



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RUOHOSAAREN MAANKÄY- TÖN VAIKUTUKSET PIEN- SAIMAASEEN

TEKIJÄ: Miitta Vaitinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Miitta Vaittinen	
Työn nimi Ruohosaaren maankäytön vaikutukset Pien-saimaaseen	
Päiväys	28.02.2016
Sivumäärä/Liitteet	45
Ohjaaja(t) projekti-insinööri Ville Matikka, yliopettaja Pasi Pajula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lappeenrannan seudun ympäristötoimi	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Valuma-alueelle rakennettaessa hulevesien mukana kulkeutuva ravinnepitoisuus aiheuttaa kuormitusta järviin, jonka seurauksena veden laatu huononee ja järvi alkaa rehevöityä. Rakentamisen aikaiset ravinnekuormitukset voivat olla hyvin suuria ja voivat muuttaa järven veden laatua pysyvästi, erityisesti pienissä tai pitkän viipymän omaavissa järvissä. Tässä opinnäytetyössä tutkittava alue sijaitsee Pien-Saimaalla, jossa veden laatu oli huononemaan päin. Pien-Saimaan alueella on tehty monia toimenpiteitä veden laadun parantamiseksi. Tässä insinöörityössä tavoitteena oli laskea Pien-Saimaaseen tuleva kuormitus Ruohosaaresta nykytilassa, rakennettaessa ja valmiissa alueessa. Tulosten pohjalta tuli miettiä, mitä mahdollisia seurauksia lisääntyvä ravinnekuormitus aiheuttaisi järvelle.</p> <p>Työssä selvitettiin Ruohosaaresta tuleva kuormitus Pien-Saimaaseen. Opinnäytetyötä varten etsittiin erilaisia kuormitusmalleja, joista seuraavaa kolmea päädyttiin käyttämään KUSTAA-työkalua, Skoy suunnittelukeskus oy arvot ja Pisa-mallia. Eri kuormitusmallien tuloksia verrattiin keskenään ja arvioitiin kuormitusmallien soveltuvuutta ja käyttöä. Selvitetiin kirjallisuuden, karttojen ja maaston avulla ravinnekuormituksen seuraukset ja alueet johon se vaikuttaa eniten.</p> <p>Tuloksina saatiin laskelmat nykytilan kuormituksesta ja mahdollisista rakennuksen aikaisista ja rakennetun ajan kuormituksista. Tuloksia oli kolmesta eri kuormitusmallista, joita verrattiin toisiinsa. Tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, joten voidaan olettaa, että ne pitävät paikkansa. Rakennuksen aikaiset ravinnekuormitukset kasvoivat huomattavasti ja aiheuttaisivat huomattavaa muutosta Ruohosaaren lähivesistössä. Tulosten perusteella pääteltiin, että alueelle tulee tehdä hulevesisuunnitelma niin rakentamisen ajalle, kuin valmiille alueelle. Tämän insinöörityön tulokset otetaan huomioon, kun suunnitellaan Ruohosaaren mahdollista rakentamista.</p>	
Avainsanat Hulevesi, Kuormitusmalli, Rakentaminen, Ravinnekuormitus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Miitta Vaittinen			
Title of Thesis Effects of Nutrient Loads from Ruohosaari to Pien-Saimaa			
Date	28.02.2016	Pages/Appendices	45
Supervisor(s) Mr. Ville Matikka, Project Engineer, Mr. Pasi Pajula, Principal			
Client Organisation /Partners Lappeenranta Region's Environmental Office			
<p>Abstract</p> <p>Construction changes pollutant concentration of urban runoff. These pollutant concentrations often end up in lakes and rivers. This means eutrophication in lakes and bad quality of water. The amount of nutrient loads from construction can be high and it can make permanent damage to the lake, particularly in small lakes or those lakes which have long water retention. The water quality of Pien-Saimaa has weakened. Many actions have been taken for better water quality in the catchment area of Pien-Saimaa. In this thesis the goal was to find out how much nutrient loading goes to Pien-Saimaa from Ruohosaari at the present state, during construction and in the finished area.</p> <p>In this thesis, the nutrient loading from Ruohosaari to Pien-Saimaa was clarified. Different models were found in literature and KUSTAA-työkalu, Skoy suunnittelukeskus oy values and the Pisa model were the load models that were used. The results of these three models were compared with each other and the models were estimated based on how well they worked. The effects of nutrient loading to the lake were sorted out with the help of literature, maps and soil.</p> <p>The result of this thesis was a calculation of the loading from nutrient loads at the present state, during construction and in the finished area. There were three different kinds of results from three different models which were compared with the results of each one. They were really similar to each other so most likely the results are reliable. Nutrient loads during construction were high so they can change the water quality, nearby Ruohosaari. There must be a storm water plan for the area both for the construction time and in the finished area. The results of this thesis will be considered when planning possible building in Ruohosaari.</p>			
Keywords construction, load, nutrient, stormwater			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	Käsitteet ja määritelmät	7
2	KUORMITUKSEN KASVAMISEN SEURAUKSET	8
2.1	Laatuvaikutusten päätyypit.....	8
2.2	Kuormituksesta aiheutuvat vesistövaikutukset.....	8
2.3	Kuormituksesta aiheutuvat pohjavesivaikutukset.....	9
3	RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET HYDROLOGIAAN JA VEDEN LAATUUN	10
3.1	Rakentamisen vaikuttaminen sadantaan, valuntaan ja haihduntaan	10
3.2	Rakentamisen vaikutus valumaveden laatuun ja ainehuhtoumaan	10
3.3	Rakennetusta ympäristöstä tuleva kuormitus	11
3.4	Rakentamisen aikana tuleva kuormitus.....	11
4	KUORMITUSMALLIT	12
4.1	VEPS.....	12
4.2	VEMALA	12
4.2.1	VEMALA-N	13
4.2.2	VEMALA-ICECREAM.....	13
4.3	KUSTAA.....	13
4.4	Skoy suunnittelukeskus oy:n arvot	14
4.5	Pisa-kuormitusmalli	14
5	KOHTEEN ESITTELY.....	15
5.1	Pien-Saimaa	15
5.2	Ruohosaari	18
5.2.1	Maaperä	18
5.2.2	Valuma-alue	19
5.3	Maakäytön aikaansaamat muutokset.....	20
5.4	Syvyys ja virtaus.....	21
6	TULOKSET.....	22
7	TULOSTEN TARKASTELU	24
7.1	Arvio kuormitusmalleista	28
7.2	Tuloksien vertailu ja tarkastelu	29

8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	31
LIITE 1: PISA-MALLIN NYKYTILAN TULOKSET	33
LIITE 2: PISA-MALLIN RAKENNUKSEN AIKAISET TULOKSET	34
LIITE 3: PISA-MALLIN RAKENNETUN ALUEEN TULOKSET.....	35
LIITE 4: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETUT NYKYTILAN TULOKSET	36
LIITE 5: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETUT RAKENNUS VAIHEEN TULOKSET37	
LIITE 6: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETTU RAKENNETTU ALUEEN TULOKSET38	
LIITE 7: KUSTAA-TYÖKALUN NYKYTILAN TULOKSET VUOSITASOLLA	39
LIITE 8: KUSTAA-TYÖKALUN RAKENNUS VAIHEEN TULOKSET	40
LIITE 9: KUSTAA-TYÖKALUN RAKENNETUN ALUEEN TULOKSET	41
LIITE 10: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, ALUSVEDENHAPPI %.....	42
LIITE 11: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, KOKONAISFOSFORI.....	43
LIITE 12: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, KOKONAISTYYPPI	44
LIITE 13: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, LAATULUOKITUS.....	45

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Hulevesien hallinnalle on tullut tarvetta monestakin eri syystä. Hulevedet aiheuttavat tulvimista ja kuivatusongelmia kaupunkiympäristössä. Tämän lisäksi myös viemäriverkoston pääsevät hulevedet aiheuttavat jäteveden puhdistustehon heikkenemistä jätevedenpuhdistamoilla sekä ohijouksutuksia viemäriverkossa. Hulevesien kokonaisvaltaista hallintaa ei ole ollut, vaan ongelmat on ratkaistu aina tapauskohtaisesti. Hulevesien hallinta kuuluu niin valtion kuin kunnan työntekijöille sekä kuntalaisille että yksityisille toimijoille. (Suomen kuntaliitto, 2012, 5.)

Ruohosaari on Pien-Saimaalla oleva saari, joka sijaitsee Lappeenrannassa. Pien-Saimaa sijaitsee Saimaan eteläosassa. Järvi on matala ja rikkonainen vesialue, jossa on pitkä viipymä. Viime vuosina veden laatu on heikentynyt Pien-Saimaalla ja sitä on kunnostettu erilaisilla tavoilla. Pien-Saimaan laadun parantamiseksi on tehty erilaisia hankkeita, kuten PISA esiselvityshanke, PISA 2013, Pien3D hanke, Kosteikkoasiamieshanke ja KALAPISA 2017. Keinoina on käytetty ulkoisen kuormituksen vähentämistä, maa- ja metsätalouden työtapojen muuttamista, haja-asutuksen jätevesien käsittelyä, taajamien hulevesien hallintaa ja erilaisia vesiensuojelurakenteita kuten esimerkiksi kosteikkoja ja suojavyöhykkeitä. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi.)

Hulevesien hallinta on tärkeää ottaa huomioon kun rakennetaan uusia alueita, varsinkin jos ne alueet sijaitsevat rehevöitymiselle herkän vesistön valuma-alueella. Rakentamisen vaikutukset lähivesistöille tulisi selvittää ennen alueelle rakentamista. Näin ei jouduta jälkikäteen korjaamaan tapahtunutta vahinkoa, joka voi käydä kalliimmaksi, kuin ennalta ehkäisy. Hyvin suunniteltu hulevesien hallinta pitää vesistöjemme veden laadun hyvänä. Tässä opinnäytetyössä selvitetään, minkälainen vaikutus Pien-Saimaaseen kohdistuu, mikäli Ruohosaareen rakennettaisiin. Selvityksessä apuna käytetään valmiita kuormitusmalleja. Tavoitteena on selvittää rakentamisen aiheuttamaa ravinnekuormituksen määrää ja niiden seurauksia vesistöille.

1.2 Käsitteet ja määritelmät

3. jakovaihe	Ala-Saimaan lähialue, ja siihen kuuluu monia järviä, kuten Saimaa.
Asemakaava	Määritellään alueen tuleva käyttö. Siinä osoitetaan esimerkiksi rakennusten sijainti, koko ja käyttötarkoitus
HERTTA	Selainkäyttöliittymällä varustettu tietojärjestelmäkokonaisuus, johon kootaan ympäristöhallinnon keräämää ja tuottamaa tietoa ympäristöstä.
Hulevesi	Katoilta, kaduilta ja pihoilta valuvat sade- ja sulamisvedet.
Hulevesien hallinta	Toimenpiteet, jotka liittyvät hulevesien kertymiseen vaikuttavat ja niiden johtamiseen ja käsittelyyn.
Kuormitusmalli	Malli, jolla voidaan laskea esimerkiksi järveen päätyvä ravinnekuormitus.
Läpäisemätön pinta	Tiivis pinta, joka lisää pintavaluntaa ja ehkäisee hulevesien imeytymistä maaperään.
Pintavalunta	Maan pinnalla valuva sadannan osa
VAHTI	Ympäristösuojelun tietojärjestelmä, johon tallennetaan tietoja kuten ympäristösuojelulainsäädännön mukaisista luvista
Valuma-alue	Vedenjakajien rajaama alue, jolta kaikki hulevedet päätyvät samaan vesistöön.

2 KUORMITUKSEN KASVAMISEN SEURAUKSET

2.1 Laatuvaikutusten päätyypit

Hulevesien laatuvaikutusten päätyypit ovat akuutit ja krooniset vaikutukset. Lyhyen ajanjakson kestävät noin kahdesta tunnista päivään ja vesistöissä aiheuttavat hetkelliset kuormitus- ja pitoisuus-huiput ovat akuutteja vaikutuksia. Näitä vaikutuksia yleensä havaitaan virtaavissa vesissä kuten joissa ja puroissa. Tämän kaltaisia akuutteja vaikutuksia ovat sekaviemäröidyllä alueilla ylivuotojen aiheuttamat kalakuolemat tai huono hygieeninen veden laatu sadetapahtuman jälkeen. (Suomen kuntaliitto, 2012, 132.)

