pienvesiohjelmia, joiden avulla kartoitetaan tärkeimmät pienvedet sekä arvioidaan niiden kunnostamismahdollisuuksia. (Sarvilinna ym.2012, 7-9.) Hyvänä esimerkkinä Suomessa tehdystä purokunnostushankkeesta on Vantaan kaupungin alueella virtaavan Longinojan kunnostus, joka toteutettiin vuonna 2006. Purouoma muotoiltiin luonnonmukaisemmaksi lisäämällä siihen mutkia ja kiviä sekä sorastamalla pohjaa. Hulevesien ja kiintoaineen pidätystä varten puron valuma-alueille tehtiin kaksi kosteikkoja ja uomaa suojeltiin eroosiolta rakentamalla eroosiosuojauksia. (Aulaskari 2012, 5.)

Kaupunkipuroihin kohdistuu ulkopuolista kuormitusta pääosin sen valuma-alueen toimintojen kautta. Alueen maankäyttö määrää pitkälti sen, minkä laatuista vettä kaupunkipuroon purkautuu. Purojen kuormitus koostuu sadannasta, puroon laskevista sivu-uomista, salaojaputkista sekä hulevesiviemäreistä tulevista mahdollisista haitta-aineista sisältävistä vesistä. (Sarvilinna ym.2012, 34.)

Hulevesien rooli kaupunkipurojen kuormittumisessa on erittäin suuri. Hulevedet huuhtovat puron valuma-alueen kaikilta pinnoilta liikenteen, asutuksen, viljelyn sekä muun ihmistoiminnan aiheuttamia haitta-ainepitoisuuksia johtaen ne lopulta puroon. Nykyään hulevesien hallinta otetaan hyvin osaksi kaavoitusta uusilla alueilla suunniteltaessa, mutta vanhemmilla asuinalueilla sekä varsinkin teollisuus- ja pysäköintialueilla hulevesien hallinta on usein yksipuolista hulevesien viemäröintiä, jolloin vedenlaatua parantavaa hulevesien imeyttämistä tai pidättämistä ei tapahdu ennen hulevesien vesistöihin pääsyä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella kaupunkipuroa taimenen ja jokiravun elinympäristönä sekä kuvata purojen roolia nykyisessä kaupunkikuvassa. Opinnäytetyössä tarkastellaan hulevesien aiheuttamia riskejä kaupunki-

purojen vedenlaadulle työssä tulosten tarkastelun avuksi laaditun ympäristöriskien arviointimenetelmän avulla. Työssä keskitytään Turun kaupungin alueella virtaavaan Kuninkojan tilan tarkasteluun. Hulevesien aiheuttamia riskejä tarkastellaan erityisesti Kuninkojassa esiintyvien taimenen ja jokiravun näkökulmasta.

Opinnäytetyö tulee Turun kaupungin ympäristönsuojelun käyttöön. Koottujen tietojen pohjalta tarkastellaan onko mahdollisille hulevesien aiheuttamille riskeille tarpeen tehdä jatkotoimenpiteitä sekä luodaan pohjaa tarkemmille tutkimukselle, muun muassa perusteellisten vesinäytteiden otolle.

Opinnäytetyö on luonteeltaan olemassa olevia tutkimuksia hulevesien laadusta hyödyntävä ja tulee tuottamaan suuntaa antavaa tietoa Kuninkojaan kohdistuvista hulevesien aiheuttamista riskeistä. Työssä tulosten selvittämisen ja johtopäätösten laatimisen avuksi kehitettyä ympäristöriskien arviointimenetelmää on mahdollista hyödyntää myös muihin kaupunkipuroihin Suomessa menetelmän helpon toistettavuuden takia.

## 2 HULEVEDET

### 2.1 Määritelmä

Vesihuoltolaissa (119/2001) todetaan, että hulevedet ovat rakennuksen katoilta, maan pinnalta tai muilta vettä läpäisemättömiltä pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Hulevesijärjestelmään voi päätyä myös muita vesiä, kuten sammutusvesiä ja katujen sekä tunnelien huuhteluvesiä. Olennaista kuitenkin on, että hulevesissä korostuu ihmistoiminnan vaikutus, mikä erottaa ne muista valuma-vesistä. (Helsingin kaupungin rakennusvirasto 2008, 6.)

### 2.2 Hulevesivirtaamat ja hulevesitulvat

#### 2.2.1 Hulevesivirtaamat

Kaupunkipurovesistöihin johdettavien hulevesien määrä on tärkeässä roolissa puron eliöiden hyvinvoinnissa ja sen ekologisessa tilassa. Tiiviisti rakennetuissa kaupungeissa kaikki vettä läpäisemättömät pinnat, oli kyseessä sitten katot, rakenteet tai maanpinnan päällysteet, lisäävät hulevesivirtaamaa. Hulevesiä johdetaan yleisimmin viemäriputkistoissa, joka nopeuttaa hulevesivirtaamia, virtaamaa hidastavan kasvillisuuden puuttuessa. Putkistoissa hulevedet eivät myöskään pääse haihtumaan. (Schueler 1995.)

Hulevesien johtamisella kaupunkipurovesistöihin on merkittäviä vaikutuksia puron virtaamiin. Virtaamien suurentuessa purouoma voi kärsiä eroosiosta, jolloin vedessä olevan kiintoaineen määrä kasvaa ja virtaaman pienentyessä purouoma voi kuivua ja veden lämpötila nousta. (Chocat ym.2001.)

### 2.2.2 Hulevesitulvat

Hulevesitulvia esiintyy monista syistä. Suurimpana syynä on osittain ilmastonmuutoksen takia lisääntyvät rankkasateet yhdistettynä laajoihin vettä läpäisemättömiin pintoihin. Kaupunkiasumisen tiivistyminen, muutokset valuma-alueen maankäytössä, lisääntynyt asutus sekä tieverkon ja muun infrastruktuurin rakentaminen lisäävät vettä läpäisemättömien pintojen pinta-alaa. Nämä seikat aiheuttavat sen, että sadevesiviemärien ja ojien kapasiteetti ylittyy, jolloin seurauksena on tulviminen. Tulvimista osaltaan edistää myös väärin mitoitetut silta-ruummut ja hulevesiputket yhdessä purojen perkauksien kanssa. (Eskola & Tahvonen 2010, 12-16.)

Kun puroja muokataan ruoppauksilla, suoristamalla sekä ohjaamalla virtaavat vedet viemäriputkiin, tullaan samalla lisänneeksi vesien virtaamanopeuksia. Lisääntyneet virtaamanopeudet yhdessä ylivirtaaman kanssa aiheuttavat kaupunkialueella 3,5 kertaa enemmän tulvia kuin maaseudulla. (Hall 1984; Neller 1988.)

### 2.3 Hulevesien laatu ja niiden aiheuttamat ongelmat

Huleveden laatuun vaikuttaa se valuma-alue, jolta vedet kerääntyvät. Valuma-alueen käyttötapojen lisäksi huleveden laatu riippuu sateen vaiheesta sekä vuodenajasta. Sateen eri vaiheista on huleveden laadun kannalta tärkein kohta sateen alkamishetki, jolloin vesi huuhtoo kovalle pinnolle kertyneet epäpuhtaudet. (Eskola & Tahvonen, 2010, 13.) Tätä ilmiötä kutsutaan ensihuuhtoutumaksi eli "first flush":iksi, jolloin huleveden ainepitoisuudet ovat korkeimmillaan ja huleveden laatu kaikista huonoimmillaan. (Karvinen 2010.)

Hulevedet huuhtovat mukanaan erilaisilta pinnoilta monenlaisia aineita. Kaupunkipurovesistöissä huleveden vaikutus näkyy lisääntyneitä kiintoainepitoisuuksina, orgaanisten yhdisteiden, ravinnepitoisuuden, metallipitoisuuksien sekä bakteerien määrän lisääntymisenä. Pienet määrät öljyä, katupölyä, vahoja

sekä tiesuolaa ovat myös havaittavissa hulevesissä. (Eskola&Tahvonen 2010, 14.)

Hulevesien sisältämät haitta-aineet jakautuvat eliöiden näkökulmasta kahteen ryhmään: välittömästi myrkyllisiin ja kertyviin myrkkyihin. Välittömästi myrkylliset myrkyt ilmenevät eliöissä muutaman tunnin tai vuorokauden kuluessa kun taas kertyvät myrkyt voivat ulottua vaikutuksiltaan jopa useampaan kuin yhteen sukupolveen. (Ellis ym.2004.)

#### 2.4 Hulevedet lainsäädännössä

Jokaisen kunnan tulee järjestää huleveden viemärointi alueellaan. Hyvin yleistä on, että kunta neuvottelee alueen vesihuoltolaitoksen kanssa hulevesien hoidosta. Vesihuoltolain lähtökohtana on, että jokaisen kunnan hulevesiviemäroinnin alueella olevan kiinteistön tulee liittyä hulevesiviemärointiin. Käytännössä tämä tarkoittaa asemakaavoitettua aluetta. Ainoastaan sellaisissa tapauksissa joissa kiinteistön omistajalle koituisi kohtuuttomia kustannuksia tai hulevedet on hoidettu kiinteistöllä jollain muulla asianmukaisella tavalla, kiinteistö voidaan vapauttaa tästä velvoitteesta.

Hulevedet tulee johtaa erilliseen hulevesiviemäriin, jotta nämä vedet eivät rasitaisi vesihuoltolaitoksen vastaanottokapasiteettia. Tästä määräyksestä voidaan myös poiketa, jos kiinteistön jätevesiviemäri on rakennettu ennen vuotta 2015 ja se on mitoitukseltaan tarpeeksi suuri myös hulevesille, tai alueella ei ole hulevesiviemärointiä. (Finlex, Vesihuoltolaki 2014.)

## 3 KAUPUNKIPUROT

### 3.1 Kaupunkipuron määritelmä

Kaupunkipuroksi voidaan kutsua puroa, joka virtaa suurimmalta osaltaan rakennetun taajama-alueen halki ja joka virtaa ainakin osan matkaa avoimena uomana. Vetensä kaupunkipurot saavat enimmäkseen hulevesistä, mutta suuremmat kaupunkipurot myös pohjavesistä. Kaupunkipurujen valuma-alueet ovat yleensä suuria ja niiden maankäyttö on hyvin monipuolista. (Ruth 2004, 9.)

Kaupunkipurot virtaavat yleensä sellaisilla alueilla, joissa puro on virrannut jo ennen kaupungistumisen alkua. Puro voi olla syntynyt paikalle luontaisesti tai ihmisen tekemänä. (Ruth 2004, 9.)

### 3.2 Kaupunkipurot elinympäristöinä

Kaupunkipurot toimivat tärkeinä ekologisina käytävinä yhdistäen esimerkiksi rannikon ja sisämaan ekosysteemejä toisiinsa sekä merkittävänä osana vihreää kaupunki-infrastruktuuria. (Sarvilinna ym.2012, 9.) Kaupunkipuroille on ominaista yksisuuntainen virtaus ja läheinen yhteys sitä ympäröivään valuma-alueeseen. Valuma-alueet muokkaavat kaupunkipurujen uomia sekä vaikuttavat niiden veden virtaukseen ja vedenlaatuun. Kaupunkipuroja tarkasteltaessa ominaista on, että suurin osa puroihin tulevasta energiasta on systeemin ulkopuolista eli virtaavan veden oma perustuotanto on pientä. (Niemelä ym.2004, 18.)

Parhaimmassa tapauksessa kaupunkipurot luovat elinympäristöjä sellaisille lajeille, joiden olemassaolo olisi muuten uhattuna. (Sarvilinna ym. 2012, 10–11.) Uhanalaisuusluokituksen ovat saaneet muun muassa kaupunkipuroja kutupaikkoinaan käyttävät nahkiainen ja meritaimen. Kasvillisuus puron ympärillä on myös usein rehevää ja tarjoaa oivallisia elinalueita monille eri lintu - ja sammakolajeille. (Saarikivi 2008, 20.) Purouoma itsessään toimii eri eliölajien liikkumisreittinä, niin pienten vesieliöiden kuin isompienkin kalojen kohdalla. Myös maal-

la kulkevat eläinlajit sekä ihmiset voivat käyttää puronvartta liikkumiseen. (Malanson 1993.)

Kaupunkikuvassa purot edistävät luonnon monimuotoisuutta ja kohentavat asuinalueiden viihtyisyyttä sekä nostavat niiden arvoa. Kaupunkipurot tarjoavat ihmisille ekosysteemipalveluita niin kalastuksen kuin virkistykseenkin muodossa. (Bolund & Hunhammar 2009, 298.) Luontokokemusten on havaittu monissa tutkimuksissa tuottavan ihmisille mielihyvää, poistavan stressiä ja edistävän niin fyysistä kuin henkistäkin terveydentilaa. (Niemelä ym.2004, 3.)

Kaupunkipurot luovat myös oman merkittävän panoksensa kaupungin äänimaiseman monipuolisuuteen. Puron solina ja varsinkin sen läheisyydessä oleskelevien lintujen laulu koetaan rauhoittavaksi ja miellyttäväksi. (Pispa 2004, 76.)

### 3.3 Kaupunkipuroihin kohdistuvia ongelmia

Valtaosa Suomen puroista on perattu ja suoristettu erilaisten maankäyttöalueiden maankuivatukseen takia. Uoman perkauksella tarkoitetaan uoman suoraksi kaivamista, jolloin uoman syvyys ja leveys tasataan sekä samalla poistetaan mutkat, puuaines ja kivet. Tämä johtaa eroosion lisääntymiseen, veden virtausnopeuden kasvuun, tulviin sekä puron luoman elinympäristön köyhtymiseen sekä maiseman monimuotoisuuden katoamiseen. Puutteellinen kaupunki-infrastruktuuri, joka on mitoitettu väärin voi myös aiheuttaa ongelmia. Näistä hyvänä esimerkkinä ovat liian pienet siltarummut, jotka padottavat vettä. (Sarvilinna ym. 2012, 33–35.)

Ihmisten tekemä ilkivalta, kuten roskaaminen, on tuttu ilmiö kaupunkipurovesistöissä. Kaupunkipuroista on löydettävissä roskia niin roskapusseista pyöränraatoihin. (Sarvilinna ym. 2012, 33.)

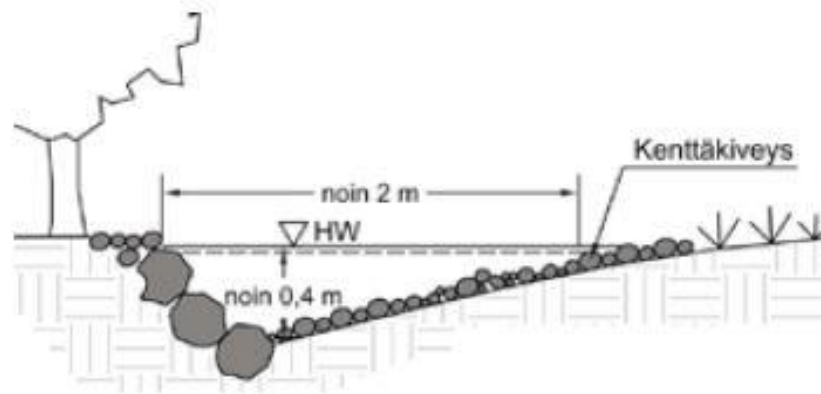
Oman ongelmansa puroille luovat purojen penkoille levittäytyvät vieraslajit, jotka valtaavat alaa purovarren luontaisilta kasveilta. Näitä lajeja ovat muun muassa jättipalsami (*Impatiens glandulifera*) ja jättiputki (*Heracleum mantegazzianum* tai *Heracleum persicum*). (Sarvilinna ym. 2012, 35.)