Akuutit vaikutukset tapahtuvat lyhyessä ajassa, kun taas krooniset vaikutukset aiheutuvat pitkällä aikavälillä kuormituksesta, joka vähitellen kertyy. Se voi kestää kuukausista jopa vuosikymmeniin. Lampi tai pieni järvi on tavallinen kroonisen vaikutuksen kohde. Pohjaveden pilaantuminen rehevöityminen sekä haitta-aineiden kertyminen pohjasedimenttiin ovat tyyppisiä esimerkkejä kroonisesta vaikutuksesta. Monesti haitalliset vaikutukset huomataan vasta sitten kun vesistön jokin kriittinen arvo ylittyy. Akuutit vaikutukset voivat olla helpommin huomattavissa, mutta krooniset vaikutukset ovat yleisempiä hulevesien haittavaikutuksia. Juuri tämän kroonisen luonteen vuoksi on vaikea havainnoida ja arvioida hulevesien vesistövaikutuksen suoraa yhteyttä esimerkiksi hetkelliseen laadun heikkenemiseen. (Suomen kuntaliitto, 2012, 133.)

2.2 Kuormituksesta aiheutuvat vesistövaikutukset

Suomessa on voitu johtaa hulevesiä erillisviiemäröinnin kautta käsittelemättöminä rantavesiin ja puroihin. Hulevesissä voi kulkeutua mukana erinäisiä ravinteita, kiintoaineita ja muita haitta-aineita, jotka voivat heikentää järvenlahtien, pikkujärvien, herkkien ja matalien lampien veden laatua. Hulevedet muuttavat virtaamia ja valunnan määriä, mikä voi aiheuttaa muutoksia veden laatuun, ravinteiden, kiintoaineen ja haitta-aineiden lisäksi. Purovesistöissä lisääntyä eroosio ja kiintoaineskulkeumat, kun niihin johdettavat hulevedet kasvattavat ylivirtaamaa ja lisäävät virtaamavaihteluita. Kun taas kuivana kautena purojen virtaamaa pienentää, veden vähentynyt imeytyminen maaperään ja vähentynyt pohjaveden muodostuminen. (Suomen kuntaliitto, 2012, 133–134.)

Hulevedet kuljettavat mukanaan kiintoainesta, joka samentaa vesistöjä ja voi laskeutua purojen ja rantavesien pohjia peittäväksi kerrokseksi. Tämän lisäksi kiintoaines kertyy vesialtisiin ja tukkii tie-rumpuja. Hulevedet voivat myös edistää leväkukintoa ja rehevöitymistä, kuljettamalla ravinteita. Kun ravinnepitoisuus kasvaa, se voi aiheuttaa muutoksia järven ekosysteemiin. Kasviplanktonin määrä lisääntyy, kun perustuotanto kasvaa, jonka takia järven näkösyvyys pienenee. Yleisesti mitä rehevöityminen aiheuttaa on levä- ja hajuhaittoja, lajiston muuttumista, vesikasvillisuuden runsastumista ja kalaston muuttumista särkivaltaiseksi. Mutta reheviä järviä on myös luonnostaan. (Savolainen, 2012, 16; Suomen kuntaliitto, 2012, 134.)

Tiesuolan käyttö voi nostaa purovesien suolapitoisuutta äkillisesti. Hulevesien mukana voi kulkeutua myrkyllisiä aineita esimerkiksi onnettomuustilanteessa käytettäviä sammutusvesiä ja – kemikaaleja. Näistä tulevat vaikutukset voivat johtaa kalaston vähenemiseen ja häviämiseen. Sateella ja tulva-aikoina hulevesiä voi joutua jätevesiviemäriin, jonka takia pumppaamoiden ja puhdistamoiden kapasiteetti saattaa ylittyä ja viemäriä päästä vesistöihin. Veden viipymä vaikuttaa myös suuresti kuormitusherkkyteen. Mitä pitempi on viipymä, sitä herkemmin vesistö reagoi ulkopuolelta tulevaan kuormitukseen. Tämän takia monissa joissa ei tapahdu suuria muutoksia, vaikka niihin kohdistuisi kuormitusmäärä, mikä aiheuttaisi suurta haittaa järvissä. (Savolainen, 2012, 15; Suomen kuntaliitto, 2012, 134.)

2.3 Kuormituksesta aiheutuvat pohjavesivaikutukset

Ensisijaisena keinona hulevesien määrän vähentämisessä pidetään sadevesien imeyttämistä ja läpäisemättömien pintojen minimointia. Silloin myös valuma-alueelta poistuva ainehuuhtouma vähenee. Katetut pinnat ja vesien johtaminen pois pohjavesialueelta vähentävät muodostuvan pohjaveden määrää, joten sadeveden imeyttämällä turvataan myös pohjaveden riittäminen tulevaisuudessakin. Hulevesissä olevien aineiden lisäksi pohjavesiin vaikuttaa myös huleveden liikkeelle saamat aineet maaperästä sen läpi kulkiessaan. Näitä aineita voivat olla kiviaineksen sisältämät metallit, jotka ovat luonnollista alkuperää tai haitalliset aineet, jotka ovat maaperässä ihmisen toiminnasta johtuen. Tärkeillä pohjavesialueilla saa käyttää vain sellaisia torjunta-aineita, jotka eivät kulkeudu pohjaveteen, lisätietoa kasvinsuojeluaineiden käyttörajoituksista saa elintarviketurvallisuusvirastosta. (Suomen kuntaliitto, 2012, 135–136.)

Tunnetuin haitta pohjavesille on suolan käyttö liukkaudentorjuntaan, koska vesiliukoisena aineena suola kulkeutuu helposti eikä maaperä pysty sitä pidättämään. Pohjavesisuojausta ja hulevesien johtamista pohjavesialueen ulkopuolelle tarvitaan pääteiden ja – katujen suolan käytön ja onnettomuusriskin takia, kun tiet ja kadut sijaitsevat tärkeällä veden hankintaan soveltuvalla pohjavesialueella. Suojauksen tarvetta mietitään riskiarvioinnissa. Vuorokauden kestävä suoja riittää nykyisin onnettomuuksien kannalta. Nykyisin on olemassa korvaavia vaihtoehtoja tiesuolalle, esimerkiksi lupaa via tuloksia on Suomessa saatu biohajoavan kaliumformaatin käytöstä. (Suomen kuntaliitto, 2012, 135–136.)

Haitta-aineet, jotka ovat liukoisessa muodossa hulevedessä ja niiden pidättyvyys maaperään on heikko, aiheuttavat suurimman haitan pohjavedelle hulevesien imeyttämässä. Yleisesti voidaan sanoa, että monien haitta-aineiden riski pienenee, jos hulevedet imeytetään kasvillisuuskerroksen läpi ja imeytysrakennetta edeltää kiintoainetta laskeuttava esikäsitteilyrakente. Pohjavesien pilaantumisen riskiä suurentaa hulevesien suora johdattaminen maanalaisiin imeytysrakenteisiin, ilman maanpinnalla tapahtuvaa imeyttämistä. Esimerkiksi päällystetyillä pihilla sijaitsevat imeytyskaivot ovat pohjavesien kannalta huono ratkaisu. Taajama-alueilla pitäisi välttää maanalaisia imeytysrakenteita ja suosia kasvillisuuskerroksen läpi tapahtuvaa imeyttämistä. Erityistapauksissa kuten teollisuusalueilla tulisi katsoa tapauskohtaisesti imeyttämisen soveltamiseksi. (Suomen kuntaliitto, 2012, 135-136.)

3 RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET HYDROLOGIAAN JA VEDEN LAATUUN

3.1 Rakentamisen vaikuttaminen sadantaan, valuntaan ja haihduntaan

Rakennettaessa aiheutuu väistämättömästi valuma-alue muutoksia, jotka vaikuttavat veden kulkeutumiseen valuma-alueella. Nämä vaikutukset koskevat ensisijaisesti valuntaprosesseja, kuten valunnan syntyä, valuntatyyppiä ja kokonaismäärää. Maankäytössä tapahtuvat muutokset vaikuttavat valuma-alueella vesien fysikaaliseen, kemialliseen ja hygieeniseen laatuun. Valunnan kokonaismäärään kaupunkirakentaminen vaikuttaa siten, että se kasvattaa pintavalunnan määrää. Kun rakennetaan, kasvillisuutta hävitetään, mikä aiheuttaa haihdunnan vähenemistä ja veden virtauksen nopeutumista, mikä taas lisää kokonaisvaluntaa. (Kuusisto, 2002, 9.)

Yleensä kaupungistuminen vähentää haihduntaa, mutta monissa isoissa kaupungeissa on huomattu sademäärien olevan keskimäärin 10 % suurempia kuin ympäröivällä maaseudulla. Haihduntaa pienentäviä tekijöitä ovat kasvillisuuden vähyys ja päällystettyjen pinta-alojen suuri pinta-ala, joita on rakennetulla alueella. Mitä vähemmän on haihduntaa, sitä enemmän on kokonaisvaluntaa. Kaupungistuminen vähentää pintakerros- ja pohjavesivaluntaa, mutta lisää pintavaluntaa. Kaupunkialueiden päällystetyt pinnat vähentävät pohjaveden muodostumista, koska vesi ei pääse imeytymään maaperään. Tämän johdosta pohjaveden pinta alenee ja samalla pohjavedenvirtaus uomiin tulee pieneneväksi. Tästä voi seurata kuivalla kaudella uoman virtaaman pieneneväksi. (Vakkilainen, Kotola ja Nurminen, 2005, 8.)

3.2 Rakentamisen vaikutus valumaveden laatuun ja ainehuuhtoumaan

Yleensä pintavesien laatu heikentyy kaupungistumisen seurauksena. Teollisuus, liikenne, jätteen käsittely, rakennukset ja eläinten jätökset ovat kaupungissa olevia lähteitä, joista kuormittavia aineita pääsee vesistöihin. Erinäisten päästölähteiden lisäksi pintavesien laatua heikentää kaupunkialueella luonnollisten pintavettä puhdistavien elementtien vähyys, kuten lammikot, avo-ojat ja kosteikot. Kaupungin virtavesien ainepitoisuudet ovat yleisesti 1 - 2 kertaluokkaa suurempia kuin metsäisten valuma-alueiden vastaavat. Kaupunkialueilla huleveden laatu voi kuitenkin olla hyvin erilainen. Esimerkiksi vuodenajasta ja sadeoloista johtuen, laatu voi vaihdella myös samassa tarkastelupisteessä. Huleveden laadusta on tehty maailmanlaajuinen selvitys, jonka teki Duncan (1999). Maankäyttömuodoista johtuvia eroja oli vaikea havaita kaupunkien hulevesien laaduissa. Fosforia ja bakteereja oli enemmän asuinalueiden hulevesissä kuin muiden (teollisuus- ja liikealueet sekä muut alueet) rakennettujen alueiden hulevesissä, mutta vähemmän metalleja ja orgaanista hiiltä. Kokonaistypipitoisuuden, biologisen hapenkulutuksen ja fekaalisten koliformien määrä lisääntyy hulevedessä, kun asukastiheys kasvaa. Kun vuosisadanta kaupunkialueella kasvaa, niin hulevesissä monien aineiden pitoisuudet pienenevät. Hulevesitutkimuksissa on yleensä pyritty löytämään yhteys veden laadun ja vuosisadannan läpäisemättömien pintojen määrän, asukastiheyden ja liikennemäärän avulla. (Vakkilainen, ym., 2005, 13.)

3.3 Rakennetusta ympäristöstä tuleva kuormitus

Rakennettu ympäristö on koko maan tasolla kuudenneksi suurin vesistöjen typen (1,5 %) ja fosforin (2,1 %) kuormituslähde. Kuormitus on puolet metsätalouden hajakuormituksesta ja kertaluokkaa pienempi kuin maatalouden kuormitus. Rakennetun ympäristöstä tuleva typpi- ja fosforikuormitus on suurempi kuin teollisuudesta tuleva kuormitus, jos ei lasketa mukaan massa- ja paperiteollisuuden kuormituksia ja noin puolet haja-asutuksesta tulevista päästöistä, RYVE:n oashankkeen ”Taajamien aiheuttaman hajakuormituksen arviointi” tulosten mukaan. Uusien alueiden aiheuttamasta kuormituksesta ja hulevesien hallintatekniikoiden tehokkuudesta erityyppisillä taajama-alueita tulisi Suomessa tutkia enemmän. Tämän lisäksi kuormitusarvojen tarkentamiseksi pitäisi tehdä pitkäaikaista seuranta rakennettavilta alueilta, keskusta-, teollisuusalueilta- ja asuinalueilta. Myös hulevesikuormitus, joka on liikenteen aiheuttama, olisi hyvä selvittää. (Vakkilainen, ym., 2005, 9-10.)

3.4 Rakentamisen aikana tuleva kuormitus

Rakennustoiminnassa on toiminnaltaan tyypillisiä samankaltaisuuksia kun maaseudun ja kaupunkien maankäytön kanssa. Rakennustyömaalla tehtävä avohakkuu voi sisältää alkuperäisen kasvillisuuden kokonaan hävittämisen, jolloin vaikutukset ympäristölle ovat paljon merkittävämmät kuin normaalisessa metsänhoidossa. Rakentaminen voi muuttaa maisemaa suuremmissa mittakaavassa kuin teho- ja maatalous. Rakennustyömaat ovat usein auki kaivettuja, jolloin maaperä altistuu eroosiolle ja kuormituksen osuus kasvaa merkittävästi. Jos vastaanottava vesistö on kärsinyt rakennustyömaan takia, vaikka tehtäisiin laaja, rakentamisen jälkeinen hulevesien hallinta, niin se ei välttämättä palaudu ennalleen. (Sillanpää, 2013, 36-39)

Rakentamisen aikana suurin osa maasta on paljaana vesieroosiolle. Tällöin pintavalunta lisääntyy ja virtaama ja kiintoaineen kulkeutuminen uomastossa kasvaa. Rakentamistoiminta huonontaa valumaveden laatua ja lisää ainehuuhtoumia. Varsinkin kiintoaineen pitoisuudet ja ainehuuhtoumat voivat olla rakentamisaikana moninkertaisia rakennettuun alueeseen nähden. Kiintoainekuorma kasvaa varsinkin, jos maanmuokkauksen aikana sattuu runsaasti rankkasateita alueelle. Sateiden ajoitus vaikuttaa suuresti kiintoainekuorman suuruuteen. (Kuusisto, 2002, 10; Vakkilainen, ym., 2005, 9; Nenonen, 2013, 13.)

Rakennettaessa poistetaan alueelta yleensä kaikki kasvillisuus. Tämän seurauksena typpipitoisuudet alkavat kasvamaan, koska typpi ei voi enää sitoutua kasvillisuuteen. Myöhemmilläkin rakennusvaiheilla on vaikutusta typpipitoisuuteen esimerkiksi pihojen perustamisella ja maaperän lannoituksella. Rakentamisen loppuvaiheessa suurin osa sadannasta muodostuu valunnaksi, jolloin maaperään imeytyy vähemmän vettä. Tämän seurauksena typen mahdollisuus sitoutua kasvillisuuteen ja maaperään pienenee ja sitä huuhtoutuu vesistöihin. Myös fosforipitoisuus kasvaa rakentamisen aikana. Fosfori huuhtoutuu rakentamisen alkuvaiheessa maanmuokkauksesta johtuvan eroosion takia. Kiintoaineeseen sitoutuneena fosforia huuhtoutuu eroosioaineksen mukana. Rakentamisen loppuvaiheessa fosforin huuhtoutuminen on enää hyvin vähäistä maaperän stabiloitumisen myötä. (Nenonen, 2013, 14-15.)

4 KUORMITUSMALLIT

4.1 VEPS

VEPS on kuormituksen arviointijärjestelmä, joka toimii HERTAssa. Sillä voidaan arvioida valtakunnallisesti maatalouden, laskeuman, haja-asetuksen, metsätalouden, loma-asutuksen, luonnonhuhouman, turvetuotannon ja pistekuormituksen suuruutta ja osuuksia. VEPS malliin on sisälletty ns. ominaisuuskuormitusluvut, mutta halutessaan käyttäjä voi lisätä malliin omia kuormituslukuja, esimerkiksi silloin kun käyttäjällä on tiedossa mitattua tietoa tarkasteltavalta alueelta. Mallissa laskenta perustuu suurempien alueiden lähtötietoihin, jolloin 3. jakovaiheen yksittäisillä valuma-alueilla arviointi muuttuu epävarmemmaksi. Vesistöjen luonnetta ei laskennassa oteta huomioon, esimerkiksi ravinteiden pidättymistä järviin, tämän lisäksi puuttuu hydrologinen vuosivaihtelu. VEPSissä olevat pistekuormitus tiedot perustuvat VAHTI malliin. VEPSistä saatavat tulokset ovat suuntaa-antavia ja ne on kalibroitu valtakunnan tasolla pienten valuma-alueiden ja kenttä kokeiden tuloksiin. Ympäristöhallinnon sisäisiltä verkkosivuilta on saatavilla VEPS-tulokset kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppi-kuormasta kuormituslähteittäin kaikille 3. jakovaiheen jokivesistöalueille. Verkkosivuilta löytyy tilastotietoa tarkasteltavan alueen maankäytöstä. (Gralund, Tattari, Puustinen, Helin, Väisänen, Linjama, 2010, 52.)

VEPS, kuormituksen arviointijärjestelmää ei voitu käyttää tässä työssä sen takia, koska se ei ollut tarpeeksi tarkka näin pienelle alueelle. VEPSissä ei myöskään tarkastella rakennus vaihetta ja rakennettua aluetta, ainoastaan nykytilannetta.

4.2 VEMALA

VEMALA-malli on ravinnekuormitusmalli, joka on kattava koko Suomen vesistöille. Se jäljittelee ravinteiden prosesseja, kulkeutumista ja huuhtoutumista maalla, järvissä ja joissa. Malli myös simuloi Suomen vesistöistä Itämereen lähtevää kuormaa, kokonaiskuormaa vesistöihin ja pidättymistä. VEMALA koostuu lähinnä kahdesta osamallista: ravinneprosesseja simuloivasta VEMALA-mallista ja WSFS-mallista, joka simuloi hydrologiaa. (Ympäristökeskus, 2014.)

VEMALALLA pystytään tuottamaan reaaliaikaisia tuloksia ja simuloida päivittäistä vedenlaatua yli hehtaarin kokoisissa järvissä ja Suomen joissa. Sillä voidaan myös analysoida mereen menevästä kuormituksesta, biologisten käyttökelpoisten ravinteiden osuutta, sekä kokonais- tai biologisesti käyttökelpoisten ravinteiden osuutta eri kuormituslähteistä. VEMALALLA pystytään simuloimaan erilaisten ravinne- ja maatalouskuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutusta kokonais- tai biologisesti käyttökelpoisten ravinteiden kuormitukseen, mikä edesauttaa vesipuidedirektiivin käyttöön ottoa. Tämän lisäksi voidaan huomioida ilmastomuutoksen vaikutus. Kun esimerkiksi tahattoman vuodon seurauksena alajuoksuun päätyy yhdisteitä, jotka voidaan arvioida VEMALALLA simuloimalla reagoimattomien yhdisteiden kulkeutumista jokireiteissä. (Ympäristökeskus, 2014.)

VEMALAA ei käytetty tässä työssä, koska ravinnekuormitusmalli on suunniteltu isommille valuma-alueille. VEMALAn käyttö soveltuu paremmin alueille, joissa on pelto-alueita ja halutaan nimenomaan saada selville viljelystä tulevaa kuormitusta vesistöön. Työssä tutkittavalla alueella ei ole ollenkaan viljelyalueita.

4.2.1 VEMALA-N

VEMALA-N jäljentää kokonaistypen, nitraatin ja orgaanisen typen huuhtoutumista ja valuma-alueella kuormituksen muodostumista. Viljelykasvi- tai maankäyttöluokka on simulointiyksikkö ja näitä on yhteensä kuusi: yksi metsäluokka ja viisi eri viljelykasviluokkaa. Mallilla voidaan simuloida typen pääprosessien: nitrifikaation, denitrifikaation, kasvien typenoton ja mineraalisaation riippuvuutta maaperän lämpötilasta ja kosteudesta. Sillä saadaan simuloitua esimerkiksi karjalannan vaikutusta nitraatin huuhtoutumiseen ja siihen liittyviin reaktioihin, muita simuloitavia ovat: ilmastonmuutoksen, eri maankäyttömuotojen ja viljelykasvien sekä mineraalien vaikutus. (Ympäristökeskus, 2014.)

4.2.2 VEMALA-ICECREAM

ICECREAM-malli on prosessipohjainen, jolla simuloidaan maataloudesta tulevaa partikkeleihin sitoutuneen fosfaatin ja fosforin kuormitusta sekä peltomittakaavassa eroosiota. Mallilla voidaan laskea jokainen Suomen pellon fosforikuormitus erikseen. Lähtötietoina käytetään mallissa pellon ominaisuuksia, kuten maalajia, pellon kaltevuutta ja suorakulmion muotoisen peltolohkon kokoa. ICECREAMilla saadut tulokset käytetään VEMALA-mallin syötteenä. VEMALA-ICECREAMilla laskettavissa skenaarioissa voidaan simuloida viljelytoimenpiteet, jotka ovat:

- ajankohdat viljelytoimenpiteillä
- yksivuotiset kasvit, perennat ja juurikasvit, 13 eri kasvilajia parametrisoitu
- suojakaistat/ suojavyöhykkeet
- Lannoitteiden määrä, tyyppi ja lannoitusvyvyys
- Perinteinen muokkaus, suorakylvö. (Ympäristökeskus, 2014.)

4.3 KUSTAA

KUSTAA-työkalu on kehitetty Metsäntutkimuslaitoksen, Suomen Ympäristökeskuksen ja Helsingin Yliopiston Maataloustieteiden laitosten yhteistyönä (MAHA-hanke, MMM 2526/311/2009). KUSTAA-työkalua on laskentaohjelma, joka perustuu ominaiskuormituslukuihin. Laskemalla tulokseksi saadaan vesistöalueen tai valuma-alueen kokonaiskuormitus ja sen jakautuminen eri kuormitus lähteisiin vähintään vuoden aikajaksolla. Lähtötiedot, jotka KUSTAA-työkalu tarvitsee, ovat valuma-alueen pinta-ala, vesistöjen pinta-ala, ja vuositason metsä- ja maataloustoimenpiteiden pinta-alat sekä pistekuormituslähteiden yksikkömäärät. Yva-menettelyissä ja vesistön tilan parantamiseen tähtäävien vesiensuojelu- ja kustannushankkeiden suunnittelun tukena voidaan hyödyntää Kustaa-työkalua. KUSTAA-työkalu on integroitu Microsoft Excel ohjelmaan ja ohjelmoitu Visual Basic for Applications – kielellä. (Luonnonvarakeskus, 2014; Launiainen, Sarkkola, Laurén, Puustinen, Tattari, Mattsson, Piirainen, Heinonen, Alakukku, Finér, 2014, 6-7.)

KUSTAA-työkalulla voidaan laskea vuotuisen kokonaisfosforin, kokonaistypen ja kiintoaineen kokonaiskuormituksen ja valuma-alueen eri kuormituslähteiden aiheuttaman kuormituksen. Myös tulosten epävarmuudesta saadaan karkea arvio. KUSTAAN ominaiskuormitusluvut perustuvat kuormitusseurantoihin, Suomessa tehtyihin kenttäkokeisiin ja mallituloksiin. Nämä tulokset on johdettu selvityksien ja julkaistujen tutkimusten tuloksista. KUSTAA- työkalussa voi käyttäjä itse muuta ominaiskuormituslukuja tai lisätä kuormituslähteitä tarpeen mukaan. (Launiainen,ym., 2014, 10.)

KUSTAA-työkalussa on käytetty myös muiden laskentamalleihin perustuvia kuormituslukuja, kuten KALLE-laskentamenetelmässä käytettäviä metsätalouden ominaiskuormituslukuja ja metsätalouden kuormituslaskentaa.

4.4 Skoy suunnittelukeskus oy:n arvot

Käytettiin kuormitusmallina Skoy suunnittelukeskus oy:n tekemiä ”Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät” suunnitteluohjetta ja ”Keilankannan keskuksen hulevesien hallintasuunnitelmaa”. Nämä hulevesihallinta ohjeet oli tehty osana Kuopion kaupungin toteuttamaa ”Hulevesien hallinta Kuopion Saaristokaupungista” – nimistä EU-hanketta. Suunnitteluohjeet perustuvat ulkomaisiin suunnitteluohjeisiin ja käsikirjoihin, näitä tietoja on sovellettu Suomen olosuhteisiin. Ne on tehty auttamaan suunnittelijoita hulevesien luonnonmukaisten hallintamenetelmien suunnitteluun. Ohjeita voi soveltaa mihin tahansa kohteeseen. (Skoy suunnittelukeskus Oy, 2007, 1.)