### 3.4 Kaupunkipurot ja kaupungistuminen

Kaupungistumisen aiheuttamia vaikutuksia kaupunkipuroihin voidaan tarkastella kahden tekijän kautta, joita ovat rakennustiheyden kasvu sekä väestön määrän lisääntyminen. Aukkaiden määrän lisääntyminen alueella lisää valuma-alueiden kuormitusta vesistöihin, mikä vaikuttaa hulevesien laatuun niitä huonontavasti. Kun hulevesien laatu heikkenee, niin myös vastaanottavien vesistöjenkin vedenlaatu heikentyy. Rakennustiheyden kasvaessa valuma-alueiden vettä läpäisemättömän pinnan määrä kasvaa, jolloin hulevesien määrä lisääntyy räjähdysmäisesti. (Hall 1984.) Nimenomaan vettä läpäisemättömän pinnan määrän lisääntymistä pidetään valuma-alueen kaupungistumisen astetta kuvaavana tekijänä. Valuma-alueen vettä läpäisemättömän pinnan määrän ollessa alle 10 %, kaupunkipuron tila on vielä melko hyvä. Luvun ollessa 10–25% on kaupunkipuron tasapaino jo muuttunut. Kaupunkipuron hydrologinen tila on melko varmasti heikentynyt, jos vettä läpäisemättömä pinta-alaa löytyy yli 25 %. (Ferguson 1998; SWP 2003.)

### 3.5 Kaupunkipurot osana hulevesijärjestelmää

Kaupunkipurot toimivat merkittävänä osana hulevesien kuljetusjärjestelmää viemäroinnin ohella. Purot ovat avoimia uomia, joiden tarkoituksena on toimia hulevesien johtamisreittinä, hidastaa virtaamaa sekä samalla laskeuttaa epäpuhtauksia puron pohjalle. (Suomen Kuntaliitto 2012, 157.) Purojen sijainnit ja kokoluokat ovat yleensä syntyneet luonnostaan, mutta varta vasten hulevesien johtamisreiteiksi rakennettuja puroja löytyy paljon. Näitä toteutetaan uudiskohteina, mutta yleensä puroja rakennetaan vanhojen uomien kohdalle. Rakennettu puro on useimmiten yhdistelmä rakenne, johon voidaan sijoittaa erilaisia muotoja, leveämpiä sekä kapeampia kohtia, maaston muotojen mukaan. (Kuva 1.) (Eskola & Tahvonen 2010, 87.)



Kuva 1. Kivillä verhottu purouoma. (Suomen Kuntaliitto 2012, 165.)

## 4 YMPÄRISTÖRISKI

### 4.1 Määritelmä

Ympäristöriskillä tarkoitetaan riskiä, joka aiheuttaa ympäristövahinkoa ja jonka seurausten katsotaan kohdistuvan maahan, veteen tai ilmaan. Ympäristöriskistä aiheutuneet seuraukset voivat myös kohdistua ihmisten terveyteen tai elinolojen viihtyvyyteen, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin, luonnon monimuotoisuuteen, maisemaan tai yhdyskuntarakenteeseen. (Molarius ym.2003,15; Wessberg ym.2006,6.)

Ympäristöriskin aiheuttamien vaikutusten vakavuuteen vaikuttaa ensisijaisesti päästölähteen esimerkiksi yrityksen tai muun tarkasteltavan toiminnan sijainti. Maaperän laatu sekä vesistöjen läheisyys, varsinkin pohjavesialueelle sijoittuvan toiminnan ja luonnonsuojelu- tai virkistysalueen läheinen sijainti, vaikuttavat riskin vakavuuteen ja tehtäviin toimenpiteisiin. Esimerkiksi maaperään kohdistuva ympäristöriski voi saada pohjavesialueella suurempaa vahinkoa aikaiseksi kuin vastaava päästö tiiviillä savimaaperällä. (Keränen ym. 2000, 3.)

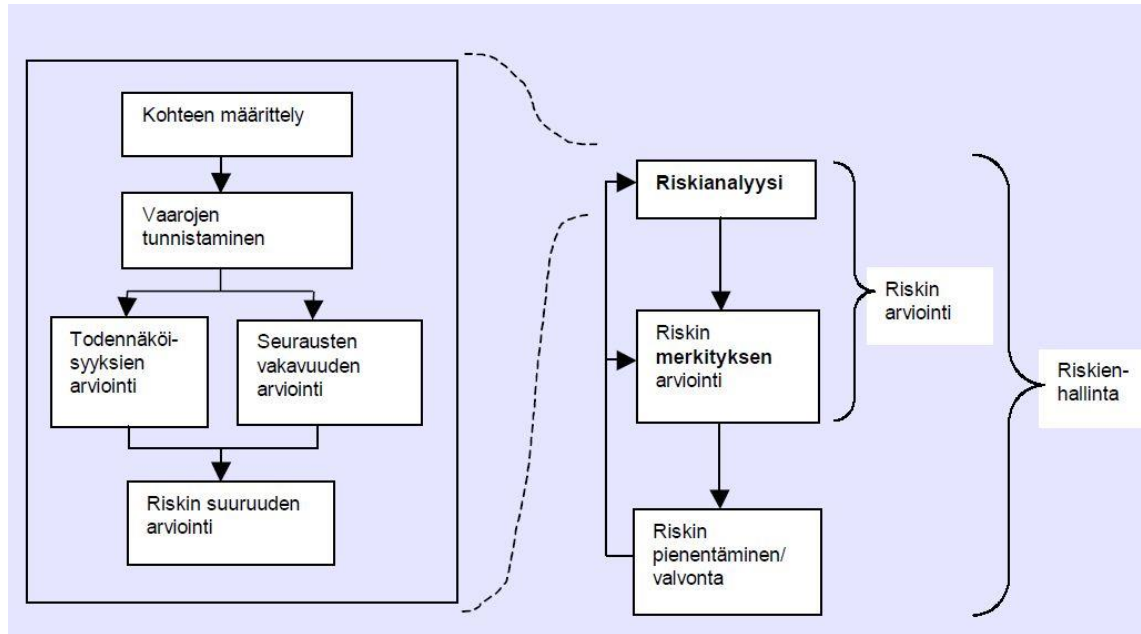
Ympäristöriski voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen; terveysriskiin, ekologiseen riskiin ja hyvinvointiriskiin, mutta kokonaisvaltaisella ympäristöriskillä tarkoitetaan usein näiden kolmen yhdistelmää. (Wessberg ym.2000, 36–37.)

Ekologisella riskillä tarkoitetaan eliöihin ja niiden elinympäristöjen välisiin suhteisiin kohdistuvia riskejä. Haitalliset aineet ja päästöt ympäristöön voivat häiritä tai lamauttaa eliöitä joko suoraan tai epäsuorasti. Päästöt voivat tapahtua myös lyhyen ajan sisällä tai pitemmällä aikavälillä. (Wessberg ym.2000, 36–37.)

### 4.2 Ympäristöriskin hallinta

Vuonna 1995 kehitettiin standardi teknisten järjestelmien riskianalyyksille, SFS-IEC 60300-3-9, joka antaa ohjeita teknisten riskien arviointiin. (Kuva 2.) Tämän standardin mukaan riskin määritelmä on ”tietyn vaarallisen tapahtuman esiinty-

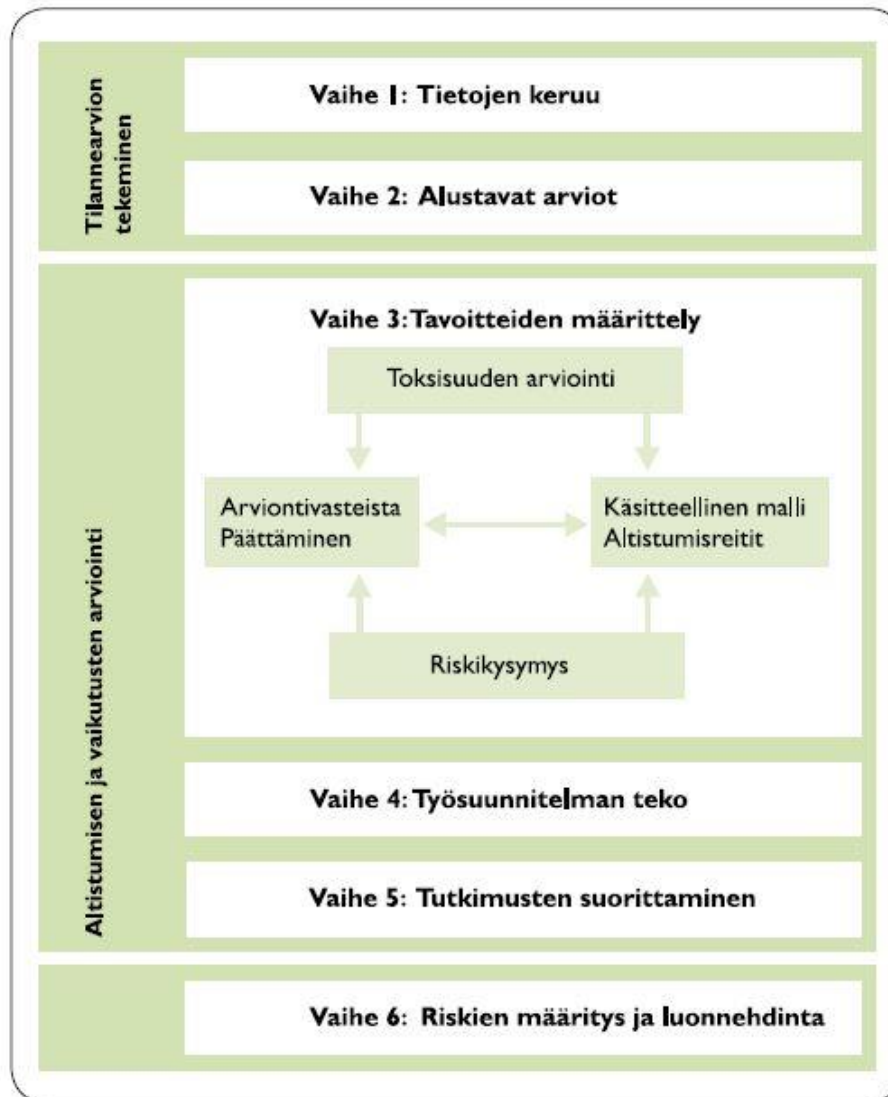
mistaajuuden tai – todennäköisyyden ja seurauksen yhdistelmä.” Vaarallisena tapahtuma voidaan pitää muun muassa ympäristövahinkoa. (Molarius ym. 2003.)



Kuva 2. Riskianalyysi standardin SFS-IEC 60300-3-9 mukaan. (Molarius ym.2003.)

Erilaiset riskianalyysit ja riskien hallintamenetelmät ovat olennainen osa jokaisen yrityksen toimintaa. Yritysten aiheuttamat ympäristövaikutukset koostuvat yleisimmin luvan varaisesta normaalista toiminnasta sekä äkillisistä häiriötilanteiden aiheuttamista päästöistä. (Rissa 1999, 175–176.)

Mahdollisia satunnaispäästöjä tarkasteltaessa on ensisijaisesti tärkeää tunnistaa riskit, jotta niitä voidaan ylipäätään yrittää hallita. Ympäristöriskianalyysi toimii riskien tunnistamisen työkaluna, jonka avulla tuotetaan tietoa satunnaispäästötilanteiden tunnistamisen avuksi ja niiden ennaltaehkäisyyn. Riskinarvioinnissa voidaan soveltaa portaittaista menetelmää ja tästä hyvänä esimerkkinä ovat ERA-portaat. (Kuva 3.) (Wessberg ym.2000, 38–39.)

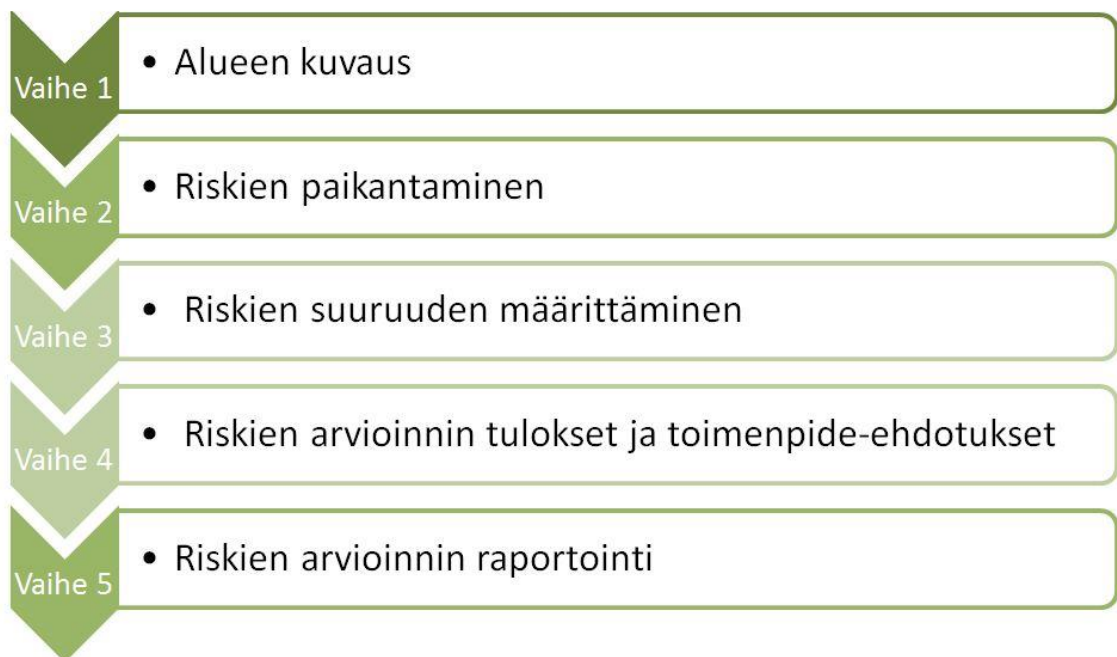


Kuva 3. Ekologisen riskinarvioinnin vaiheet: ERA-portaat. (Pellinen ym.2007, 15.)

## 5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

### 5.1 Ympäristöriskien arviointimenetelmä

Tässä opinnäytetyössä tullaan käyttämään erilaisten ympäristöriskien arviointimenetelmien yhdistelmää ja niitä tullaan soveltamaan sellaiseen muotoon, mikä soveltuu parhaiten hulevesien aiheuttamien ympäristöriskien arviointiin. Laadittu menetelmä on yhdistelmä ekologista riskien arviointimenetelmää (ERA) sekä standardin SFS-IEC 60300-3-9 mukaista riskianalyysia. (Kuva 4.)



Kuva 4. Itsetehty kaavio ympäristöriskien arviointimenetelmästä.

### 5.1.1 Alueen kuvaus

Alueen kuvaus aloitetaan kuvailemalla kaupunkipuroa ympäröivän alueen yleispiirteet, sen sijainti, maankäyttö ja tärkeät luontokohteet. Näitä voivat olla esimerkiksi luonnonsuojelualue, suo- tai koskialueet sekä arvokkaat metsäalueet.

Valuma-alue rajataan kartalle ja sitä voidaan tarvittaessa täydentää maastokäynneillä. Kartalle rajaus itsessään tuottaa jo tärkeää tietoa valuma-alueesta, sen pinta-alasta, maankäytöstä sekä yleisellä tasolla valuma-alueen mahdollisista vaikutuksista puroon. (Sarvilinna ym. 2012, 21.)