Kertoimia ja arvoja on kerätty eri lähteistä suunnitteluohjeeseen. Mitoitussateen keston arvot ovat Suomen rakennus insinöörien liitto RIL Liikenne ja väylät II kirjasta. Keskimääräiset valumiskertoimet ovat Suomen kuntatekniikan yhdistyksen Katusuunnittelun ja – rakentamisen ohjeesta. (Skoy suunnittelukeskus Oy, 2007, 2-3.)

Valumiskertoimet on saatu Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL liikenne ja väylät II ja vesihuolto II teoksista. Fosforipitoisuus, typpipitoisuus ja kiintoainepitoisuus arvot on saatu neljästä eri lähteestä: Pohjois-Pohjanmaan julkaisu metsätalous ja vesistöjen kunnostaminen, Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisu ja 8 ”Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla, osa 2: koealuetutkimus, Kokemäenjoen Vesistön Vesiensuojeluyhdistys ry Hulevesiselvitys / Tampereen Vesi ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen Pyhäjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. (Skoy suunnittelukeskus Oy, 2007, 3.)

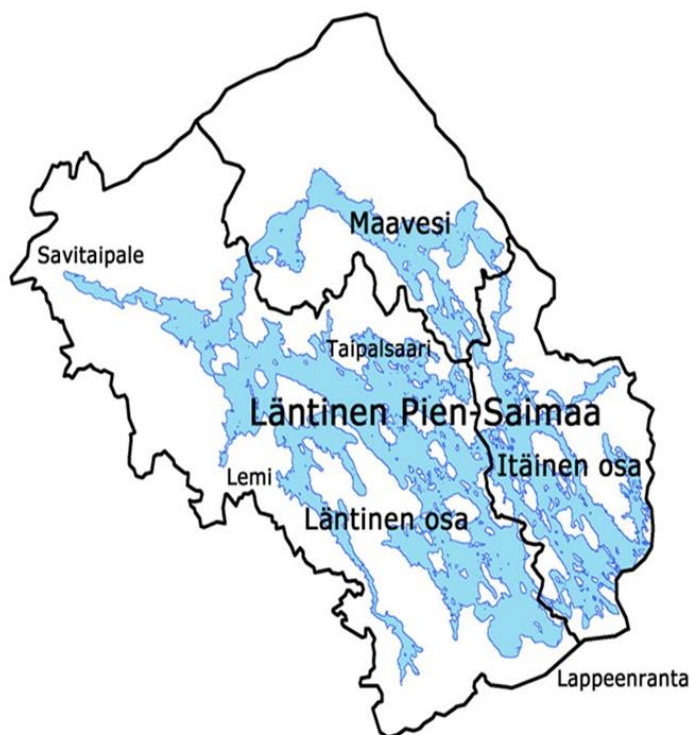
4.5 Pisa-kuormitusmalli

Pisa-kuormitusmalli syntyi kun tarvitsimme eri malleja selvittämään Ruohosaaren länsiosan kuormituksen. Lappeenrannan ympäristötoimessa oli tehty Pien-Saimaaseen kuormitus selvitystä. Pisa-kuormitusmallissa on käytetty näitä PISA kuormitus selvityksessä olevia kuormitusarvoja. Tässä on etsitty alueelle sopia kertoimia eri lähteistä. Liitteissä 1-3 näkee, mitä arvoja on käytetty Pisa-mallissa.

5 KOHTEEN ESITTELY

5.1 Pien-Saimaa

Pien-Saimaa sijaitsee Saimaan eteläosassa. Pien-Saimaa on Lappeenrannan kaupungin ja Taipalsaaren, Lemmin ja Savitaipaleen kuntien alueella (kuva 1). Pien-Saimaa on hyvin matala ja rikkonainen vesialue ja veden vaihtuvuus on hidasta. Pien-Saimaan perustiedot löytyvät taulukosta 1. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi, 2009.)



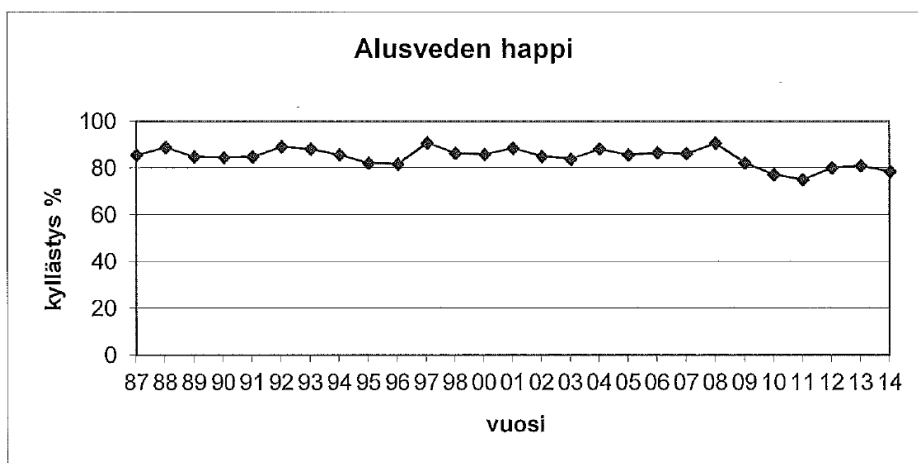
Kuva 1 Pien-Saimaa. (Pien-Saimaan kotisivuilta)

Pien-Saimaa on ollut luonnontilaisena kirkasvetinen ja karu vesistö. Mutta viimeisten vuosikymmenien aikana Pien-Saimaan veden laatu on muuttunut selvästi huonompaan suuntaan. Vesi on alkanut samentua, näkösyvyys vähentynyt, pohjan laatu on muuttunut sekä ajoittain on laajoja leväkuintoja. Pien-Saimaan kuormitus on enimmäkseen hajakuormitusta. Vesistön eri osissa veden laatu vaihtelee suuresti. Veden laatu on huonointa Maavedellä ja Lavikanlahdella. Pien-Saimaan veden laatu on tyydyttävä ympäristöhallinnon vuoden 2013 veden laadun luokittelun mukaan. Pien-Saimaalla merkittävimmät kuormittajat ovat haja-asutus, hulevedet, maa- ja metsätalous, turvetuotanto ja laskeuma sekä ajoittain myös sisäinen kuormitus. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi, 2009.)

Taulukko 1 Pien-Saimaan perustiedot. Taulukon tehnyt Miitta Vaittinen lähteen, Pien-Saimaan nettisivu, mukaan.

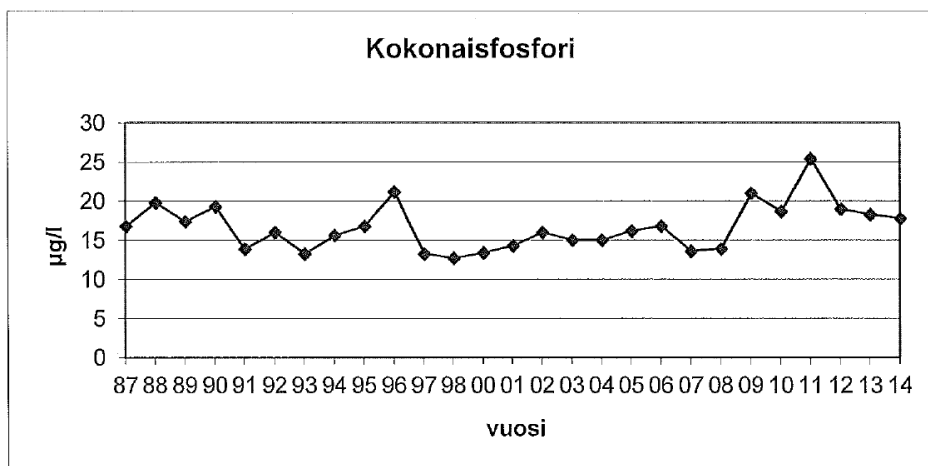
vesialueen pinta-ala	120 km ²
Valuma-alueen pinta-ala	260 km ²
Keskisyvyys	4,7 m
Viipymä	4,5 vuotta
Vesitilavuus	0,57 km ³

Seuraavissa kuvaajissa (kuvio 1-4) on esitelty Pien-Saimaassa sijaitsevan Sunisenselän vedenlaatu-tuloksia 1987-2014 välisenä aikana. Sunisenselän mittauspiste on esitetty kuvassa 2. Sunisenselän happikylläisyys on ollut hyvä aikaisempina vuosina, mutta viime vuosina se on vähän Laskenut (kuvio 1). Kokonaistyyppi ja -fosfori ovat nousseet viimevuosien aikana (kuvio 2 ja 3). Näiden myötä Sunisenselän vedenlaatu on huonontunut (kuvio 4). Tämän mittauspisteen tulokset ovat hyvin samanlaiset kuin muiden mittauspisteiden mittaustulokset, joiden tulokset löytyvät liitteistä 10–13. Mutta hyvin samansuuntaisia olivat mittauspisteiden tulokset. Tarkastelussa ei ollut kaikki mittauspisteet.

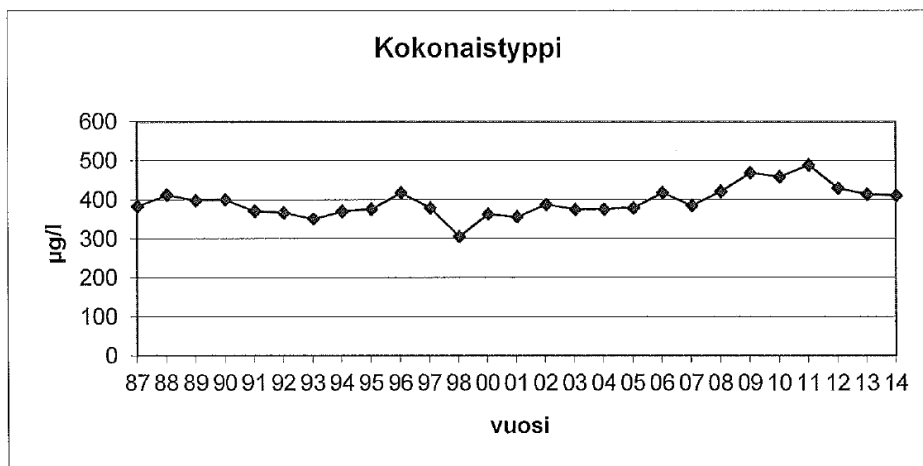


Kuvio 1 Sunisenselän alusveden happikylläisyys eri vuosina.

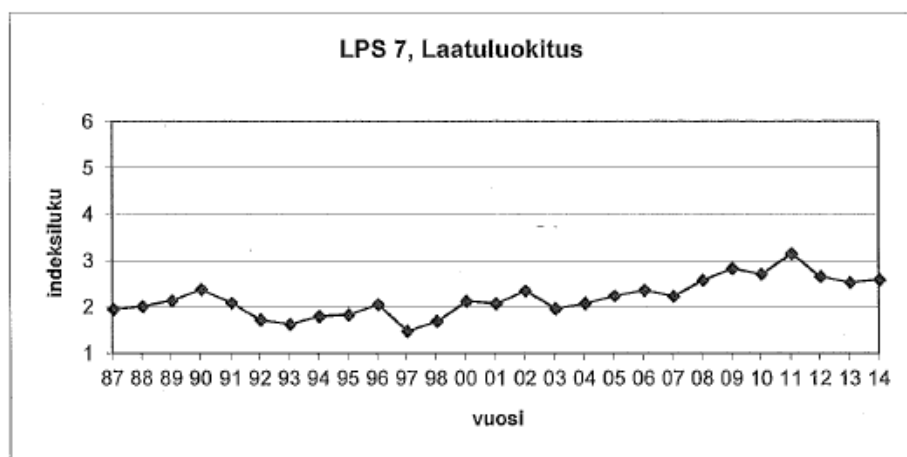
(Lappeenrannan seudun ympäristötoimi)



Kuvio 2 Sunisenselän kokonaisfosfori eri vuosina. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi)