Valuma-alueen yleispiirteitä selvittäessä otetaan huomioon alueen maa- ja kallioperä, jotka vaikuttavat merkittävästi puroon uoman rakenteeseen ja vedenlaatuun. Maa – ja kallioperän laatua voi kartoittaa paikkatieto-ohjelmien tai paperisten karttojen avulla. (Sarvilinna ym. 2012, 24–25.)

Kaupunkipuron eliölajeista voidaan valita niin sanotut indikaattorilajit, joiden esiintymiseen mahdollisten vedenlaadun muutoksien oletetaan vaikuttavan eniten. Indikaattorilajien valinnalla hulevesien haitallisimmat aineet erottuvat selkeästi ja näin ollen helpottavat jatkotoimenpiteiden suunnittelua.

### 5.1.2 Riskien paikantaminen

Kaupunkipurovesistöihin kohdistuvia riskejä, tässä tapauksessa hulevesiä, on helpointa tarkastella karttojen avulla sekä maastokäynnein. Paikkatietojärjestelmien avulla saadaan myös helposti selville sadevesiviemärit ja vesistöön purkautuvien hulevesiputkien purkautumiskohdat.

Valuma-alueen maankäyttöä voidaan kartoittaa myös paikkatieto-ohjelmilla ja niiden avulla voidaan vaivattomasti laskea eri maankäyttötyyppien osuudet koko alueen pinta-alasta sekä tehdä havainnollistavia karttoja. Pelkkää karttanalyysiäkin voidaan käyttää, mutta silloin havaintoja tulisi tarkentaa maastokäynneillä.

Valuma-alueen maankäyttöä tarkastelemalla pystytään arvioimaan kaupunkipuroon kohdistuvia riskejä ja paikantamaan mahdolliset pistekuormituslähteet kuten teollisuuslaitokset tai huoltoasemat. (Sarvilinna ym. 2012, 25.)

### 5.1.3 Riskien suuruuden määrittäminen

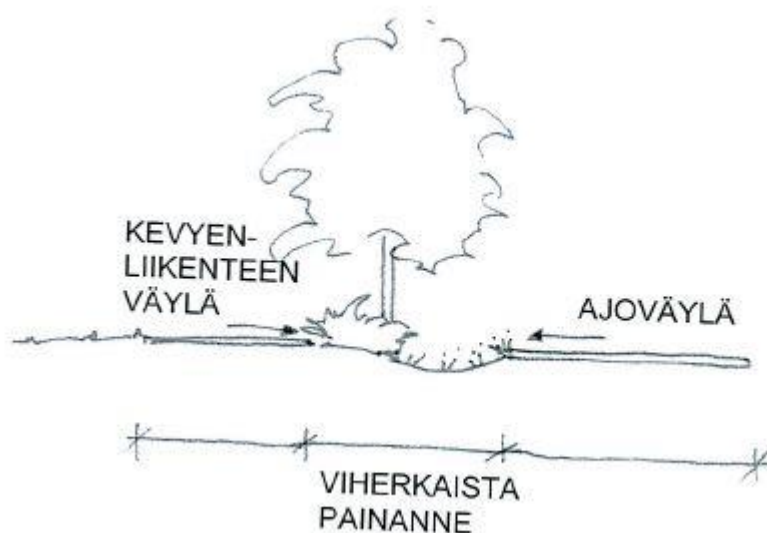
Hulevesiä ja niiden mahdollisesti aiheuttamia riskejä kaupunkipurovesistöihin arvioidaan ensin vesistöä ympäröivän maankäyttötyyppien perusteella ja riskikohteiden paikantamisen jälkeen riskit todennetaan hulevesinäyttein. Hulevesien aiheuttamaan kuormitusta vesistölle on hankalaa arvioida, koska vesistöihin purkautuvien hulevesien laatu riippuu muun muassa sadannan määrästä ja kestosta sekä sitä edeltävän kuivan kauden pituudesta. Hulevesien laatua tarkailtaessa olisikin tärkeää, että näytteenottopisteissä olisi jatkuva näytteenotto, joka mittaa ravinteita koko sateen keston ajan. Luotettavien tuloksien saamiseksi näytteitä tulee ottaa ainakin muutaman kesän ajan. Näytteenottopisteet tulee valita monipuolisesti eri kohdista kaupunkipuroa, jotta ne ilmentäisivät puron kokonaistilannetta. (Lammi 2006, 32.)

### 5.1.4 Riskien arvioinnin tulokset ja toimenpide-ehdotukset

Riskien paikantamisen ja vesinäytteiden tulosten analysoinnin jälkeen arvioidaan aiheutuuko hulevesistä riskejä kaupunkipurolle. Tässä vaiheessa arvioidaan myös hulevesien aiheuttamia riskejä valituille indikaattorilajeille. Jos jotain hälyttävää ilmenee, ruvetaan tarkastelemaan erilaisia hulevesien hallintamenetelmiä.

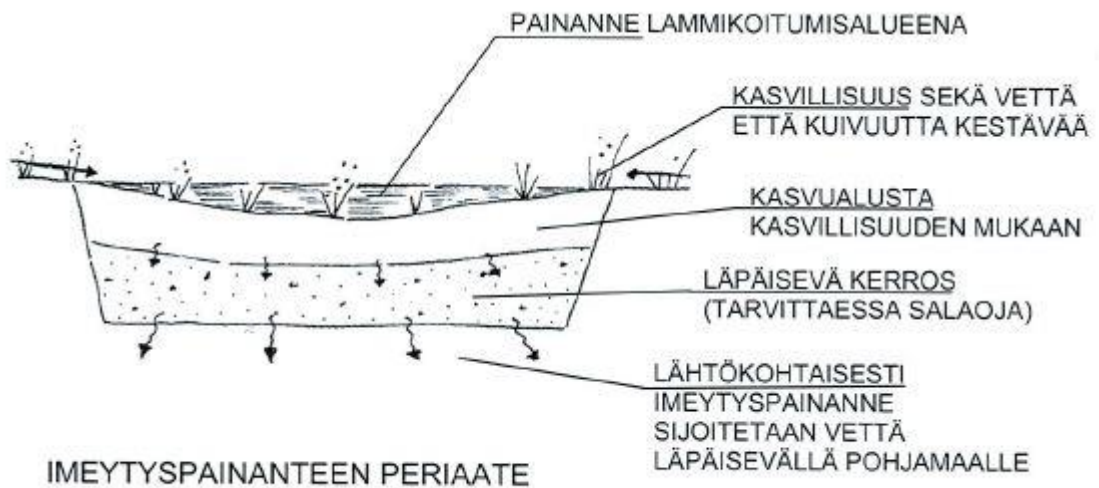
Hulevesien hallintamenetelmien avulla suojellaan kaupunkipurujen vedenlaatua ja estetään puron tulvimista sekä toisessa ääripäässä kuivumista. Hulevesiviemäreiden sijaan hulevesien hallinnassa suositaan luonnonmukaisia huleveden hallintajärjestelmiä, jonka lähtökohtana on säilyttää vesistön hydrologinen tila mahdollisimman luontaisessa muodossaan. Peruseriaatteena hulevesien luonnonmukaisessa hallinnassa on hulevesien johtaminen vettä läpäisevil-

le imeytysalueille. Puroon purkautuvan valunnan määrä ja luonnolliset vuodenaikaiset vaihtelut on tarkoitus säilyttää ennallaan, vaikka puroa ympäröivien valuma-alueiden maankäyttö muuttuu. (Sarvilinna ym. 2012, 36; Salminen ym. 2005, 2.)



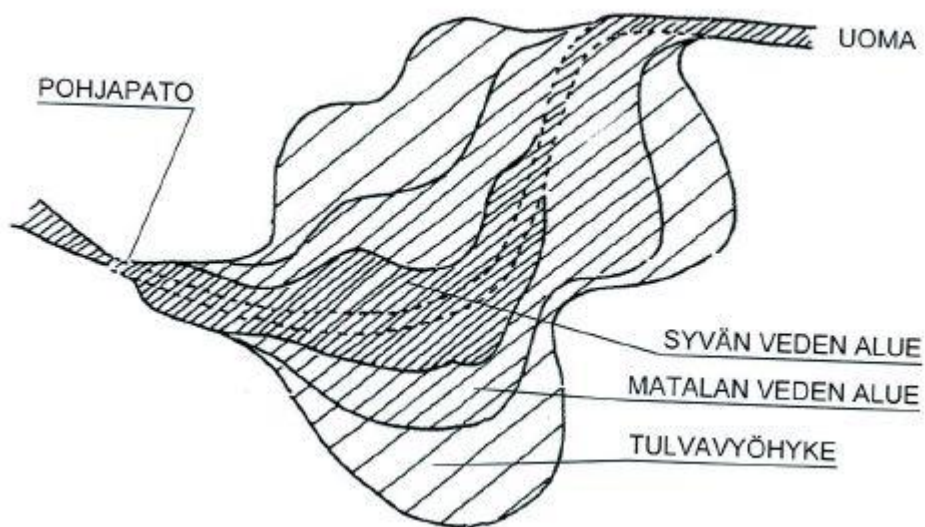
Kuva 5. Viherkaistapainanne. (Eskola & Tahvonen 2010, 111.)

Imeytysalueet voivat olla muun muassa viherkaistoja isompien teiden varsilla, pysäköintialueiden reunoilla sekä liikenteenjakkajien keskellä. (Kuva 5.) Imeytysalueilla kasvillisuus ja orgaaninen maaperä toimivat suodattimena, joka tehostaa hulevesien sisältämien haitallisten aineiden puhdistumista. (Kuva 6.) (Eskola & Tahvonen 2010, 110.)



Kuva 6. Imeytysrainanne. (Eskola & Tahvonen 2010, 109.)

Muita hyväksi havaittuja hulevesien luonnonmukaisia hallintakeinoja ovat muun muassa kosteikot (Kuva 7.) ja viherkatot, jotka niin ikään hidastavat hulevesien haitallisten aineiden pääsyä kaupunkipuroon sekä puhdistavat niitä. (Sarvilinna ym. 2012, 36.)



Kuva 7. Kosteikko. (Eskola & Tahvonen 2010, 111.)

Varsinkin uusia asuinalueita suunniteltaessa kaavoituksella on suuri rooli hulevesien hallintajärjestelmän valinnassa. Hyvän aluesuunnittelun avulla läpäise-

mättömän pinnan määrä minimoidaan ja läpäisevän pinnan määrä maksimoidaan. (Salminen ym. 2005, 2.)

#### 5.1.5 Riskien arvioinnin raportointi

Koko riskien arviointi prosessin tavoitteena on luoda ja koota sellaista tietoa, josta lukija ymmärtää mitä on tehty, miksi näin tehtiin ja millä perusteilla johtopäätökset on laadittu. Tämä kaikki selvitetään riskien arvioinnin tulokset kokoaavalla raportilla. Raportin on oltava sisällöltään sellainen, että sen perusteella voidaan käydä läpi koko riskien arviointiprosessi. Riskien arviointiprosessin tulee vakuuttaa lukijansa arvioinnin uskottavuudesta, kuitenkin unohtamatta arvioinnin mahdollisten puutteiden esittelyä. (Pellinen ym. 2007, 48–49.)

#### 5.1.6 Opinnäytetyön toteutus ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö tullaan toteuttamaan kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä käyttäen tarkoituksena kehittää hulevesien aiheuttamien riskien arviointiin sopiva menetelmä tapaustutkimusta esimerkkinä käyttäen. Ensimmäisessä vaiheessa kootaan taustatietoa ja tarkastellaan julkaisuja erilaisista ympäristöriskien hallintajärjestelmistä sekä hulevesiä käsittelevää kirjallisuutta. Tapaustutkimuksena tarkasteltavaa Kuninkojaa lähestytään myös muun muassa Turun ammattikorkeakoulun ja Turun kaupungin ympäristönsuojelun yhteistyössä teettämien raporttien sisältämän tiedon perusteella.

Opinnäytetyössä tullaan vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Mihin hulevesiviemärit purkautuvat Kuninkojassa valituilla alueilla?
2. Millaisilta valuma-alueilta hulevedet tulevat ja mitä toimintoja näillä alueilla on?
3. Mitkä ovat valuma-alueiden riskikohteet?
4. Millainen on Kuninkojaan purkautuvien hulevesien laatu?
5. Millaisia riskejä hulevedet aiheuttavat jokiravuille ja taimenille?

Kuninkojasta valikoitui kolme eri aluetta opinnäytetyössä tarkasteltavaksi: Kuninkojan asuinalue, Suikkila sekä Iso-Heikkilä. (Kuva 9.) Valituista alueista keskusteltiin yhdessä opinnäytetyön ohjaajan kanssa sekä Valonian purohankkeesta vastanneen Janne Tolosen kanssa. Nämä alueet valittiin jokiravun ja taimenten esiintymisalueiden sekä niiden potentiaalisten esiintymisalueiden perusteella. Alueet myös luovat kohtalaisen kattavan otoksen Kuninkojasta, erilaisine maankäyttötyypeineen.

Toisessa vaiheessa toteutetaan aineiston keruu ja työn eri osa-alueiden yhteen koonti. Kerätyn aineiston valossa toteutetaan Kuninkojan maastokävely ja silmäääräinen havainnointi työhön valituilla hulevesien purkupisteillä.

Kolmannessa vaiheessa kerätty aineisto käsitellään ja analysoidaan. Tulokset kirjataan opinnäytetyöhön jokaisen valitun alueen alle omaksi osakseen ja tehdään erilliset johtopäätökset sekä toimenpide-ehdotukset valituille Kuninkojan puron alueille. Lopuksi työ kootaan yhteen kokonaiskuvaa tarkastelevien johtopäätösten avulla.

## 6 CASE KUNINKOJA

### 6.1 Alueen kuvaus

Kuninkoja virtaa Turun ja Raision alueella saaden alkunsa Pomponrahkan ja Isosuon suoalueilta ja päätyen Saaristomereen Turun länsisatamassa. Kuninkojan pääuoman pituus on noin 7 kilometriä ja se mutkittelee usean kaupungin osan lävitse. Kuninkojalla on kolme sivuhaaraa; Makslanjoki, Vetikonoja sekä Kovasoja-Saukonoja. (Ilkka-hanke 2013, 52–55.)

Kuninkoja on profiililtaan mutkitteleva ja maaperältään savinen, jonka takia vesi on luonnostaan sameaa. Valuma-alueen yläosissa on lisäksi pieniä hiekkapohjaisia sekä soisia alueita. (Ilkka-hanke 2013, 54.)

Kuninkojan koko valuma-alue on kooltaan 14,9 km<sup>2</sup>, josta läpäisemätöntä pinta-alaa on 2,62 km<sup>2</sup>. Eriteltynä valuma-alueita on yhteensä 4 kappaletta. (Taulukko 1.) Läpäisemättömästä pinta-alasta kattopinta-alaa on 0,81 km<sup>2</sup> ja teiden pinta-alaa 1,83 km<sup>2</sup>. Valuma-alueen valuntakerroin on 0,29. (Ilkka-hanke 2013, 55.)

Taulukko 1. Kuninkojan valuma-alueet. (Ilkka-hanke 2013, 55.)