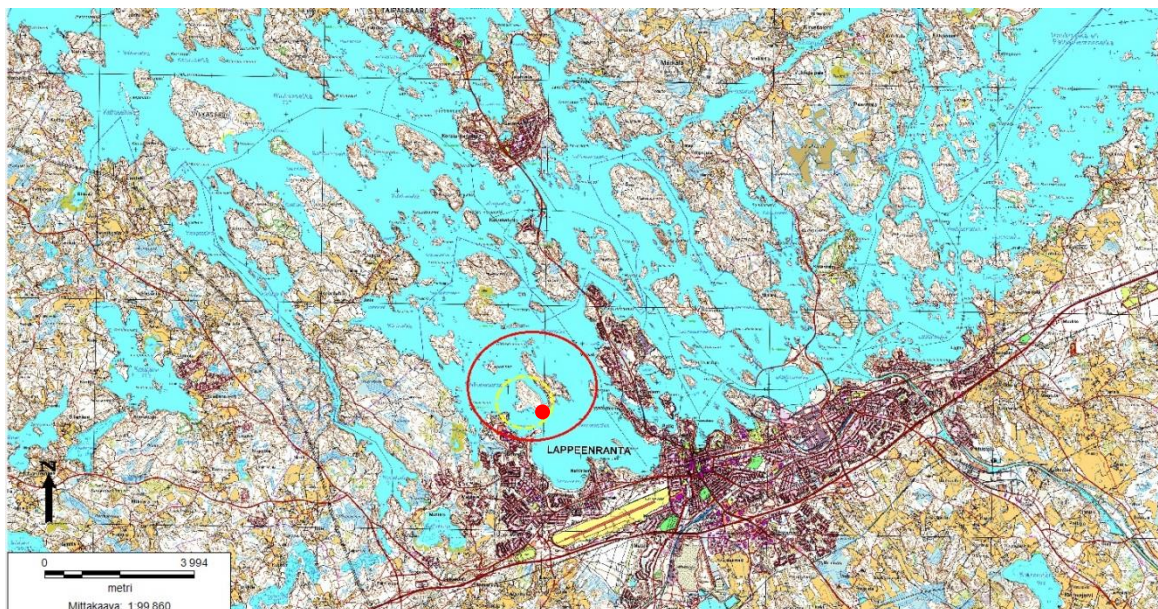
Kuvio 3 Sunisenselän kokonaistyyppi eri vuosina. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi)



Kuvio 4 Sunisenselän laatuiluokitus eri vuosina. 1 on erinomainen ja 6 on erittäin huono. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi)

5.2 Ruohosaari

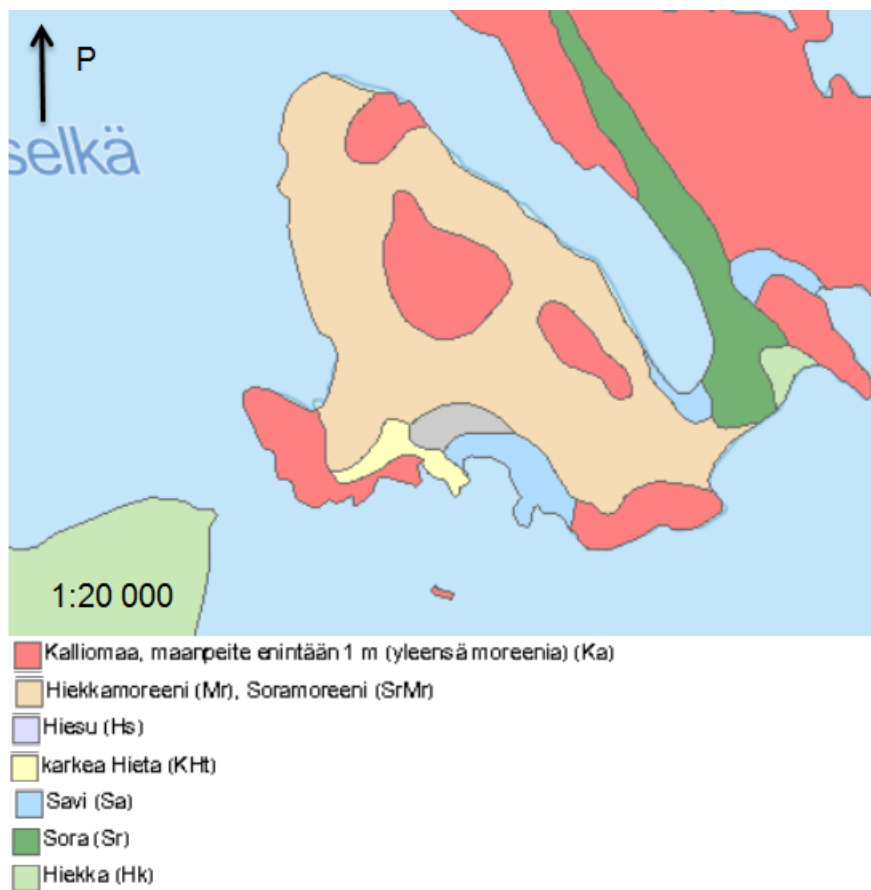
Ruohosaari sijaitsee läntisen Pien-Saimaan eteläosassa. Ruohosaari on Pien-Saimaan länsiosasta noin 0,13 %. Saari on merkitty kuvaan 2 punaisella ympyrällä ja keltaisella on merkitty se osa Ruohosaaresta, jota tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tarkemmin. Ruohosaaren läntinen puoli on noin 48 hehtaarin kokoinen. Tällä hetkellä siellä on rannan tuntumassa muutamia kesämökkejä. Suurin osa saaren pinta-alasta on metsää. Saarella on tehty metsähakkuita. Ruohosaaresta tuleva ravinnekuormitus tulee metsänhoidosta ja loma-asutuksesta.



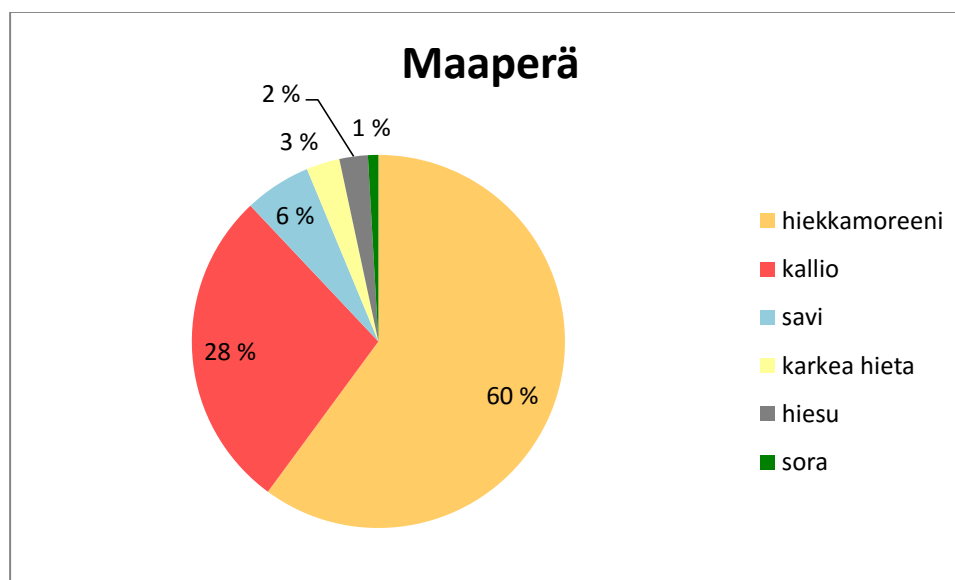
Kuva 2 Pien-Saimaa, punaisella ympyrällä on merkitty Ruohosaari ja punaisella pisteellä merkitty näyttöönottopiste. (MapInfo)

5.2.1 Maaperä

Alueen maaperä vaikuttaa oleellisesti hulevesiin. Esimerkiksi hulevesien imeytymiseen ja valuntaan. Kallioisessa maastossa veden imeytyminen maaperään on hyvin haastavaa, jolloin valunta kasvaa. Moreenisessa maaperässä imeytyminen on suurempaa, kuin kallioisessa. Kuvassa 3 on esitetty Saaren läntisen puolen maaperää, joka on suurimmaksi osaksi hiekkamoreenia 60 % ja kalliota 28 % (Kuva 4). Alueella on myös savea, hiesua, karkeaa hietaa ja hyvin vähän soraa.



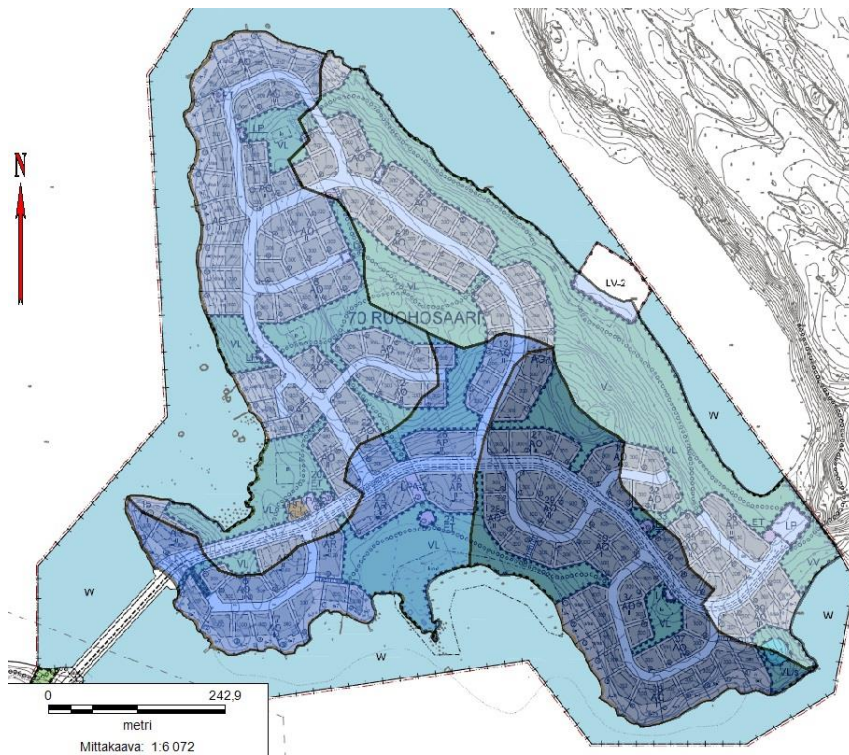
Kuva 3 Ruohosaaren länsiosan maaperäkartta. Paikkatietoikkuna



Kuva 4 Ruohosaaren länsiosan maaperä.

5.2.2 Valuma-alue

Luonnontilassa oleva Ruohosaaren läntinen osa voidaan jakaa maastonmuotojen perusteella neljään valuma-alueeseen (kuva 5). Valuma-alueet on määritelty korkeuskäyrien ja maastonmuotojen mukaan. Alueen itäpuolella oleva valuma-alue suurimmilta osin laskee selkeästi Salolahteen, jossa veden vaihtuvuus on vähäistä.



Kuva 5 Ruohosaaren länsiosan luonnonmukaiset valuma-alueet.

5.3 Maakäytön aikaansaamat muutokset

Pääasiassa alueelle rakennetaan erillispientaloja, mutta asemakaavassa (kuva 6) on esitetty myös tontteja, joille voi rakentaa rivitaloja tai muita pientaloja. Asemakaavaan on myös merkitty tontti, jolle rakennettaisiin liikerakennus esimerkiksi kauppa. Virkistysalueille on myös annettu ohjeelliset paikat. Alueelle tulisi myös venevalkama-alue.



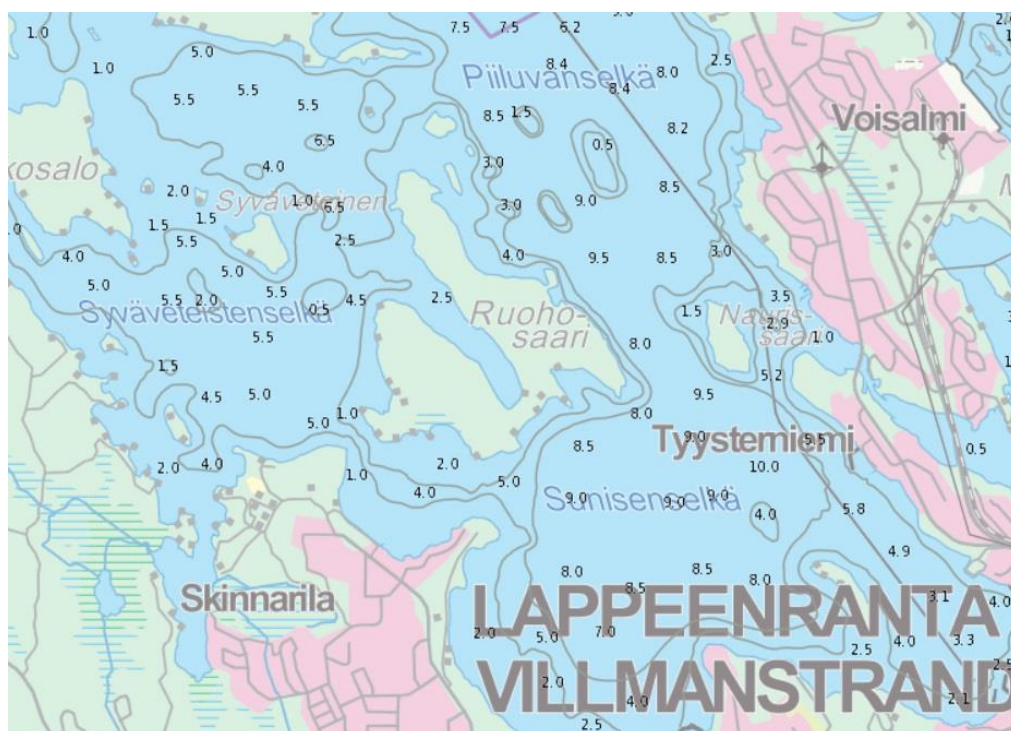
Kuva 6 Ruohosaaren länsiosan asemakaava.