Valuma-alue nro	3,0;1	3,0;2	3,0;3	3,0;4	Yhteensä
<b>Nykytilanne</b>					
Valuma-alueen pinta-ala [ha]	74	540	283	602	1499
Suunnittelualueen sisäpuolella	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Läpäisemätön pinta [ha]					
• Kattopinta-ala	9,5	43,4	6,1	22,8	81,8
• Teiden pinta-ala	15,3	73,8	31,4	59,8	180,3
Valuntakerroin	0,49	0,35	0,22	0,24	0,29
<b>Tulevaisuus</b>					
Läpäisemättömän pinta-alan muutos [ha]	7,4	7,9	21,9	13,7	
Valuntakerroin	0,59	0,36	0,30	0,26	0,32

Valuntakertoimella tarkoitetaan suhdelukua, jolla kuvataan valuma-alueelta välittömästi pintavaluntana purkautuvan veden määrää kokonaissademäärästä. Erilaiset veden häviöt, kuten haihtuminen, veden pidättyminen ja imeytyminen

sekä pintavarastoituminen on poistettu suhdeluvusta. (Suomen Kuntaliitto 2012, 15.)



Kuva 8. Kuninkojan tarkasteltavat alueet.

## 6.2 Kuninkojan vedenlaatumittaukset

Kuninkoja on merkittävä osa Turun kaupungin hulevesijärjestelmää. Ympäröiviltä valuma-alueilta puuron purkautuvat hulevedet aiheuttavat selkeitä muutoksia Kuninkojan virtauksissa ja veden pinnankorkeuksissa. (Ilkka-hanke 2013, 54) Vuonna 2012 Kuninkojan virtaamat vaihtelivat muutamasta litrasta sekunnissa

elokuun korkeimpaan lukemaan 11,8 m<sup>3</sup>/s. Pinnankorkeus vaihteli 2,3 metristä 0,22 metriin. (Huhta ym. 2012, 10.)

Vuonna 2013 Kuninkojaan kohdistuva kiintoainekuorma oli noin 600 tonnia ja fosforikuorma noin 1000kg. Seurantajakso kesti 239 vuorokautta, jolloin voidaan todeta todellisen vuosikuormituksen olevan vielä suurempi. (Huhta&Leskinen 2013, 20.)

Turun alueen hulevesistä otettiin vuonna 2012 ja 2013 kolmena eri ajankohtana vesinäytteet, joilla mitattiin kokonaisfosforia, kokonaistyppeä, kemiallista hapen kulutusta (COD<sub>cr</sub>) sekä kiintoaineen määrää. Näistä mittauspisteistä vuonna 2012 neljä sijaitsi Kuninkojassa ja vuonna 2013 kolme. (Huhta&Leskinen 2013, 26.)

Saadut vesinäytteet eivät ole otettu hulevesiputkien päistä, mutta puron vedenlaadun yleiskuvan saamiseksi vesinäytteiden tulokset esitellään tässä työssä kohdistuen tulokset tarkkailtavien alueiden alle.

### 6.3 Hulevesien vaikutukset Kuninkojan tulvimiseen

Kuninkojan alajuoksulla esiintyy noin kerran tai kaksi vuodessa niin sanottu meritulva, joka saattaa aiheuttaa pientä tulvimista paikallisesti. (Ilkka-hanke 2013, 52.) Meritulvat johtuvat monista eritekijöistä, kuten aalloista, ilmanpainevaihteista, tuulista, Itämeren yleisestä vesimäärästä sekä veden suolaisuudesta. (Vaitomaa ym. 2010, 5.) Hulevedet kuitenkin voimistavat tulvimista Kuninkojan muillakin valuma-alueilla muuttamalla veden virtaamia. Rankkasateella veden virtaama voi nousta hetkellisesti jopa 10m<sup>3</sup>/s, jolloin puron vedenpinta nousee paikoitellen jopa kahteen metriin. Keskikesällä tavanomainen Kuninkojan virtaamaa on noin muutamia litroja sekunnissa, jolloin vedenpinnan korkeus on vain noin 0,2 metriä. (Ilkka-hanke 2013, 55.)

Intensiivinen rakentaminen on suurimpana syynä Kuninkojan paikoittaiseen tulvimiseen yhdessä purouoman ruoppauksien kanssa. Intensiivistä rakentamista on tapahtunut muun muassa Kuninkojan ja Makslandojan yhtymäkohdan yläpuo-

lisella alueella, jossa tulviminen on luonut tarpeen tulva-altaan rakentamiselle. Hulevesiviemäreiden mitoitus on myös paikoitellen riittämätön. Tällaisia ongelmakohtia ovat muun muassa Uudenkaupungin radan alittava rumpu, joka poutuu ja näin ollen aiheuttaa tulvimisvaaran jopa Saukonojan valuma-alueella sijaitseville asuinalueille. Purouomaa on keinotekoisesti muutettu ainakin Länsikeskuksen eteläpuolisella alueella sekä Suikkilan koskialueen ala-osassa. (Tolonen 2015.)

Kuninkojan usealle valuma-alueelle kaavoitetaan uutta asuin- ja työpaikkarakentamista ja paine rakentaa uutta kasvaa koko ajan. Varsinkin jo nyt herkille tulva-alueille kuten Härkämäkeen, Jyrkkälään ja Muhkuriin tulee tehdä selkeät hulevesien hallintasuunnitelmat. (Ilkka-hanke 2013, 56.)

Tulviminen ja vedenkorkeuden vaihtelut vaikuttavat esimerkiksi taimenen elinoloihin ja vaeltamisolosuhteisiin merkittävästi. Vedenkorkeuden ollessa liian matalalla taimenet eivät pääse vaeltamaan puroissa. Tulviminen on siis usein taimenelle edullista. Kuitenkin lisääntynyt tulviminen ja hulevesien määrän kasvaminen puroissa aiheuttaa valuma-alueilta huuhtoutuvien haitta-ainepitoisuuksien sekä ravinteiden määrän nousua, joka puolestaan vaikuttaa vedenlaatuun kielteisesti. (Kauppi & Kämäri 1996.)

## 6.4 Kuninkojan indikaattorilajit

### 6.4.1 Taimen

Taimen (*Salmon Trutta*) kuuluu lohikaloihin ja sen ulkonäkö vaihtelee sen elinympäristön mukaan. Puroissa esiintyvät taimenet ovat tummempia kuin taas meressä esiintyvät taimenet, jotka ovat usein hopeanhohtoisia. Väriykseltään taimen on lohta täplikkömpi ja sen pyrstö on tanakampi. Taimenella on myös usein pienemmät suomut. Taimenet kutevat virtaavissa vesissä ja puroissa elävät taimenet saattavat käydä vaelluksella alapuolisessa meressä tai pysytellä koko elämänsä syntymäjoessaan. Taimen tarvitsee lisääntyäkseen koskia ja siellä olevia sorapohjaisia kutupaikkoja. Kutuaika taimenilla on yleensä syys-

joulukuussa, jolloin niitä ei saa kalastaa. Poikaset syntyvät seuraavana keväänä noin 2cm mittaisina. (Luonnonvarakeskus 2014a.) Kuninkojaan on istutettu vastakuoriutuneita taimenen poikasia kolmena keväänä vuosina 2012–2014 ja näiden istutusten tavoitteena on saada puroon luontaisesti lisääntyvä taimenkanta. (Kuva 11.) (Savolainen 2014, 17.) Taimenen ravinto määräytyy sen elinympäristön mukaan. Puroissa elävät yksilöt syövät pääasiassa planktonia, pohjaeläimiä, pintahyönteisiä sekä hyönteisen toukkia. (Luontoportti 2015.)

Taimen valittiin tähän opinnäytetyöhön puron tilasta kertovaksi indikaattorilajiksi sen vaativien elinolosuhdevaatimusten takia. Menestyäkseen vesistössä taimen tarvitsee runsashappista, puhdasta ja viileää vettä. Taimenen esiintymistä rajoittavia haitta-aineita ovat veden pH:n lasku, veden lämpötilan nousu sekä lisääntynyt kiintoaine. (Taulukko 2.) (Luontoportti 2015.) Taimen usein karttaa suoalueilta virtaavia happamia ja humuspitoisia vesiä. (Ahola & Havumäki 2008, 19.) Kutupaikkojen menetys purojen muokkaamisen myötä on myös suuri uhka taimenelle. (Luontoportti 2015.) Taimenen onnistuneelle lisääntymiselle uhkana on puron pohjalle kasaantuvan kiintoaineksen määrän kasvu, koska se heikentää mädin selviytymistä. (Ahola & Havumäki 2008, 50.)

Taulukko 2. Taimenten vedenlaatu vaatimukset. (Nordic Fly Fishing Association 2013; Koukussa 2015; Joensuu & Sarajärvi 1986.)

Taimenten vedenlaatu vaatimukset	
pH	väh.6-6,5
lämpötila	+4-19 °C
happipitoisuus	7-11 mg/l

Taimen luokitellaan erittäin uhanalaiseksi lajiksi ja kannan elpymisen vuoksi vesistöjen kuormitusta tulee vähentää, purokunnostushankkeita lisätä sekä vaellusesteitä poistaa. Myös verkkokalastuksen säätely on tärkeää varsinkin vaeltavien taimenkantojen osalta. (Luonnonvarakeskus 2014b.)



Kuva 9. Taimen Kuninkojassa. (Tolonen 2015.)

#### 6.4.2 Jokirapu

Jokirapu (*Astacus astacus*) on syntyperältään niin sanottu alkuperäinen laji, joka on levinnyt ympäri Suomea, jopa Oulun korkeudelle saakka. Suomessa vesistöissä asustaa kolme eri rapulajia: täplärapu, kapeasaksirapu sekä jokirapu. Jokirapu erottaa muista rapulajeista karkeamman kuorensa ja kyljissään olevien piikkien osalta. (Raputietokeskus 2011.)

Kuninkojassa jokirapua esiintyy Iso-Heikkilän alueella, noin 1,5 km mereltä ylävirtaan. Kanta on alueella varsin tiheä. (Kuva 12.) (Savolainen 2014, 42.)



Kuva 10. Jokirapu. (Tolonen 2015.)

Jokiravun menestymiselle tärkeitä vedenlaadullisia tekijöitä ovat veden pH (välillä 6-8), happitilanne (talvella yli 2mg/l ja kesällä yli 5 mg/l), veden rautapitoisuus (alle 3 mg/l) sekä kalsiumin määrä vedessä (yli 3 mg/l). (Taulukko 3.) Veden happamuus eli pH toimii jokirapujen elintoimintojen ja esiintyvyyden säätelijänä. Jos veden pH on liian matala, vedessä ei esiinny tarpeeksi kalkkia, mikä vaikuttaa heikentävästi jokiravun lisääntymiseen sekä hidastaa sen kasvua. Hapan vesi myös aiheuttaa sen, että rauta ja alumiini muuttuvat liukoiseen muotoon, jolloin etenkin alumiinista tulee jokiravuille myrkyllistä. Liennut rauta taas tukkii jokirapujen kidukset. Lisääntynyt kiintoaines toimii raudan tavoin tukkien rapujen kidukset ja vaikeuttaen niiden elinoloja sekä lisääntymispaikkojen löytymistä. (Salminen ym. 2002, 220–222.)

Taulukko 3. Rapujen vedenlaatu vaatimukset. (Salminen ym. 2002, 222.)

Jokirapujen vedenlaatu vaatimukset	
pH	6-8
<u>alkaliniteetti mmol/l</u>	yli 0,05
happi (talvella) mg/l	yli 2
happi (kesällä) mg/l	yli 5
kiintoaine mg/l	alle 100
kalsium mg/l	yli 3
rauta mg/l	alle 3

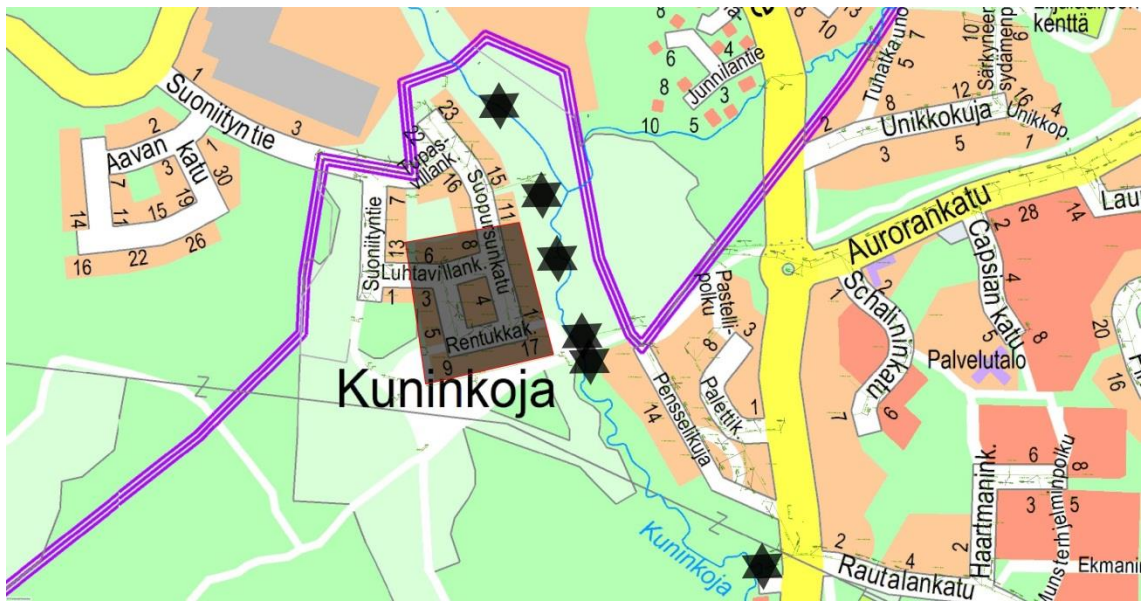
Jokiravun elinympäristössä tulee olla aina riittävästi vettä sekä suojaisia piilo-paikkoja. (Mannonen&Jussila 2002, 7.) Jokiravut viihtyvät etenkin virtaavissa vesissä. Vesistön pohjan laadulla on ravun menestymisen kannalta suuri merkitys. Pohja tulee olla kivikkoinen ja tarjota mahdollisuuksia kolojen kaivamiselle. Liian pehmeällä tai mutaisella pohjalla ravut eivät yleensä menesty. Vesistön lämpötilan tulee olla myös yli +15 asteista vähintään kahden kuukauden ajan vuodesta, jotta ravun lisääntyminen onnistuu. (Tulonen ym. 1988, 15.)

## 6.5 Riskien paikantaminen

### 6.5.1 Kuninkojan asuinalue

Kuninkojan yläjuoksulta tarkasteluun valikoitui Raision ja Turun rajalla sijaitseva Kuninkojan asuinalue. Alueelle sijoittuu myös Metsäkylä-Kuninkojan suojelu-alue, jonka luonto on rehevää rantaniittyä, lehtoja, tuoretta kangasmetsää sekä pieniä keto- ja kallioalueita. Luonnonsuojelualue perustettiin vuonna 1988 ja suojelemisen perusteena olivat alueen monipuolinen kasvillisuus ja linnusto. (Turun kaupunki 2012.)

Tällä valitulla alueella valuma-alue on rakennettua, pääosin omakoti- ja pientalorakentamista. Yläjuoksulla on laajoja parkkialueita, rakennustyömaita sekä laajoja kauppakiinteistöjä. Valuma-alueen pinta-alasta noin 40 % on parkkialuetta, pientaloaluetta noin 20 % ja peltoa/metsää noin 20 %. Hulevesiputkia tällä puroon osuudella on kuusi kappaletta. (Kuva 14.)



Kuva 11. Kuninkojan alueen hulevesiputket.

Maaliskuussa 2015 suoritetun kenttähavainnoinnin perusteella Kuninkojan kaupunginosan alueella virtaava purouoma oli huolestuttavassa kunnossa. Purouoma oli paikoitellen täynnä erilaista rakennusjätettä, muun muassa styrokso-paloja sekä isoja rakennusmuoveja. (Kuva 16.) Alueella rakennetaan omakotiloasutusta ja rakennusjäte on mitä luultavimmin kulkeutunut tuulen mukana rakennustyömaalta puroon. Rakennustyömaa on hahmoteltu karttaan harmaalla. Vesi oli sameaa johtuen pääosin ympäröivistä savimaista ja paikoitellen uomassa oli hyvin paljon kasvillisuutta. (Kuva 15.)

Kuninkojan kaupunginosan alueella ei purouoman välittömässä läheisyydessä sijaitse pistekuormituslähteitä, kuten teollista toimintaa tai huoltoasemia.



Kuva 12. Hulevesiviemäri Kuninkojan asuinalueella.

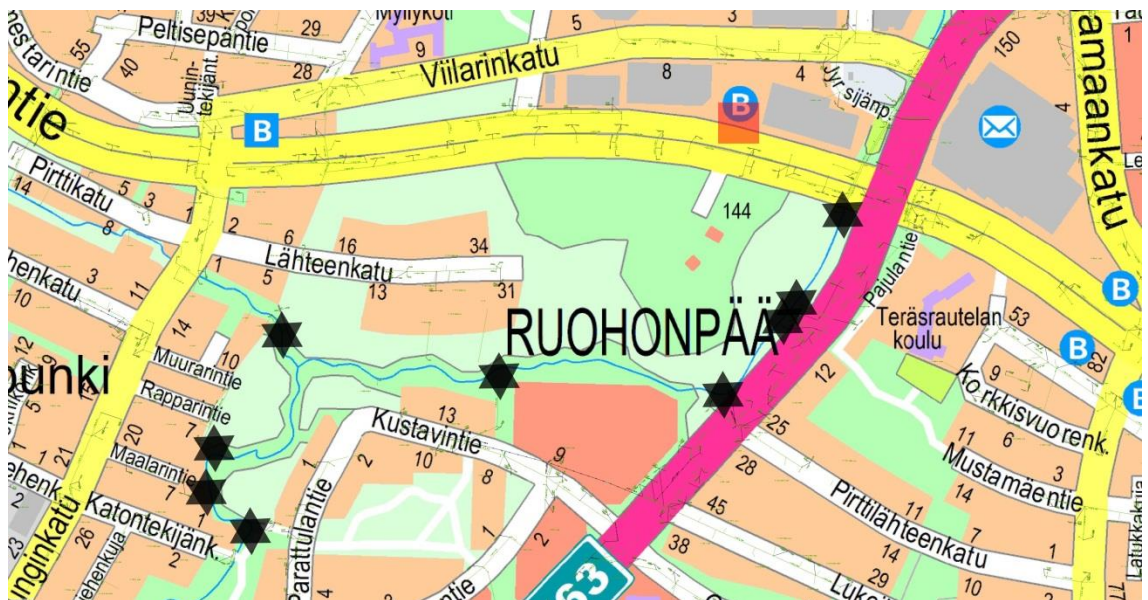


Kuva 13. Rakennusjätettä Kuninkojassa.

### 6.5.2 Suikkila

Suikkila on osa Pitkämäen kaupunginosaa ja tunnetaan parhaiten kerrostalovaltaisesta rakentamisestaan ja Turun ystävyyskaupunkien mukaan nimetyistä kaduistaan. (Minimatkaopas 2011.) Suikkilan alueella, Länsikeskuksen eteläpuolella, virtaa noin 200 metriä pitkä ja koskialue. Koskialue on taimenille oivalista elinaluetta muutamine syvänteineen. (Savolainen 2014, 38.)

Suikkilan purouoman valuma-alueesta noin 45 % on pientaloaluetta, liikennealueiden osuus on noin 16 % ja niittyä/peltoa on noin 25 %. Suikkilan kaupunginosan alueella Kuninkojaan purkautuu yhdeksän hulevesiputkea. (Kuva 17 & 19.)



Kuva 14. Suikkilan alueen hulevesiputket.

Suikkilan kaupunginosan alueella mahdollisena pistekuormituslähteenä on Länsikeskuksen alueella oleva huoltoasema (karttaan merkitty punaisella neliöllä), josta häiriötilanteessa sattuesssa saattaisi kohdistua päästöjä purouoman yläjuoksulle. Riski on kuitenkin todella pieni.

Maaliskuussa 2015 suoritetun kenttähavainnoinnin aikana ei ollut satanut pitkään ajankausiin, joten hulevesiviemäreiden vedenlaadusta ei silmämää-

räisesti saanut havaintoja. (Kuva 18.) Noin 2 metriä leveä purouoma oli kuitenkin siisti ja vesi oli luontaisesti sameaa.



Kuva 15. Suikkilan kaupunginosan hulevesiviemäritä.

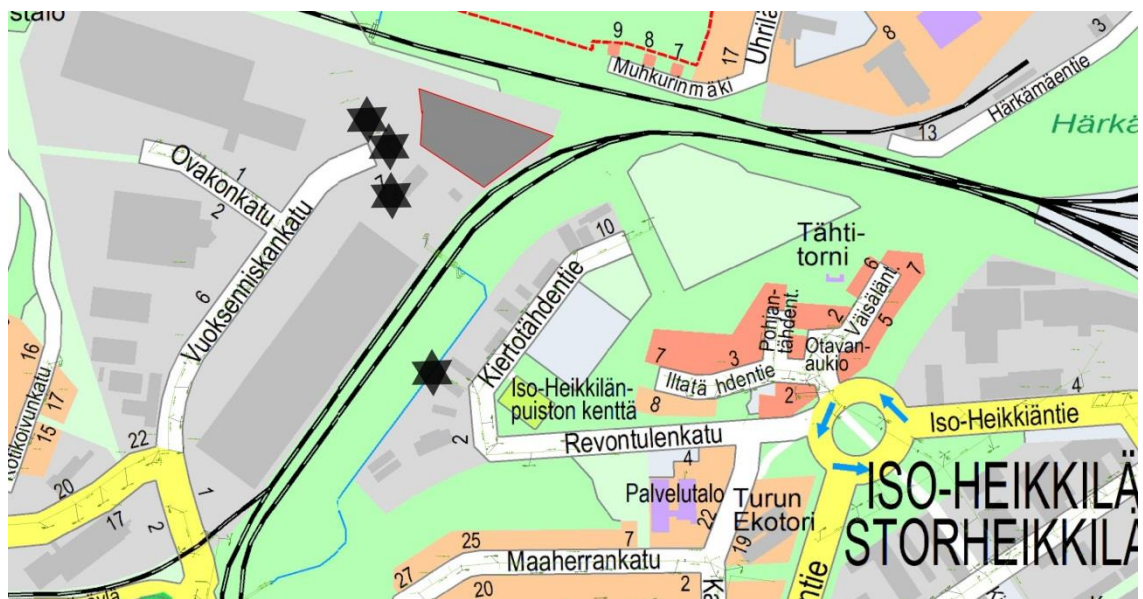


Kuva 16. Suikkilan koskialueelle purkautuva hulevesiviemäri.

### 6.5.3 Iso-Heikkilä

Iso-Heikkilä on pääosin vanhaa teollisuus - ja pientaloaluetta. Alueella on myös Kiertotähdentien sekä Ovakonkadun päässä olevat lumenkaatopaikat. Viime talvena käytössä oli vain Ovakonkadun lumenkaatopaikka. Iso-Heikkilän kaupunginosassa virtaava Kuninkojan uoma on noin 200 metriä pitkä ja uoman leveys vaihtelee 1 metristä 4,5 metriin. Uoman pohjanlaatu on paikoin todella upottavaa ja savista. Kuitenkin tämä kohta Kuninkojassa on jokiravun suosimaa elinympäristöä ja sitä esiintyy paikalla jopa runsaasti, vaikka elinympäristö ei kaikilta osilta ihanteellinen jokiravulle olekaan. (Savolainen 2014, 42.)

Iso-Heikkilän purouoman valuma-alueesta noin 29 % on pientaloaluetta ja noin 35 % teollisuusaluetta. Iso-Heikkilän kohdalla Kuninkojaan purkautuu neljä hulevesiputkea. (Kuva 20.) Kuvassa on harmaalla hahmoteltu Ovakonkadun päässä oleva lumenkaatopaikka.



Kuva 17. Iso-Heikkilän alueen hulevesiputket.

Iso-Heikkilän kaupunginosan alueella suurimpina pistekuormituslähteinä toimivat Kiertotähdentien varrella olevat autokorjaamot ja moottorihuoltamo sekä Vuoksenniskankadun logistiikkakeskukset ja muu teollisuus. Häiriötilanteissa on

mahdollista, että esimerkiksi autokorjaamoista kulkeutuu öljypäästöjä hulevesien mukana Kuninkojaan. Teollisuusalueilla tapahtuvat onnettomuudet ovat harvinaisia ja normaalitilanteissa teollisuusalueen toiminnosta ei ole purolle haittaa. (Sarvilinna ym. 2012, 26.)

Huhtikuussa 2015 suoritetun kenttähavainnoinnin aikana Iso-Heikkilän teollisuusalueelta (Kiertotähdentien läheisyydestä) löydettiin yksi hulevesiviemäri, josta pystyttiin silmämääräisesti havainnoimaan huleveden laatua. Putkesta purkautunut vesi oli kirkasta. (Kuva 21.)



Kuva 18. Iso-Heikkilän teollisuusalueen hulevesiviemäri.

## 6.6 Riskien suuruuden määrittäminen

### 6.6.1 Kuninkojan asuinalue

Kuninkojan kaupunginosa on pääasiallisesti maankäytöltään pientalovaltaista aluetta, jossa on paljon peltoja ja pieniä metsäalueita. Kuninkojan yläjuoksulla on myös laajoja pysäköintialueita sekä iso omakotitaloalueen rakennustyömaa.

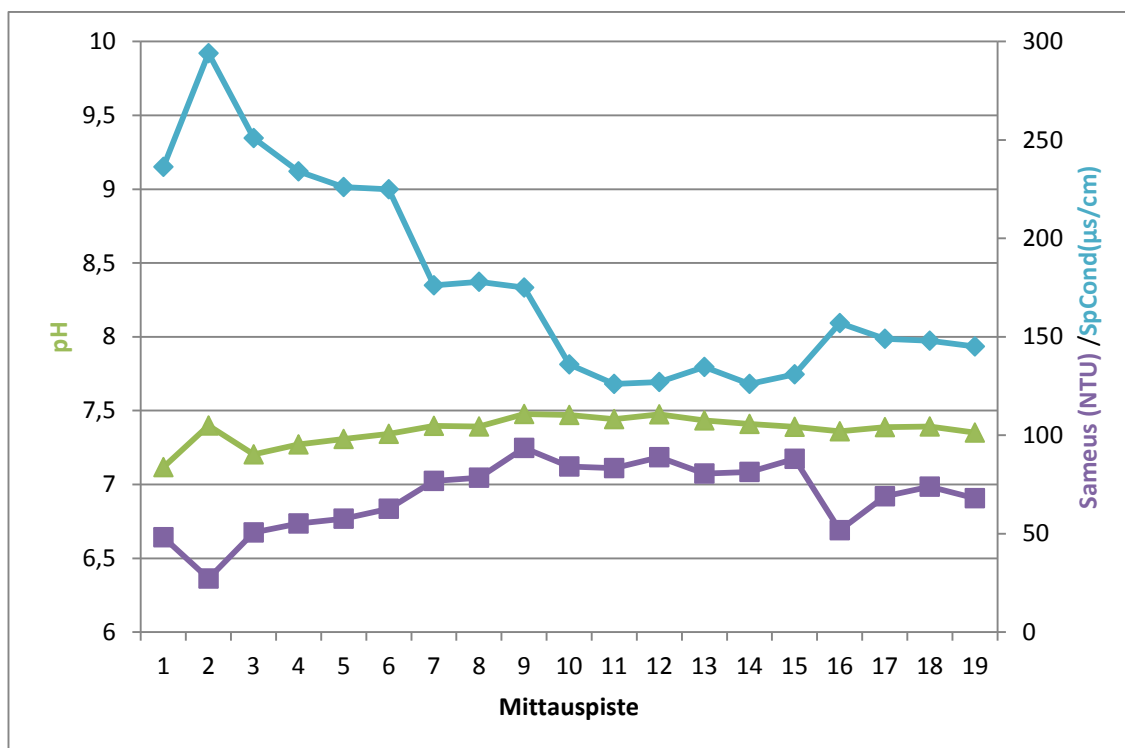
Taulukko 4. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Kuninkoja. (Kuusisto 2002.)

	Kiintoaine	Fosfori	Typpi	Lyijy	Kupari	Sinkki
<b>Pientaloalue</b>	22	30	250	11	5	18
<b>Pelto</b>	70	110	1500	10	2	8
<b>Niitty, nurmi</b>	70	53	480	10	2	8
<b>Metsä, suo</b>	2,5	9	250	10	2	8

(Kaikki yksiköt **kg/km<sup>2</sup>/a**)

Pientaloalueelta hulevesien mukana kulkeutuu enimmäkseen typpeä ja fosforia. Asuinalueiden pihamailta ja nurmikkoalueilta saattaa huuhtoutua myös tuholaismyrkkäjä sekä torjunta-aineita. Pelloilta selvästi eniten huuhtoutuu typpeä sekä torjunta-aineita ja lannoitteita. (Taulukko 4.) (Kuusisto 2002; Suomen Kuntaliitto 2012, 135.) Pysäköintialueilta valuu määrällisesti runsaasti hulevesiä vettä läpäisemättömien pintojen takia. Pysäköintialueiden hulevesissä on yleensä liikenteen ja autojen aiheuttamia epäpuhtauksia, kuten öljyjä, rasvoja, hiilivetyjä sekä metalleja. (Suomen Kuntaliitto 2012, 135.) Laajat vettä läpäisemättömät tummat pinnat aiheuttavat myös veden lämpötilan nousua, lämmön kerääntymistä tällaisille pinnoille. (Eskola & Tahvonen 2010, 17.) Rakennustyömailta hulevesien mukana kulkeutuu enimmäkseen kiintoainesta, mikä heikentää vastaanottavan puron vedenlaatua sekä kerää hulevesiviemäriputkiin lietettä, mikä saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa putken tukkeutumiseen. (Suomen Kuntaliitto 2012, 86.)

Turun ammattikorkeakoulu kartoitti vuonna 2013 sateen aikaista vedenlaadun vaihtelua koko Kuninkojan uoman alueella ja kaksi näytteenottopistettä (pisteet 1 ja 3, Liite 1.) osui Kuninkojan kaupunginosan läpi virtaavan puron osuudelle.



Kuvio 1. Sateen aikaiset vedenlaadun mittaukset, pisteet 1 ja 3. (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

Näiden tulosten perusteella näytteenottpisteissä 1 ja 3 pH-arvot olivat välillä 7,1–7,2. Veden sameusarvot olivat välillä 48–50 ja sähkönjohtavuusarvot olivat välillä 236–251. Puron happipitoisuus näytteenottpisteessä 1 oli noin 7,39mg/l ja pisteessä 3 noin 7,71mg/l. Veden lämpötila oli mittauspisteissä noin 14 astetta. (Kuvio 1.) (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

### 6.6.2 Suikkila

Maankäytöltään Suikkilan alue on pientalo- sekä kerrostalovaltaista aluetta. Länsikeskus sijaitsee hyvin lähellä ja Suikkilan koskialuetta reunustaa kaksi isoa tietä, Satakunnantie sekä Suikkilantie. Liikenteestä hulevesiin pääsevät haitta-ainepitoisuudet ovat yleensä etenkin metalleja, orgaanista aineista, typpeä, rikkiä, PAH-yhdisteitä, öljyä sekä kiintoainetta. (Airola ym. 2014, 16.)