5.4 Syvyys ja virtaus

Paikka jossa oli tutkittu virtauksia ja veden vaihduntaa oli Läntisen Pien-Saimaan lounaiskulmassa Uitonsalmessa ja sen lähetyillä. Alueet, joita tutkittiin, oli Syväveteisenselkä ja Sunisenselkä (kuva 7). Keskisyvyys Syväveteisenselässä on 5m ja Sunisenselässä 7 m. Selvitystyötä varten tehdyt virtaus- ja lämpömittaukset olivat kesällä 2005. Virtausmittauksia oli tehty kahdella eri laitteistolla: virtausuimurilla ja automaattisella virtausmittarilla. Sunisenselän kolmessa salmessa ja lähialueilla virtauksia seurattiin virtausuimurilla. Uittamonsalmella selvitettiin virtausten ajallisesta vaihtelusta automaattisella virtausmittarilla. Uittamonsalmella mittaukset suoritettiin jatkuvalla ja akustisella virtausmittarilla, joka oli laitettu lautalta roikkumaan kahden metrin syvyyteen. (Huttula, Lindfors, Huttunen, Laine, 2005, 2-4.)

Virtausuimurilla saadut tulokset esittivät, että vedenvaihdunta Sunisenselältä tapahtuu varsin tehokkaasti kolmen salmen kautta. Etenkin pintavirtaukset Uittamonsalmessa sekä Naurissaaren länsipuolisessa salmessa ovat voimakkaita. Vesitasetta ei pystytty selvittämään tarkasti liian lyhytaikaisten uimurimittausten tulosten pohjalta. Tärkein virtauksia aiheuttava tekijä järvillä avovesikaudella on tunnetusti tuuli. Lappeenrannan lähialueen virtauksiin jääpeitteisenä aikana on todettu Saimaan juoksutuksella olevan vaikutusta. (Huttula, ym., 2005, 8-9.)

Ruohosaaren ja Skinnarilan välillä järvi ei ole kovinkaan syvä (kuva 7), jolloin veden vaihtuvuus on hitaampaa. Muutenkin Ruohosaaren ympärillä on hyvin matalaa ja saaria, jotka hidastavat veden vaihtuvuutta.



Kuva 7 Paikkatietoikkunasta otettu kuva alueen syvyyskäyristä.

6 TULOKSET

Opinnäytetyössä Ruohosaaren rakentamisesta aiheutuvia kuormituksia arvioitiin kolmella eri mallilla. Yhtenä kuormitusmallina oli Skoy suunnittelukeskus oy:n tekemiä "Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät" suunnitteluohjetta ja "Keilankannan keskuksen hulevesien hallintasuunnitelmaa". Kuormitusmallina käytettiin myös Lappeenrannan seudun ympäristötoimen PISA-projektissa käytettyjä arvoja. Viimeinen malli, jolla laskettiin kuormitukset, oli Suomen ympäristökeskukselta saatu KUSTAA-työkalu. Malleissa käytetyt kertoimet löytyvät taulukosta 2.

Taulukko 2 Malleissa käytetyt kertoimet. Skoy suunnittelukeskus oy:n yksikkö on kg/km²*a , Pisa-arvojen yksikkö on kg/ha/a ja KUSTAA-työkalun yksikkö on kg/ha/a.

		Pintavalunta	forfori	typpi	kiintoaine
Skoy suunnittelukeskus oy	metsä/puisto	0,15	7	100	1700
	hakkuu	0,15	7	100	1700
	haja-asutus	0,2	24	500	9700
	rakentaminen	0,6	57	570	60500
	hiekkaluokka-alue	0,3	24	500	9700
	katto	0,9	24	500	9700
	piha	0,2	24	500	9700
	asfaltti	0,8	24	500	9700
Pisa-arvot	metsä/puisto	0,15	0,04	0,82	-
	hakkuu	0,2	0,08	1	-
	haja-asutus	0,15	0,1	0,25	-
	rakentaminen	0,6	0,57	5,7	-
	hiekkaluokka-alue	0,15	0,03	0,4	-
	katto	0,3	0,7665	8,4135	-
	piha	0,3	0,7665	8,4135	-
	asfaltti	0,8	0,04	0,82	-
KUSTAA-työkalu	metsä/puisto	-	-	-	-
	hakkuu	-	0,06	2,4	0
	haja-asutus	-	0,07	0,4	3,7
	rakentaminen	-	0,57	5,7	605
	hiekkaluokka-alue	-	-	-	-
	katto	-	0,24	5	100
	piha	-	0,24	5	100
	asfaltti	-	0,41	3	370

Fosforikuormitus

Fosforikuormitus on Skoy:n arvoja käyttäen nykytilassa n. 3,8 kg/a, rakennettaessa asuinalueita n. 20 kg/a ja rakennetussa asuinalueessa n. 8.8 kg/a. Kustaa- työkalulla saadut fosforikuormitukset ovat: nykytilassa n. 2,0 kg/a, kunnes metsähakkuut aloitettaisiin, nousisi se n. 16,0 kg/a luokkaan. Rakennus vaiheessa olisi fosforikuormitus n. 18 kg/a ja rakennetun alueen kuormitus olisi laskenut n. 8,0 kg/a. Pisa-mallin mukaan nykytilanteessa fosforikuorma on n. 2 kg/a luokkaa, rakennus vaiheessa n. 15,9 kg/a ja rakennetun alueen kuormitus on n. 18,9 kg/a.

Typpikuormitus

Typpikuormitus on Skoy:n arvoja käyttäen nykytilassa n. 58,5 kg/a, rakennettaessa asuinalue n. 198 kg/a ja rakennetussa asuinalueessa n. 175,5 kg/a. Kustaa-työkalulla typpikuormitukset ovat nykytilassa n. 60,0 kg/a, rakennus vaiheessa n. 180 kg/a ja rakennetun alueen n. 140 kg/a. Pisa-mallia käyttäen nykytilan typpikuormituksen tulokseksi saatiin n. 23,4 kg/a, rakennettaessa asuinalue kuormitus on n. 195,3 kg/a ja rakennetun alueen tulokseksi tuli n. 212,1 kg/a.

Kiintoainekuormitus

Kiintoainekuormitus on Skoy:n arvoja käyttäen nykytilassa n. 1026 kg/a, rakennettaessa asuinalue n. 19619 kg/a ja rakennetussa asuinalueessa n. 3367 kg/a. Kustaa-työkalulla kiintoainekuormitukset ovat nykytilassa alle 1000 kg/a, hakkuu vaiheessa nousisi n. 14000 kg/a, rakennus vaiheessa n. 19000 kg/a ja rakennetussa alueessa n. 5000 kg/a. Pisa-mallissa ei ollut kiintoaine arvoja.

Pintavalunta

Pintavalunta on Skoy:n arvoja käyttäen nykytilassa n. 23020 m³/a, rakennettaessa asuinalue n. 67990 m³/a ja rakennetussa asuinalueessa n. 46804 m³/a. Kustaa-työkalussa ei laskettu pintavaluntaa. Pisa-mallissa pintavalunta on nykytilassa n. 23835 m³/a, rakennettaessa asuinalue n. 67990 m³/a ja rakennetussa alueessa n. 46955 m³/a. Taulukosta 3 löytyy kaikkien kolmen eri mallin tulokset.

Taulukko 3 Kolmen eri mallin tulokset.

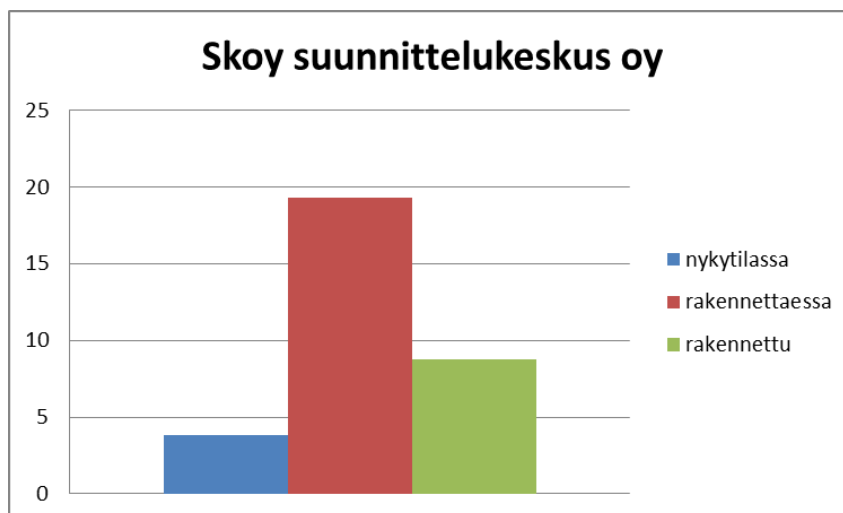
		fosforikuormitus (kg/a)	typpikuormitus (kg/a)	kiintoainekuormitus (kg/a)	pintavalunta (m ³ /a)
nykytilassa	Skoy suunnittelukeskus Oy	3,80	58,45	1025,76	23020,02
	KUSTAA-työkalu	2,00	60,00	1000,00	-
	Pisa-malli	2,01	23,41	-	23835,07
rakennettaessa	Skoy suunnittelukeskus Oy	19,34	198,10	19619,34	67989,57
	KUSTAA-työkalu	18,00	180,00	19000,00	-
	Pisa-malli	15,91	195,26	-	67989,57
rakennettu	Skoy suunnittelukeskus Oy	8,77	175,54	3367,43	46804,36
	KUSTAA-työkalu	8,00	140,00	5000,00	-
	Pisa-malli	18,94	212,06	-	46954,58

7 TULOSTEN TARKASTELU

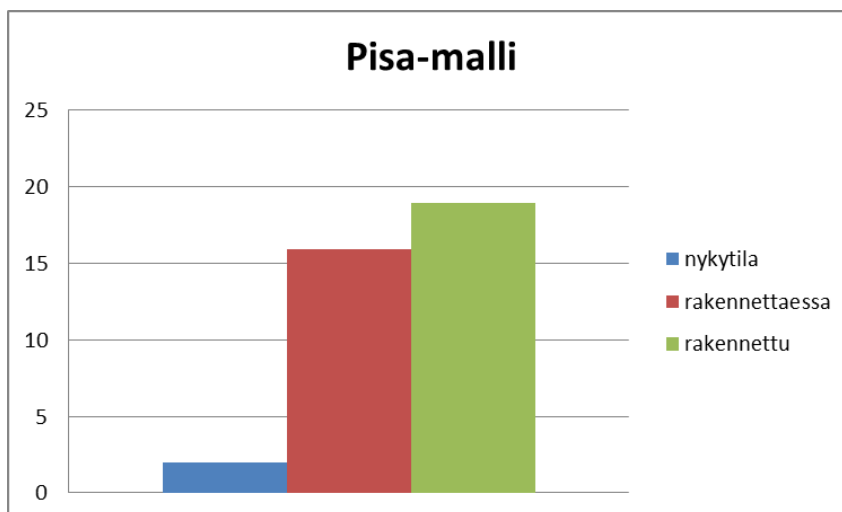
Fosforikuormitus

Skoy suunnittelukeskus oy:n arvojen mukaan lasketuissa tuloksissa asuinalueita rakennettaessa fosforin kuormitus on yli kaksinkertainen verrattaessa rakennettuun asuinalueeseen (kaavio 1). Kun taas rakennetun asuinalueen fosforikuormitus on kaksinkertainen, verrattuna nykytilassa olevaan alueeseen (kaavio 1). Pisa arvojen mukaan laskettuna tulokset (kaavio 2) olivat hyvin lähellä Skoy tuloksien kanssa. Pisa tulokset olivat vain hiukan vähemmän. Suurin eroavaisuus oli, että rakennetun asuinalueen kuormitus oli suurempi kuin rakennettaessa olevan asuinalueen (kaavio 2). Tämä voi johtua siitä että piha-alueen ja katon kertoimet ovat jonkin verran suuremmat verrattuna rakennettavaan alueeseen. Kustaa-työkalun mukaan lasketut tulokset (kaavio 3) ovat samaa luokkaa kuin skoy:n ja Pisa-mallin tuloksien kanssa.