Metalleja hulevesiin päätyy autoista peräisin olevista voitelu-, polttoaine ja öljypäästöistä (Legret & Pagotto 1999, 143.) Kiintoainetta tulee tien pinnan rapau-

tumisen seurauksena, auton renkaista sekä teiden hiekoituksesta. (Stockholms stad 2005.) PAH-yhdisteitä syntyy moottori- ja dieselöljyistä, noesta, asfaltista, pakokaasuista, bitumista sekä polttoprosessien sivutuotteena. (Työterveyslaitos 2011.)

Talvisin teiden liukkauden torjunnassa käytettävään tiesuolaan lisätään paakkuuntumisenestoainetta ja suola voi sisältää jopa 5 % epäpuhtauksia, kuten fosforia, sinkkiä, kuparia, rikkiä ja typpeä. (Marsalek 2003.) Helsingissä tehdyn hulevesien laatuun liittyvän tutkimuksen tuloksista havaittiin, että tiesuolat aiheuttavat myös kohonneita natrium- ja kloridipitoisuuksia kaupunkipuroissa. (Airola ym. 2014, 17.)

Suikkilan asuinalueelta hulevesien mukana kulkeutuu todennäköisesti eniten typpeä, joka on suurin mitattu haitta-ainepitoisuus jokaiselta eritellyltä maankäyttöalueelta. Niityiltä tulee toiseksi eniten kiintoainetta, kun taas liikenne- ja pientaloalueelta tulee fosforia. (Taulukko 6.)

Taulukko 5. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Suikkila. (Kuusisto 2002.)

	Kiintoaine	Fosfori	Typpi	Lyijy	Kupari	Sinkki
<b>Pientaloalue</b>	22	30	250	11	5	18
<b>Liikennealue</b>	37	41	300	29	4,5	30
<b>Niitty, nurmi</b>	70	53	480	10	2	8

(Kaikki yksiköt  $\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$ )

Suikkilan alueella Turun ammattikorkeakoulu on mitannut vedenlaatua yhdessä pisteessä (HU16, Liite 2.). Näytteenottopisteen kohdalla purouoma on noin 2 metriä leveä ja 1 metriä syvä sekä savipohjainen. Kasvillisuutta on vain vähän. Vuonna 2012 vesinäytteet otettiin lokakuussa sekä marraskuussa. Näytteestä tutkittiin seuraavat pitoisuudet: kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori ja kokonaistyppeä.

Taulukko 6. Vuoden 2012 näytteenottopisteen tulokset, Suikkila. (Huhta & Leskinen 2012, 17.)

	Kiintoaine (0,4 µm) mg/l		COD (Cr) mg/l		Kokonaisfosfori µg/l		Kokonaistyyppi µg/l	
	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.
pvm	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.
HU16	150	100	35	40	360	210	1600	1300

Määritellyistä ainepitoisuuksista korkean pitoisuuden rajan ylitti kokonaisfosfori. Kiintoaine ja kokonaistyyppi olivat kohtalaisien pitoisuuksien rajojen sisällä. (Taulukko 7.)

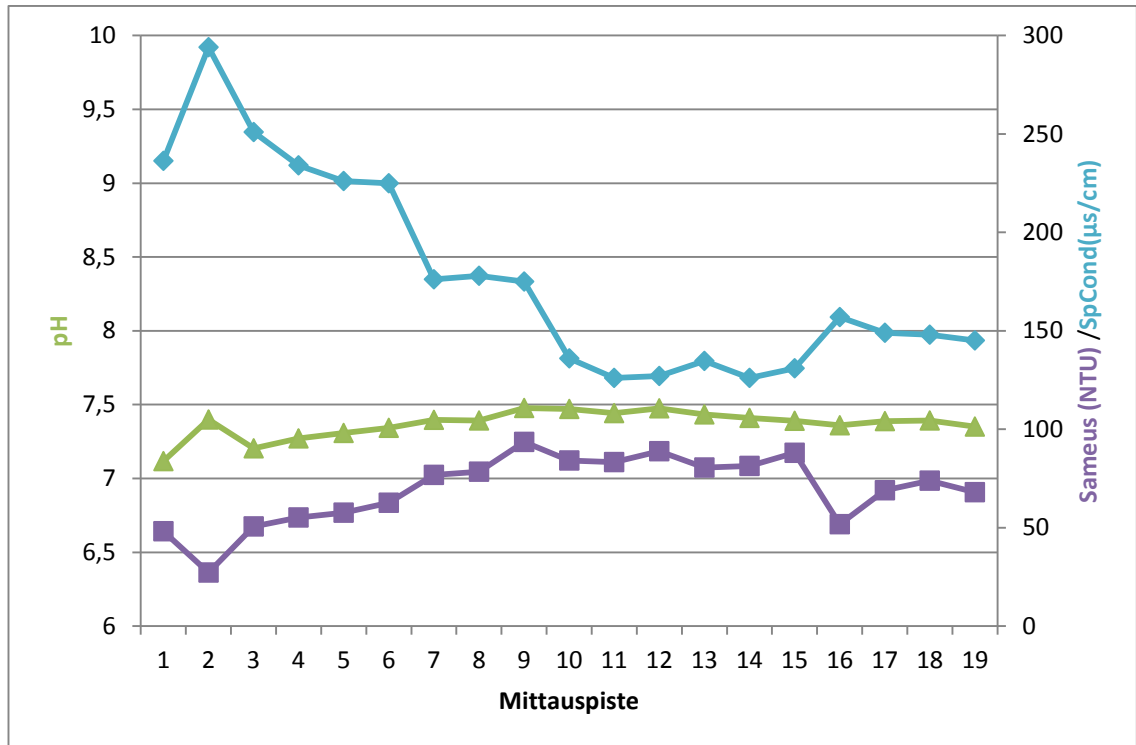
Vuonna 2013 samasta näytestä saatiin kahdella eri näytteenotokerralla 23.lokakuuta ja 4.marraskuuta vedenlaadun tulokset samojen ainepitoisuuksien osalta.

Taulukko 7. Vuoden 2013 näytteenottopisteen tulokset. (Huhta & Leskinen 2013, 25.)

	Kiintoaine (0,4 µm) mg/l		COD (Cr) mg/l		Kokonaisfosfori µg/l		Kokonaistyyppi µg/l	
	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.
pvm	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.
HU16	25	190	5,8	12	68	300	1000	1700

Tänä kyseisenä vuonna ainepitoisuuksista korkean rajan ylitti kiintoaine ja kokonaisfosfori, mutta vain marraskuun mittauksissa. Samana mittausajankohtana kokonaistyyppi ylitti myös kohtalaisen pitoisuuden rajan. (Taulukko 8.)

Vuonna 2013 tehtiin myös sateenaikaista vedenlaadun vaihtelua kartoittavat mittaukset ja mittauspisteet 10–12 (Liite 1.) osivat Suikkilan kaupunginosan kohdalla virtaavaan Kuninkojaan.



Kuvio 2. Sateen aikaiset vedenlaadun mittaukset, pisteet 10–12. (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

Näytteenottopiste numero 10:ssä veden sameusluku on noin 84, pH-arvo on noin 7,5, happipitoisuus noin 9,25mg/l ja sähkönjohtavuuskyky 136. Pisteessä 11 veden sameusluku on noin 83, pH-arvo on noin 7,4, happipitoisuus noin 9,23mg/l ja sähkönjohtavuuskyky 126. Pisteessä 12 veden sameusluku on noin 89, pH-arvo noin 7,5, happipitoisuus noin 9,46mg/l ja veden sähkönjohtavuuskyky 127. Veden lämpötila oli suunnilleen 14 astetta jokaisessa mittauspisteessä. (Kuvio 2.) (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

### 6.6.3 Iso-Heikkilä

Iso-Heikkilä on maankäytöltään pääasiassa teollisuus- ja pientaloaluetta, jolloin hulevesien mukana kulkeutuvat haitta-aineet voivat olla muun muassa kiintoainesta, fosforia, typpeä, lyijyä, kuparia sekä sinkkiä. Suurimpina haitta-aineina teollisuus- ja pientaloalueen hulevesissä ovat Kuusiston mukaan typpi ja fosfori.

Kuitenkin huomattavia pitoisuuksia sinkkiä ja kiintoainetta voidaan myös mitata teollisuusalueen hulevesistä. (Taulukko 10.)

Iso-Heikkilässä on myös kaksi Turun kaupungin lumenkaatopaikkaa, joiden lumien sulamisvedet johdetaan hulevesiviemäriä pitkin Kuninkojan alajuoksulle. Sulamisvedet sisältävät muun muassa hiekkaa, öljyä, kiintoaineita, tiesuolaa, kiintoaineita sekä metalleja. Rankkasateiden aikaan myös hulevesien määrä lisääntyy, mikä vaikuttaa Kuninkojan virtaamiin. (Komulainen 2014, 6.)

Taulukko 8. Arvioidut ominaiskuormitusarvot eri maankäyttömuodoille, Iso-Heikkilä. (Kuusisto 2002.)

	Kiintoaine	Fosfori	Typpi	Lyjy	Kupari	Sinkki
<b>Pientaloalue</b>	22	30	250	11	5	18
<b>Teollisuusalue</b>	78	93	500	57	40	96

(Kaikki yksiköt **kg/km<sup>2</sup>/a**)

Iso-Heikkilän alueella on tehty Turun ammattikorkeakoulun puolesta vedenlaadun mittauksia. Näytteidenottoapaikan kohdalla (HU20, Liite 2.) uoma on noin 2,5- 3 metriä leveä, savipohjainen ja melko niukka kasvillisuudeltaan. Vuonna 2012 otettiin vesinäytesarjat kolmena eri ajankohtana: kesäkuussa, lokakuussa sekä marraskuussa. Kesäkuun näyte jäi vajaaksi monen näytteenottopisteen osalta vähäisen sadannan vuoksi. Mitatut pitoisuudet olivat kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori sekä kokonaistyyppi. Kokonaisfosforin määrä ylitti korkean pitoisuuden rajan, muut pysyivät kohtalaisen pitoisuuden raja-arvojen sisällä. (Taulukko 11.) (Huhta & Leskinen 2012, 16.)

Taulukko 9. Vesinäytesarjan tulokset vuonna 2012. (Huhta & Leskinen 2012, 17.)

	Kiintoaine (0,4 µm) mg/l		COD (Cr) mg/l		Kokonaisfosfori µg/l			Kokonaistyyppi µg/l		
	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	19.6.	16.10.	2.11.	19.6.	16.10.	2.11.
<b>pvm</b>	16.10.	2.11.	16.10.	2.11.	19.6.	16.10.	2.11.	19.6.	16.10.	2.11.
HU20	160	180	30	42		320	330		1600	1300

Vuonna 2013 kartoitettiin hulevesien ravinnepitoisuuksia Kuninkojalla. Iso-Heikkilän kohdalta mittauspisteeksi valikoitui sama kohta kuin edellisvuonna. Ainoastaan marraskuussa otetussa näytteessä kokonaisfosforin määrä ylitti korkean pitoisuuden rajan. (Taulukko 12.)

Taulukko 10. Hulevesien ravinnepitoisuudet vuonna 2013. (Huhta & Leskinen 2013, 25.)

pvm	Kiintoaine (0,4 µm) mg/l		COD (Cr) mg/l		Kokonaisfosfori µg/l		Kokonaistyppi µg/l	
	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.	23.10.	4.11.
HU20	35	170	6,9	11	76	250	990	1600

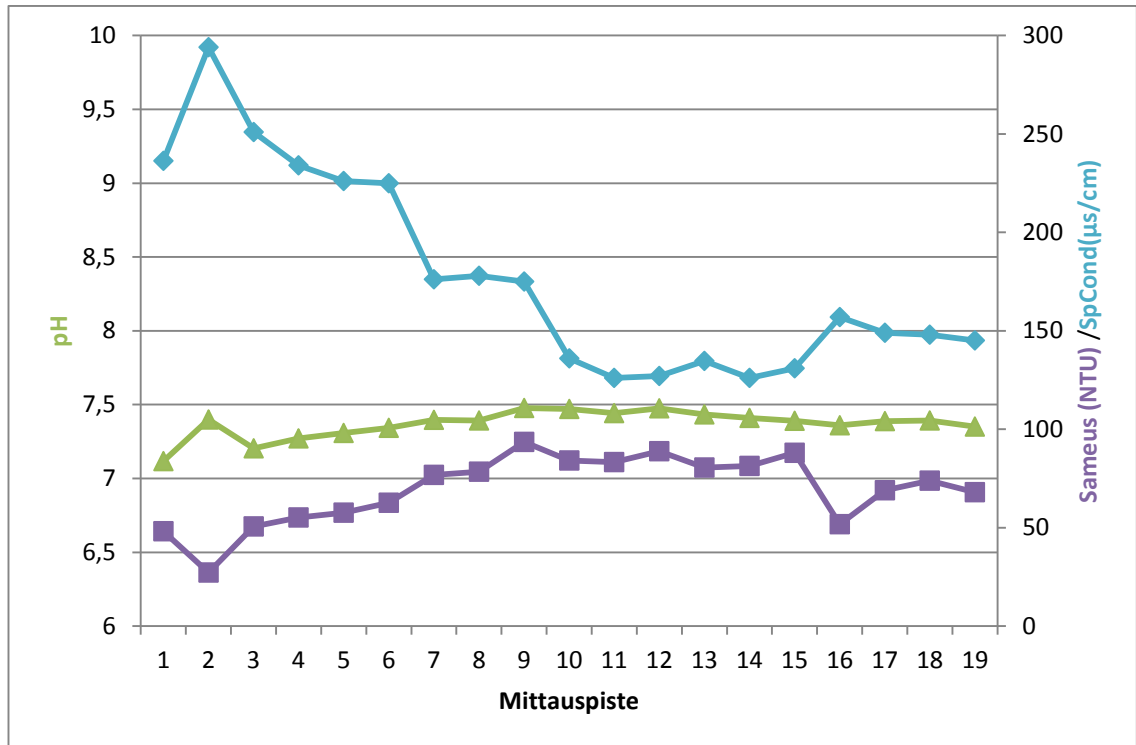
Vuonna 2013 mitattiin myös pH- arvot ja lämpötilat kertanäytteenä kolmena eri ajankohtana: kesäkuussa, elokuussa sekä lokakuussa. (Taulukko 13.)

Taulukko 11. Vuoden 2013 pH-arvot ja lämpötilat. (Huhta 2013.)

	pH	lämpötila
<b>11.6.2013</b>	7,35	13,63
<b>21.8.2013</b>	7,57	14,14
<b>7.10.2013</b>	~7,15*	9,22

\*keskiarvo

Kertanäytteenä 14.6.2013 mitattiin myös sateen aikainen vedenlaatu Iso-Heikkilän kohdalta Kuninkojasta. Haitta-ainepitoisuudet olivat Tukholman veden vedenlaatuluokitukseen perustuen alhaisia ja kohtalaisia pitoisuuksia. Näytteenottopisteet sijaitsivat Saukonojantien eteläpuolisella osuudella. (Liite 1.)



Kuvio 3. Sateen aikainen vedenlaatu vuonna 2013, pisteet 17–19. (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

Näytteenottopiste numero 17:ssä veden sameusluku on noin 69, pH-arvo on noin 7,4, happipitoisuus noin 8,93mg/l ja sähkönjohtavuuskyky 149. Pisteessä 18 veden sameusluku on noin 74, pH-arvo on noin 7,4, happipitoisuus noin 8,96mg/l ja sähkönjohtavuuskyky 148. Pisteessä 19 veden sameusluku on noin 68, pH-arvo noin 7,4, happipitoisuus noin 8,82mg/l ja veden sähkönjohtavuuskyky 145. Veden lämpötila oli suunnilleen 14 astetta jokaisessa mittauspisteessä. (Kuvio 3.) (Huhta & Leskinen 2013, 18.)

## 6.7 Riskien arvioinnin tulokset ja toimenpide-ehdotukset

### 6.7.1 Kuninkojan asuinalue

Kuninkojan alueen hulevesien laadusta ei ole laajalti tietoa saatavilla. Yleisimmin voidaan todeta, että muutaman tarkastellun näytteen ja Turun ammattikorkeakoulun laatiman raportin perusteella huolestuttavia vedenlaadun vaihteluita ei tällä alueella esiintynyt. Kuitenkin tarkempi ja laajempi selvitys hulevesien laadusta Kuninkojan asuinalueen läpi virtaavan puroon purkautuvista hulevesistä on paikallaan.

Suurimpana riskitekijänä hulevesien laadun kannalta ovat laajat pysäköintialueet Kuninkojan yläjuoksulla, pelloilta tulevat ravinteet sekä alueella oleva laaja rakennustyömaa. Pysäköintialueilta tulevat haitta-aineet voivat olla eliöille myrkyllisiä ja kertyä niiden elimistöön. Veden lämpötilan nousu pysäköintialueilta tulevien hulevesien takia voi vaikuttaa viileämmissä vesissä viihtyvien lajien esiintymiseen, kuten taimeneen. Pelloilta huuhtoutuvat ravinteet taas saattavat puron uomaa rehevöittäessään laskea veden happipitoisuutta, jolloin monet kalat ja muut eliöt kuolevat.

Rakennustyömailta johdettu hulevesi on monissa tapauksissa heikkolaatuista, vastaanottavaa vesistöä kuormittavia aineita ovat muun muassa kiintoaine sekä kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori. Rakennustyömaiden vedet voivat olla emäksisiä ja sisältää työkoneista peräisin olevia öljyjä sekä rakennusmateriaaleista peräisin olevia haitta-aineita. (Sillanpää 2007.) Hulevesien laatua tarkkailtaessa rakennustyömaiden rakennusmateriaalien valinnalla on myös suuri merkitys. Materiaaleiksi tulisi valita mahdollisimman vähän raskasmetalleja sisältäviä materiaaleja. Rakennustyömaiden irtotavara, kuten muovipressut tulee säilyttää siten, että ne eivät pääse leviämään ympäristöön esimerkiksi tuulen mukana. (Suomen Kuntaliitto 2012, 86.)

Kuninkojan uoma Kuninkojan kaupunginosassa ei ole jokiravun esiintymisaluetta, mutta mahdollisesti tulevaisuudessa alueelle purokunnostushankkeiden myötä istutettavat taimenet voivat kärsiä hulevesien vedenlaatua heikentävästä

vaikutuksesta. (Savolainen 2014, 37–38.) Tarkasteltavan alueen eteläpuolinen Kuninkoja-Metsäkylän luonnonsuojelu alue ja varsinkin siellä oleva koskialue toimii potentiaalisena esiintymisalueena taimenille ja alueella on havaittu jokirapukanta noin kymmenisen vuotta sitten, mikä on sittemmin kuitenkin kadonnut. (Savolainen 2014, 37.)

Toimenpidesuositukset tälle purouoman kohdalle ovat pysäköintialueiden sekä rakennustyömaan yhteyteen rakennettavat imeytyspainanteet, jotka voivat olla materiaaliltaan hiekkaa, soraa tai multaa. Lisäksi kasvillisuuden lisääminen tehostaa imeytyspainanteiden hulevesien puhdistamiskykyä. Imeytyspainanteet pystyvät myös vähentämään pysäköintialueilta sekä rakennustyömaalta huuhtoutuvaa vesimäärää. (Luukkola & Peltola 2001, 4.)

#### 6.7.2 Suikkila

Suikkilan alueella suoritetuista muutamista vesinäytteistä päätellen vedenlaatua voidaan pitää kelvollisena taimenille sekä jokiravuille. Turun ammattikorkeakoulun suorittamien vesinäytteiden mukaan pH-arvot ovat tällä kohtaa kaupunkipuuroa suotuisat eliöille ja vaikka vesi on sameaa, luvut eivät ole huolestuttavissa rajoissa. Suurimpana uhkana puron vedenlaadun säilymiselle ovat Suikkilan alueella isot liikenneväylät ja teiltä valuvat PAH-yhdisteet, metallit sekä liukkauden estoon käytetty tiesuola. Metalleista varsinkin rauta on haitallista jokiravuille, koska muuttuessaan liukoiseen muotoon se tukkeuttaa jokirapujen kidukset. Tiesuola saattaa myös vesistöön joutuessaan lisätä raskasmetallien, kuten sinkin (Ruth 2003.) ja kadmiumin muuttumista liukoiseen muotoon ja niin sanotusti ”avustaa” niiden pääsyä vesistöön. (Rasa ym.2005.)

Korkean pitoisuuden rajan yhdellä mittauskerralla ylittivät kiintoaine ja kokonaisfosfori. Kiintoaineen määrä oli 190mg/l, joka on huomattavan korkea. Puhtaan, kirkkaan veden määritelmää tarkasteltaessa käy ilmi, että kiintoainemäärän tulee olla alle 1,0 mg/l. (Oravainen 1999, 9.) Kiintoaineen lisääntymisestä tulee olla huolissaan kun tarkastellaan jokiravun ja taimenen potentiaalisia lisääntymispaikkoja, sillä kiintoaineen peittäessä uoman pohjan taimenille sopiva kutu-

sora peittyä ja mädin selviytyminen heikentyy. Jokirapu tarvitsee myös kivikkoisen pohjan, jossa sillä on tarpeeksi piilopaikkoja.

Toimenpidesuosituksien Suikkilan läpi virtaavan purouoman kohdalle ovat Satakunnantien ja Suikkilantien varsille rakennettavat imeytyspainanteet, jotka puhdistaisivat suurimman osan hulevesien haitta-ainepitoisuuksista. Pidempiaikaiset vedenlaadun tarkkailut ovat myös suositeltavia.

### 6.7.3 Iso-Heikkilä

Iso-Heikkilän alueella on Turun ammattikorkeakoulun suorittamien vesinäytteiden perusteella korkeita kokonaisfosforin määriä, muiden haitta-ainepitoisuuksien ollessa kohtalaisia tai alhaisia. Kuitenkin puroa elinympäristönään pitävien jokirapujen kannalta vesinäytteitä ja maankäytön perusteella arvioitavia ominaiskuormitusarvoja tarkasteltaessa tulee olla kriittisempi. Kokonaisfosforin määrä oli pahimmillaan 250 µg/l. Jos tätä lukua verrattaisiin järvien kokonaisfosforipitoisuuksien luokitteluun, Iso-Heikkilän uoma saisi tältä osin ylirehvän (kokonaisfosforipitoisuus yli 100 µg/l) järven luokituksen. (Oravainen 1999, 17.) Kokonaisfosforin korkeat pitoisuudet vedessä eivät suoranaisesti aiheuta vaaraa jokiravulle, mutta heikentävät puron yleistä vedenlaatua rehevöittämällä sitä ja aiheuttamalla happikatoa, jolloin jokirapukin tulee välillisesti vedenlaadun huonontumisesta kärsimään. (Ellis ym. 2004) Puron happitilanne tulisi olla jokiravun selviytymisen kannalta talvella yli 2mg/l ja kesällä yli 5 mg/l. (Salminen ym. 2002, 222.)

Kolmen pH-mittauksen perusteella Iso-Heikkilän uoman pH on jokiravun esiintymiselle suosiollinen. Kiintoaineksen määrä ylitti muutamissa vesinäytteissä jokiravun selviytymiselle asetetun 100mg/l rajan. (Salminen ym. 2002, 222.) Pitoisuudet olivat pahimmillaan 170 ja 180 mg/l. (Huhta & Leskinen 2013, 25.)

Toimenpidesuosituksien Iso-Heikkilän alueelle ovat kattava kiintoaineen määrän, happitilanteen sekä pH:n seuranta vesinäyttein, useamman vuoden ajan, jotta vuodenaikanaikaiset vaihtelut saadaan selkeästi näkyviin.

Erityistä tarkastelua vaativat myös Iso-Heikkilän lumenkaatopaikalta valuvat sulamisvedet. Lumenkaatopaikoilta purkautuvien sulamisvesien laatua on tutkittu Helsingissä vuonna 2011 ja tämän tutkimuksen mukaan kaupunkipuroja eniten kuormittavat aineet sulamisvesissä olivat kloridi ja typpi. (Salla ym.2012, 46.) Vesinäytteiden otto myös Iso-Heikkilän lumenkaatopaikalta on tarpeen ja huomattavia haitta-ainepitoisuuksia havaittaessa voidaan alueelle harkita biopidätysaltaan rakentamista Vantaan kaupungin tavoin. Hulevesien hallintaan kuuluu ensin hiekan ja öljyn erotus, jonka jälkeen vedet johdetaan biopidätysaltaaseen, joka pienentää merkittävästi veden typpi-, fosfori-, kiintoaines- ja raskasmetallipitoisuuksia. Biopidätysaltaan hulevesiä puhdistava teho perustuu erilaisiin kerroksiin, jotka suodattavat haitta-aineita. (Komulainen 2014, 9.)

Vesinäytteiden kattavan kokoamisen ja tulosten tarkastelun jälkeen Iso-Heikkilän alueen teollisuusalueen reunamille tulee myös harkita imeytyspainanteiden tai viheralueiden pinta-alan lisäämistä, jotta hulevesien sisältämät haitta-aineet puhdistuisivat ennen uomaan purkautumistaan.

## 7 LOPPUPÄÄTELMÄT

### 7.1 Johtopäätökset

Hulevedet vaikuttavat merkittävästi sen vesistön vedenlaatuun, mihin ne erilaisilla hulevesijärjestelmillä ohjataan. Hulevedet kulkeutuvat erilaisilla pinnoilla ja maankäyttötyypistä riippuu, kulkeutuvatko vedet pellon, asuinalueen vai teollisuusalueen lävitse. Hulevedet huuhtovat mukanaan erilaisia aineita, joiden alkuperä voi olla täysin luonnonmukainen tai ihmisen toiminnan seurauksesta maaperään joutunutta. Täysin puhdasta hulevettä ei ole, johtuen jo pelkästään ilmakehässä olevista ainepitoisuuksista ja hiukkasista. Hulevesien laatuongelmat selittyvät puhdistavien maaperäkerrosten puuttumisella, laajoilla rakennetuilla sekä vettä läpäisemättömillä pinnoilla hulevesillä ei ole mahdollista puhdistua ennen vesistöön purkautumista.

Hulevesien aiheuttamien riskien arviointi kaupunkipuroille on kokonaisvaltainen prosessi, joka vaatii valuma-alueiden tuntemusta sekä maankäyttötyyppien lähemmän tarkastelun. Hulevesien purkupisteiden paikantaminen kaupunkipurossa luo eräänlaisen aloituspisteen hulevesien aiheuttamien riskien arvioinnille, mutta kuitenkin tulee muistaa, että hulevesiä voidaan johtaa kauempaakin kuin luonnollisen valuma-alueen sisältä. Ensisijaisen tärkeää onkin tässä tapauksessa puhdistaa hulevedet niiden syntypaikoilla ja vasta tämän ollessa tehotonta, keskittyä hulevesien purkupaikkojen, eli esimerkiksi kaupunkipurujen, yhteyteen rakennettaviin puhdistusmenetelmiin.

Hulevesien aiheuttamien riskien tarkka ja perusteellinen arviointi ei tämän opinäytetyön puitteissa ollut mahdollista. Tarkempaan riskien määrittelyyn tarvittaisiin muutaman vuoden ajalta saatujen hulevesiputkien purkukohtien kohdalta vesinäytteiden ottamista sekä vedenlaadun jatkuvaa tarkkailua. Säännöllisten vesinäytteiden ottojen jälkeen hulevesien vaikutus Kuninkojaan on paremmin selvillä, jonka jälkeen pahimmille alueille voidaan soveltaa luonnollisia hulevesien hallintamenetelmiä, esimerkiksi rakentamalla imeytyspainanteita tai kosteikkoja.

## 7.2 Taimenen ja jokiravun tulevaisuus Kuninkojassa

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella hulevesien aiheuttamia ympäristöriskejä taimenen ja jokiravun kannalta. Tavoitteena oli ottaa tarkempaan tarkasteluun hulevesistä kyseisille eliölajeille haitallisimmat aineet, kuten lisääntynyt kiintoaine. Hulevesistä olisi ollut tärkeää saada enemmän tietoa myös muista taimenen ja jokiravun menestyksekkääseen esiintymiseen vaikuttavista vedenlaadun tekijöistä kuten veden pH-arvosta, happipitoisuudesta sekä veden lämpötilasta. Näitä tietoja saatiinkin näytepisteistä, mutta usein vain kertanäytteenottona, josta on hankala vetää kokonaiskuvaava antavia johtopäätöksiä. Veden pH-arvot olivat Turun ammattikorkeakoulun suorittamien mittauksien mukaan koko uoman pitoisuudelta 7,0–7,5 välillä, mikä on niin taimenelle kuin jokiravullekin suotuisa.

Vedenlaatu ei ole Turun ammattikorkeakoulun näytteiden perusteella taimenelle ja jokiravulle ihanteellinen, mutta jokirapua esiintyy silti tiheästi Iso-Heikkilän alueella ja taimenkanta näyttää sähkökoekalastusten perusteella kasvavan hyvin. (Savolainen 2014, 50.) Välitöntä vaaraa Kuninkojaan purkautuvista hulevesistä ei taimenelle ja jokiravulle työssä saatujen tulosten perusteella ole, mutta korkeat pitoisuudet kokonaisfosfori ja kiintoaineen määrissä voivat vaikuttaa puron eliöiden esiintyvyyteen sekä heikentää niiden elinympäristöjä rehevöittä-mällä vesistöä, tukkimalla jokirapujen kidukset ja peittämällä puron pohjaa liiaksi, jolloin esimerkiksi taimenen lisääntyminen hankaloituu.

Kuninkojaa on aiemmin tarkasteltu mahdollisten purokunnostuskohteiden osalta ja osa kunnostustöistä on jo toteutettu. Kuninkojaan on istutettu taimenta, jolloin kaikki jo tehdyt ja suunnitellut kunnostamistoimenpiteet vain parantavat sen mahdollisuuksia lisääntyä purossa. Vantaan kaupungin toimesta kunnostettu Longinoja on hyvin samanlainen kaupunkipuro kuin Kuninkoja ja siellä taimenkanta on saatu kunnostuksilla lisääntymään alkutilanteen 10–21 yksilöstä/100m<sup>2</sup> huomattavaan 25–114 yksilöön/100m<sup>2</sup>. Nykyään Longinojassa on luontaisesti lisääntyvä taimenkanta. (Aulaskari 2012, 7.)

Tehokkaalla ja luonnonmukaisella hulevesienhallinnalla sekä purouoman kunnostuksilla Kuninkojan eri lajien elinympäristöt ja puron virkistyskäyttö turvataan moniksi vuosiksi eteenpäin.