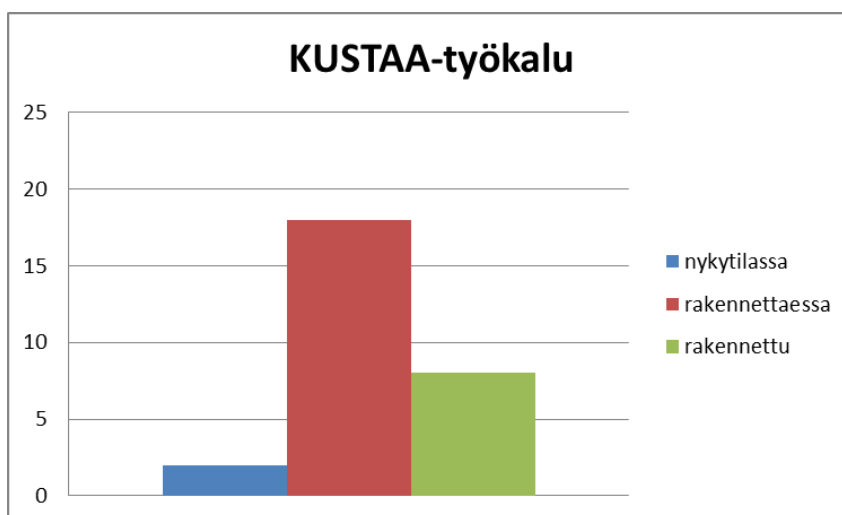
Fosforipitoisuuden lisääntymisestä seuraa järven rehevöitymistä. Tämä voi johtaa järven lajien yksipuolistumiseen, jota tuskin tulee tapahtumaan-, näin suuressa järvessä. Vedenlaatu tulee paikallisella alueella huononemaan, jonka paranemiseen menee aikaa.



Kaavio 1 Skoy suunnittelukeskus oy mallilla saadut fosforikuormituksen tulokset.



Kaavio 2 Pisa-mallilla saadut fosforikuormituksen tulokset.

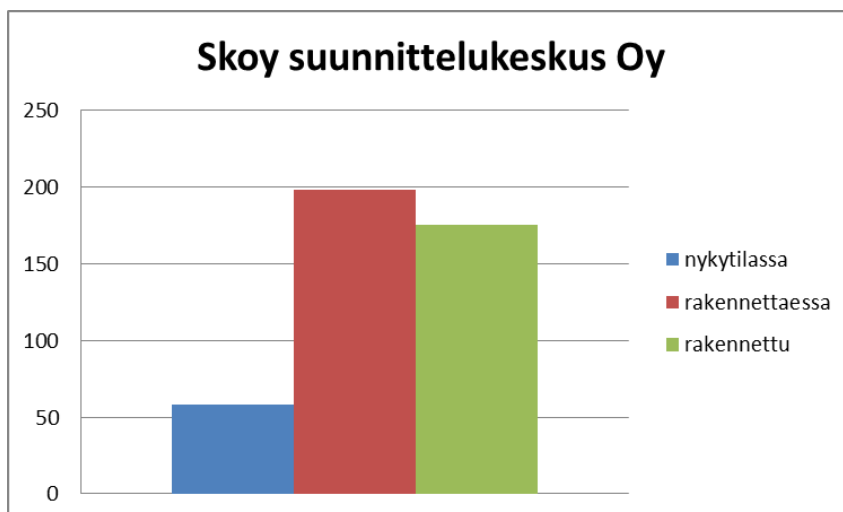


Kaavio 3 KUSTAA-työkalulla saadut fosforikuormituksen tulokset.

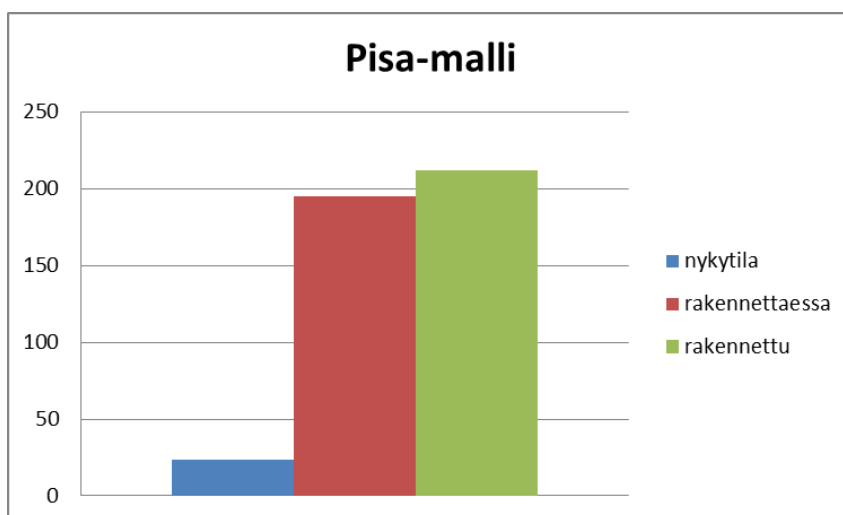
Typpikuormitus

Skoy:n kuormitusarvoilla laskettuna typpikuormitus rakennettaessa asuinalueita on suurimmillaan noin kolminkertainen verrattuna nykytilanteeseen (kaavio 4). Rakennetun asuinalueen kuormitus on vain vähän pienempi, kuin rakennettaessa asuinalueita (kaavio 4). Pisa-arvoilla laskettuna typpi-kuormitus kasvaa hiukan rakennetulla alueella (kaavio 5). Kustaa-työkalulla laskettuna typpi-kuormitus tulee laskemaan enemmän rakennetussa alueessa (kaavio 6) verrattuna Skoy:n tuloksiin.

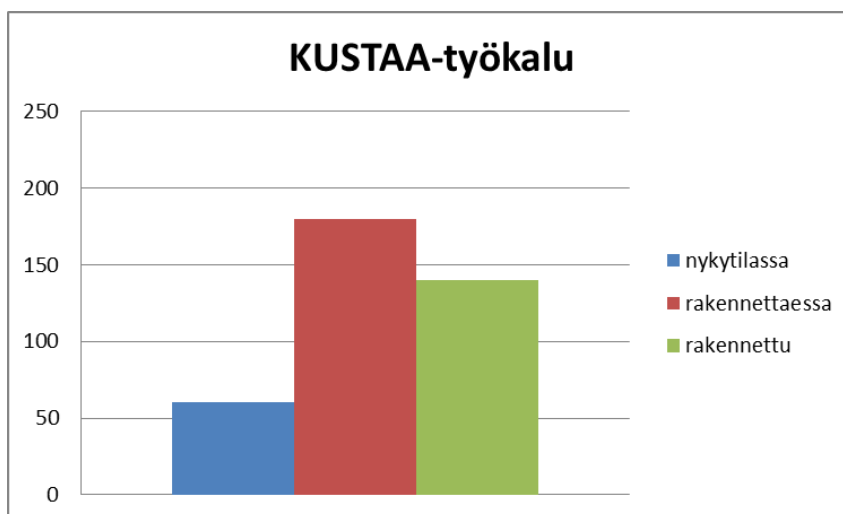
Typpikuormitus ei laske yhtä paljon kuin esimerkiksi fosforikuormitus rakennusvaiheen jälkeen, kun kaikki on valmista. Jolloin typpikuormitus jää hyvin suureksi verrattuna nykytilanteen typpi-kuormitukseen. Tämä aiheuttaa järven rehevöitymistä ja vedenlaadun huononemista saaren lähi-etuäisyydel-
lä.



Kaavio 4 Skoy suunnittelukeskus Oy mallilla saadut typpikuormituksen tulokset.



Kaavio 5 Pisa-mallilla saadut typpikuormituksen tulokset.



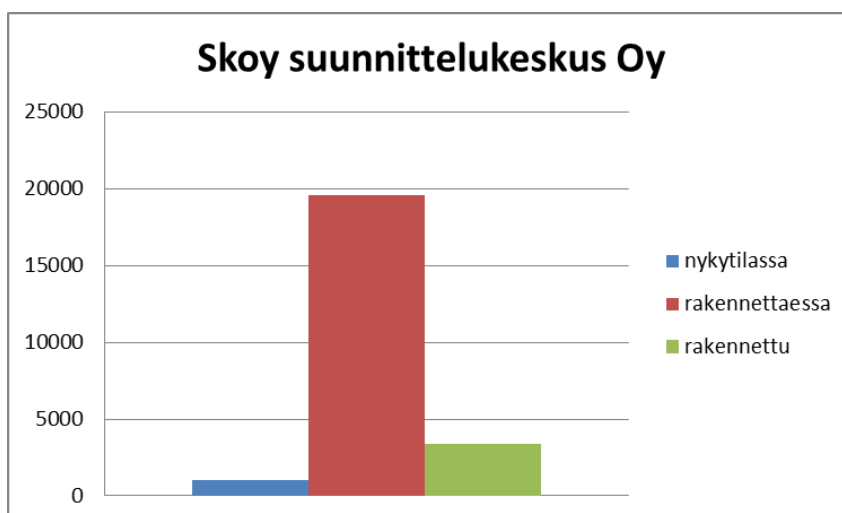
Kaavio 6 KUSTAA-työkalulla saadut typpikuormituksen tulokset.

Kiintoainekuormitus

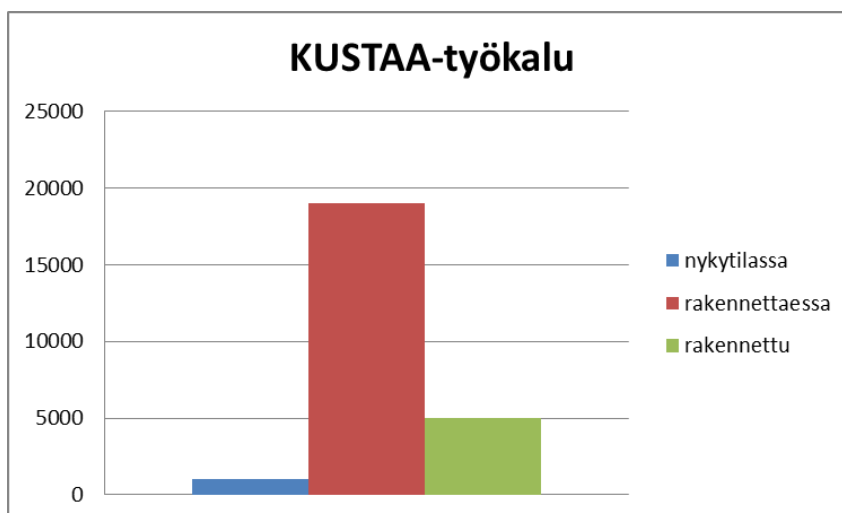
Kiintoainekuormitus tulisi kasvamaan paljon rakennettaessa asuinalueita Skoy:n kuormitusarvoja käyttäen, melkein 20 kertaiseksi verrattuna nykytilan kiintoainekuormaan (kaavio 7). Kustaa-

työkalulla saadut tulokset (kaavio 8) ovat hyvin samankaltaiset kun Skoy:n kuormitusarvoja käyttäen. Rakennusvaiheessa kuormitus on vähäisempi, mutta rakennetun alueen kuormitus jää suuremmaksi, kuin Skoy:n kuormitus arvoja käyttäen saadut tulokset (kaavio 7). Pisa-mallissa ei ollut arvoja kiintoainekuormalle.