### 7.3 Opinnäytetyön luotettavuuden arviointi

Opinnäytetyön luotettavuus Kuninkojaan purkautuvien hulevesien laadun arvioinnissa on ilman vesinäytteiden ottoa suuntaa antavalla tasolla. Tämän opinnäytetyön johtopäätökset hulevesien laadusta on vedetty aiheesta löytyneen kirjallisuuden ja muissa kaupungeissa toteutettujen hulevesien laatututkimusten avulla sekä Turun ammattikorkeakoulun Kuninkojasta ottamien vesinäytteiden perusteella. Opinnäytetyössä on muun muassa verrattu ja rinnastettu Kuninkojaa Vantaan alueella virtaavan Longinojan tilanteeseen ja hulevesien laatutietoa on saatu muun muassa Helsingin kaupungin toteuttamasta tutkimuksesta. Tämä vertailu ja rinnastaminen voivat aiheuttaa työssä luotettavuusongelmia. Opinnäytetyön suuntaa antavan luonteen takia tulosten luotettavuus saattaa myös kärsiä hieman. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuitenkin luoda näiden olettamusten ja ennakkoselvitysten avulla pohjaa jatkuville ja tarkasti sijoitetuille vesinäytteiden otolle Kuninkojasta. Tämän tarkoituksen opinnäytetyö täytti riittävässä määrin.

## 8 KIITOKSET

Isoimmat kiitokset opinnäytetyön valmistumisen mahdollistamisesta kuuluu työn tilaajalle, Turun kaupungin ympäristönsuojelulle ja varsinkin opinnäytetyöohjaajalleni Pekka Salmiselle. Kiitokset hyvistä neuvoista, kärsivällisestä ohjaamisesta sekä työharjoitteluni kautta kiinnostavan aihepiirin esille tuomisesta. Vilpittömät kiitokset myös muille tahoille, jotka ovat opinnäytetyön valmistamista edistäneet.

Vertaistuesta myös iso kiitos luokkakavereilleni joiden kanssa olen saanut viettää mahtavat 4 vuotta ja keiden kanssa olen voinut ratkoa opinnäytetyöhön ja yleisesti opiskeluun liittyviä pulmia, niin kouluympäristössä kuin vapaa-ajallakin.

## LÄHTEET

- Ahola, M. & Havumäki, M. 2008. Purokunnostusopas: Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. Kainuun ympäristökeskus, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Kajaani: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Airola, J.; Nurmi, P. & Pellikka, K. 2014. Huleveden laatu Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014. Helsinki: Kopio Niini Oy.
- Aulaskari, H. 2012. Virtavesikunnostukset Uudellamaalla. Elävät virtavedet- seminaari. Uudenmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Saatavilla: <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B5A63FD51-988E-43D0-A6EF-EA7224EB5285%7D/23204>. Viitattu 9.4.2015.
- Bolund, P. & Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29: 293-301.
- Chocat, B.; Krebs, P.; Marsalek, J.; Rauch, W. & Schilling, W. 2001. Urban drainage refined: from stormwater removal to integrated management. *Water Science and Technology* 43(5):61-68.
- Ellis, B.; Chocat, B.; Fujita, S.; Rauch, W. & Marsalek, J. 2004. urban drainage. A multilingual glossary. London: IWA Publishing.
- Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa ympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Hämeenlinna: Tammerprint Oy.
- Ferguson, Bruce. 1998. Introduction to stormwater. Concept, purpose, design. USA: John Wiley & Sons.
- Finlex. Vesihuoltolaki. Huleveden viemäroinnin järjestäminen ja hoitaminen, 2014. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L3a>. Viitattu 6.2.2015.
- Hall, M.J. 1984. Urban hydrology. Belfast: Elsevier applied science publishers.
- Helsingin kaupungin rakennusvirasto, katu- ja puisto-osasto. 2008. Helsingin kaupungin hulevesistrategia. Helsinki: Kopio Niini Oy.
- Huhta, E. 2013. Iso-Heikkilän vedenlaatutiedot. Turun ammattikorkeakoulu.
- Huhta, E.; Huhta, A. & Leskinen, P. 2012. Turun ammattikorkeakoulu. Raportti. Turun kaupunkialueen hulevesitutkimus. Turun kaupunki/Ympäristönsuojelu.
- Huhta, E. & Leskinen, P. 2013. Turun ammattikorkeakoulu. Raportti. Turun kaupunkialueen hulevesitutkimus. Turun kaupunki/Ympäristönsuojelu.
- Ilkka-hanke. Alueellinen hulevesisuunnitelma. 2013. Raportti.
- Joensuu, O. & Sarajärvi, K. 1986. Tunne ja hoida kalavetesi – Kalavesien hoito-opas. Kuopio: Kustannuskiila Oy.
- Karvinen, V.-J. 2010. Hulevesien laatu erällä kaupunkivaluma-alueilla Helsingissä. Pro-gradu tutkielma. Ympäristötieteiden laitos. Helsingin yliopisto.
- Kauppi, L. & Kämäri, J. 1996. Vedet. Ilmastonmuutos ja Suomi. SILMU. Helsinki: Yliopistopaino.
- Keränen, J.; Tiihonen, J.; VTT Automaatio & Molarius, R. 2000. Ympäristöriskien hallinta. Pirkanmaan ympäristökeskus.

- Komulainen, E. 2014. Koisotien lumenvastaanottoapaikan hulevesien hallinta. Vantaan kaupunki.
- Koukussa, 2015. <http://www.koukussa.fi/kalastus/taimenen-kalastus>. Viitattu 6.2.2015.
- Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Helsingin yliopisto. Maantieteenlaitos. Helsingin yliopiston maantieteenlaitoksen julkaisu B 48.
- Lammi, P. 2006. Hulevesikuormituksen vaikutus Lahden Joutjärveen. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu.
- Legret, M. & Pagotto, C. 1999. Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *The Science of the Total Environment* 235:143-150.
- Leinonen, S. 2015. <http://www.seppo.net/piirrokset/displayimage.php?album=lastup&cat=6&pid=1618>. Viitattu 6.2.2015.
- Luonnonvarakeskus. 2014a. [http://www.rktl.fi/kala/tietoa\\_kalalajeista/taimen/](http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/taimen/). Viitattu 24.3.2015.
- Luonnonvarakeskus. 2014b. [http://www.rktl.fi/kala/tietoa\\_kalalajeista/suomen\\_uhanalaiset\\_kalat/taimenen\\_uhanalaisuus.htm](http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/suomen_uhanalaiset_kalat/taimenen_uhanalaisuus.htm). Viitattu 2.2.2015.
- Luontoportti. 2015. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kalat/taimen>. Viitattu 2.2.2015.
- Luukkola, K. & Peltola, J. 2001. Huolehdi hulevesistä - edistä vesistöjen ja lähiympäristösi hyvinvointia. Helsingin luonnonsuojeluyhdistys ry. Printlink.
- Malanson, G.P. 1993. Riparian landscapes. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mannonen, A. & Jussila, J. 2002. Ravunviljelyn ABC (muttei XYZ). Kuopion yliopisto & Raputietokeskus. Oulu. QuetzalCoatI Production.
- Marsalek, J. 2003. Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. *Water Science and Technology* 48(9):61-70.
- Minimatkaopas. 2011. Taiteilija naapurina - hanke. Turun kaupunki.
- Molarius, R. & Wessberg, N. 2003. Ympäristöriskien hallinnan tehostaminen- poikkeus ja häiriötilanteet. Esiselvitys. Pirkanmaan ympäristökeskus & Ympäristöministeriö. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Neller, R. 1988. A comparison of channel erosion in small urban and rural catchments, Armidale, New South Wales. *Earth surface processes and landforms* 13, 1-7.
- Niemelä, J.; Helle, I. & Jormola, J. 2004. Purovesistöjen merkitys kaupunkiluonnon monimuotoisuudelle. Ympäristöministeriö. Vantaa: Sinari Oy.
- Nordic Fly Fishing Association (NFFA), 2013. <http://nffa.fi/fi/kalat/taimen>. Viitattu 6.2.2015.
- Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Tampere.
- Pellinen, J.; Sorvari, J. & Soimasuo, M. 2007. Pilaantuneen maaperän ekologinen riskinarviointi. Ympäristöopas. SYKE. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Pispa, K. 2004. Kaupunkipuron ekologinen ja sosiaalinen merkitys kaupunkisuunnittelussa tapaus Rekolanjoja. Pro-Gradu-tutkielma. Helsingin yliopiston maantieteenlaitos.

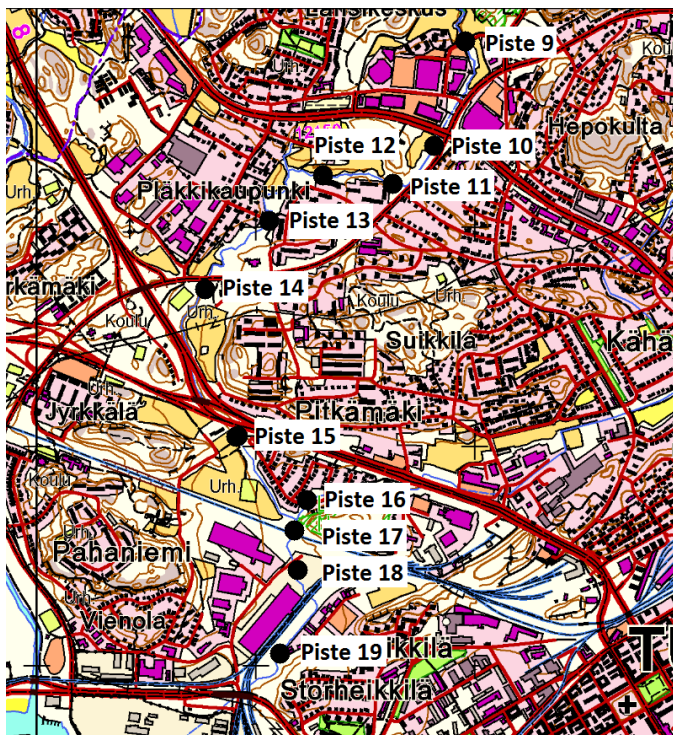
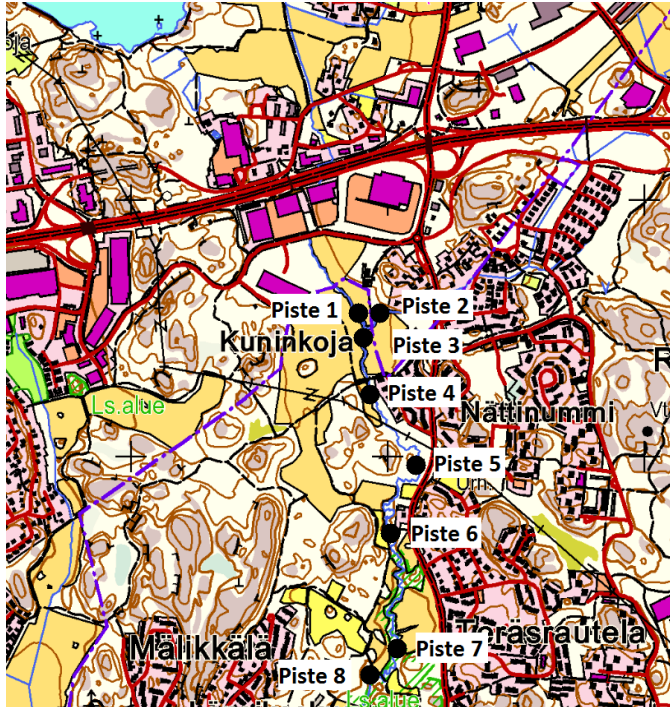
- Raputietokeskus, 2014. Itä-Suomen yliopisto. [http://www.raputieto.net/ravut\\_suomiravut.htm](http://www.raputieto.net/ravut_suomiravut.htm). Viitattu 2.2.2015.
- Rasa, K.; Peltovuori, T. & Hartikainen, H. 2005. Effects of de-icing chemicals sodium chloride and potassium formate on cadmium solubility in a coarse mineral soil. *Science of the Total Environment* 366(2006):819-825.
- Rissa, K. 1999. Riskit hallintaan. Työturvallisuuskeskus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Ruth, O. 2003. The effects of de-icing in Helsinki urban streams, Southern Finland. *Water Science and Technology* 48(9):33-43.
- Ruth, O. 2004. Kaupunkipurojen hydrogeografia kolmen esimerkkivaluma-alueen kuvastamana Helsingissä. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B 50. Vantaa: Dark Oy.
- Saarikivi, J. 2008. Helsingin matelija- ja sammakkoeläinlajisto sekä tärkeät matelija- ja sammakkoeläinalueet vuonna 2007. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Helsinki: Kopio Niini Oy.
- Salla, A.; Nurmi, P. & Riipinen, M. 2012. Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2012.
- Salminen, M.; Böhling, P. & Auvinen, H. 2002. Kalavedet kuntoon. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.
- Salminen, O.; Liljeström, I.; Rapola, E. & Huth, U. 2005. Vallinkylän hulevesien luonnonmukainen ohjaaminen ja käsittely. TKK Vesitalous ja vesirakennus. Vantaa.
- Sarvilinna, A.; Hjerpe, T.; Arola M.; Hämäläinen, L. & Jormola J. 2012. Kaupunkipuron kunnostaminen. Suomen ympäristökeskus. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Savolainen, R. 2014. Kuninkojan vesistön kalataloudellinen kunnostustarveselvitys. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.
- Schueler, T. 1995. The importance of Imperviousness. *Watershed Protection Techniques* 1(3):100-111.
- Sillanpää, N. 2007. Pollution Loading from a Developing Urban Catchment in Southern Finland.
- Stockholms stad. 2005. Dagvattenstrategi för Stockholms stad. Gatu- och fastighetskontoret. Miljöförvaltningen. Stadsbyggnadkontoret och Stockholm vatten AB.
- Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Helsinki.
- SWP. 2003. Impact of impervious cover on aquatic systems. Watershed protection research monograph 1. Center for watershed protection, Ellicott City.
- Tolonen, J. 2015. Projektisuunnittelija. Vesihuolto ja vesiensuojelu. Valonia- Varsinais-Suomen kestävä kehityksen ja energia-asioiden palvelukeskus. Sähköpostitiedustelu. Viitattu 17.3.2015.
- Tulonen, J.; Erkamo, E.; Järvenpää, T.; Westman, K.; Savolainen, R. & Mannonen, A. 1988. Rapavedet tuottaviksi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki.
- Turun kaupunki. 2012. Kaupunkisuunnittelu ja ympäristö. <http://www.turku.fi/Public/default.aspx?contentId=55552>. Viitattu 9.2.2015.
- Työterveyslaitos. 2011. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet, kreo-soitti.

Vaitomaa, J.; Nurmi, P. & Puttonen, J. 2010. Merivesitulvan aikana ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat riskikohteet Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 9/2010. Helsinki: Kopio Niini Oy.

Wessberg, N.; Seppälä, J.; Molarius, R.; Koskela, S.; Pennanen, J.; Silvo, K. & Kekoni, P.; 2006. Häiriöpäästöjen ympäristöriskianalyysi. YMPÄRI-hankkeen suositukset. SYKE. Helsinki.

Wessberg, N.; Tiihonen, J. & Malmen, Y. 2000. Satunnaispäästöriskien arviointi- Opas yrityksille. Tampere: Tammerpaino Oy.

## Liite 1. Moniparametrimittaripisteiden sijainti Kuninkojan uomassa. (Huhta&Leskinen 2013.)



Lähde: Maastotietokanta. Maanmittauslaitos. 2013.  
[http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata\\_lisenssi\\_versio1\\_20120501](http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501).

## Liite 2. Hulevesien ravinnekartoituksessa käytettyjen näytepisteiden sijainti kartalla. (Huhta ym. 2012.)