Jokaisen mallin mukaan kiintoainekuorma tulisi nousemaan moninkertaiseksi rakennusvaiheen aikana. Rakentamisen aikana kiintoainetta menee hulevesien mukana Pien-Saimaaseen. Tämä aiheuttaa rehevöitymistä Ruohosaaren lähistöllä, kuten Salolahdessa. Kiintoaineen lisääntyminen aiheuttaa myös veden samentumista. Kiintoainekuorma tulee laskemaan, kun rakennustyö on saatu valmiiksi ja kasvillisuus on alkanut kasvamaan virkistysalueille.



Kaavio 7 Skoy suunnittelukeskus Oy mallilla saadut kiintoainekuormituksen tulokset.

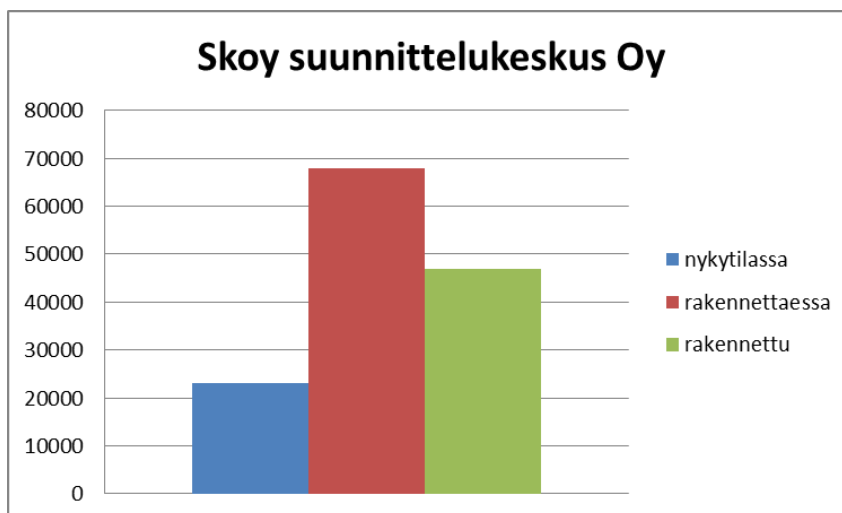


Kaavio 8 KUSTAA-työkalulla saadut kiintoainekuormituksen tulokset.

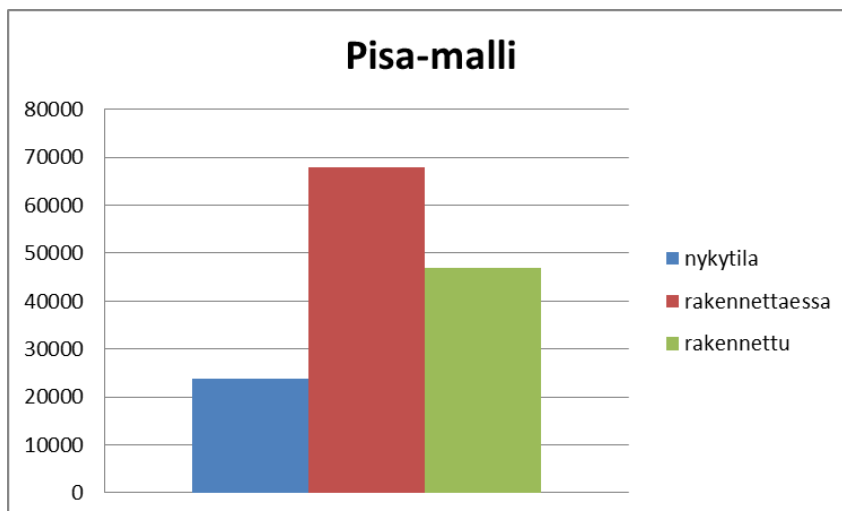
Pintavalunta

Pintavalunta tulisi kasvamaan melkein kolminkertaiseksi rakennusvaiheessa verrattuna nykytilanteeseen. Kun alue on rakennettu, olisi pintavalunta puolet enemmän, kuin nykytilanteen pintavalunta. Pisa-mallin ja Skoy suunnittelukeskus oy:n arvojen pintavalunnan tuloksilla ei ollut suuria eroja (kaa-

viot 9 ja 10). Pintavalunnan mukana kulkeutuu järveen kuormittavia aineita. Jotka rehevöittävät järveä ja huonotavat järven laatua.



Kaavio 9 Skoy suunnittelukeskus Oy mallilla saadut pintavalunnan tulokset.



Kaavio 10 Pisa-mallilla saadut pintavalunnan tulokset.

7.1 Arvio kuormitusmalleista

Skoy suunnittelukeskus oy suunnitteluohjeet ovat selkeät ja helppolukuiset. Niissä on käyty koko prosessiläpi mikä helpottaa kuormituksen laskemisessa ja lähtötiedon kokoamisessa. Ohjeessa on käyty läpi kaikki vaiheet nykytilasta valmiiseen rakennettuun alueeseen. Siinä on myös esitetty erilaisia ratkaisuja hulevesien luonnonmukaiseen hallintaan. Ohjeet sopivat hyvin erilaisiin kohteisiin ja ovat muokattavissa -kohteelle sopivaksi. Laskelmat antavat hyvin lähellä oikeaa olevat tulokset.

KUSTAA- työkalu sopii parhaiten selvittämään nykytilan kuormituksen, varsinkin maatalouden ja metsätalouden kuormitukset. Tämän takia se ei sovi niin hyvin opinnäytetyössä tutkittavaan alueeseen, jossa piti saada selville kolmen eri vaiheen (nykytilan, rakennus vaiheen ja rakennetun alueen) kuormitukset. Mallissa ei ollut ollenkaan rakennus vaiheeseen tarkoitettuja arvoja. Malli on myös suunniteltu käytettäväksi koko järveen kohdistuvan kuormituksen laskemiseen, jolloin sitä oli hankalampi käyttää saaresta tulevan kuormituksen laskemiseen. Se myös soveltuu paremmin isomman

alueen kuormituksen laskemiseen. Mallilla pystyy helposti laskemaan monen vuoden kuormitukset, jolloin pystyy näkemään kuinka järveen kohdistuva kuormitus kasvaa tai laskee vuosien saatossa. Tulokset saadaan näkyviin työkalussa niin taulukoissa kun kaavioissa, mikä helpottaa tuloksien lukua. Työkalu on helppokäyttöinen ja helposti luettava, mutta se ei soveltunut niin hyvin tämän alueen kuormituksen selvittämiseen.

Pisa-arvot ovat etsitty eri lähteistä ja sopivat hyvin laskemaan rakennetun alueen kuormitukset. Pintavalunnoissa oli tarkat arvot jokaiselle alueelle. Pisan arvot on kerätty samalla tavalla kun Skoy:n arvot eri lähteistä. Rakennus vaiheessa olevia arvoja ei ollut alun perin Pisa-mallissa. Asuinrakennuksen suuret kuormituskertoimet voivat johtua mahdollisesta piha-asfaltoinnista, rakennuksista ja maan muokkauksesta, ja niistä johtuvista pintavalunnoista. Tämän takia rakennetun alueen fosfori- ja typpikuormitukset nousevat niin suuriksi ja ovat enemmän, kuin rakenteilla olevan alueen kuormitukset.

Monet tässä työssä esitetyt mallit eivät soveltuneet kohteen kuormitusten laskemiseen. Ruohosaaren länsi osa oli liian pieni alue laskettavaksi useissa malleissa. Kohteen maankäyttö koostuu mökkitonteista ja metsätaloudesta. Monissa malleissa, kuten VEMALA:ssa selvitettiin maatalouden ja viljelyn vaikutusta ja kuormitusta vesistöön, jolloin ne eivät sopineet tälle kyseiselle alueelle. Monet mallit oli suunniteltu laskemaan vain nykytilanne eikä ollenkaan mahdollisia tulevia muutoksia.

7.2 Tuloksien vertailu ja tarkastelu

Jokaisen mallin tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan, joten voidaan olettaa niiden pitävän paikkansa. Ainoastaan Pisa-arvoista saadut rakennetun alueen tulokset erosivat eniten ja näin ollen oletetaan niiden heittävän eniten oikeasta kuormituksesta. Mallien tarkat tulokset löytyvät liitteistä 1-9. Niistä näkee miten kuormitus jakautuu valuma-alueiden kesken ja maan käytön mukaan.

Tuloksista tulee ottaa huomioon kaikkiin kuormitusmalleihin liittyvät epävarmuustekijät. Ominaiskerroimet ovat laskennallisia keskiarvoja ja eivät ota huomioon esimerkiksi maaperään laatua, sääoloja tai kaltevuutta. Kuormitusmalleista saadut tulokset ovat tietysti arvioita mahdollisista kuormituksen muutoksista kun aluetta aletaan rakentaa ja kun alue on rakennettu valmiiksi. Suurin osa ravinnekuormituksesta tulee rakennusvaiheessa. Tähän vaikuttaa maan muokkaus, metsä hakkuut ja maan eroosio. Kiintoainekuormitus kasvaa eniten rakennettaessa. Rakennetun alueen ravinnekuormitus tulee vähenemään, kun eroosio herkät alueet joko peitetään kasvillisuudella tai päällystetään

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena oli selvittää Ruohosaaren länsiosasta tulevat kuormitukset Pien-Saimaaseen. Erityisesti rakennusvaiheessa syntyvät kuormitukset. Näitä ravinnekuormituksia ei ole tutkittu paljoa eikä niitä ole huomioitu monissa malleissa ollenkaan. Malleilla saadut tulokset ovat hyvin samansuuntaisia, josta voi päätellä, että ne ovat hyvin lähellä todellisuutta. Tuloksista näkee kuinka paljon ravinnekuormitus kasvaa rakennusvaiheessa ja paljon ravinnekuormitus tulee olemaan rakennetulla alueella.

Ruohosaaren länsipuolen rakentamisen vaikutukset koko Pien-Saimaaseen ovat todennäköisesti hyvin pienet, mutta paikallisesti eli Ruohosaaren lähistöllä etenkin paikoissa jotka ovat matalia ja loissa veden vaihtuvuus on pientä, ne ovat suuremmat. Esimerkiksi Salolahti voi rakentamisesta aiheutuvien kuormitusten takia rehevöityä ja lopulta kasvaa umpeen. Vedenlaatu tulisi kärsimään lisääntyvän kuormituksen ja vähäisen virtauksen vuoksi lähistöllä. Kuormituksen kasvaminen voi myös aiheuttaa leväesiintymien lisääntymistä alueella. Ruohosaaren lähivesistössä tapahtuvat muutokset ravinnekuormituksen vaikutuksesta voivat olla hyvinkin merkittävät, eikä vedenlaatu välttämättä palaudu ennalleen Ruohosaaren rakentamisen jälkeen.

Jos Ruohosaaren ja Skinnarilan välille rakennetaan silta, tulee ottaa huomioon sen mahdolliset vaikutukset veden virtaukseen. Alueella silta voi pienentää virtausta, varsinkin kun Pien-Saimaalla suurin osa virtauksesta tapahtuu tuulesta. Virtauksen säilyttäminen ennallaan on hyvin tärkeää Pien-Saimaan pitkän viipymän takia. Jos silta vähentää nykyistä virtausta, tulee virtauksen säilymiseksi tehdä esimerkiksi ruoppaustoimenpiteitä. Sunisenselän mittauspisteen tuloksista (kuviot 1-4) näkyy, miten alueen vedenlaatu on muuttunut vuosien aikana ja viime vuosina alueen vedenlaatu on huonontunut verrattuna aikaisempiin vuosiin. Rakentamisen seurauksena tulee vedenlaatu heikkeneämään entisestään ja voi kestää kauan ennen kuin vedenlaatu saadaan palautettua entiselleen, jos se on edes mahdollista.

Jos alueelle rakennetaan, tulee ottaa huomioon hulevedet ja ravinnekuormitukset niin rakennettaessa, kuin valmiissa alueessa. Ennen rakentamista tulee laatia hulevesien hallintasuunnitelma rakennus vaiheessa olevalle alueelle ja valmiille alueelle. Näin pystytään estämään mahdolliset suuressa mittakaavassa pääsevät ravinnekuormitukset Pien-Saimaaseen. Pien-Saimaan kunnostushankkeena on päädytty vähentämään ravinnepitoisuuksia virtausohjauksen avulla Pien-Saimaan länsiosassa. Tämä tarkoittaa pumppaamoiden rakentamista Pien-Saimaalle. Nyt on rakennettu ensimmäinen pumppaamo Kivisalmelle ja mahdollisesti rakennetaan toinen Kopinsalmelle. Kivisalmen pumppaamolla torjutaan rehevöitymistä ja pyritään vaikuttamaan vedenlaatuun lisäämällä veden vaihtuvuutta ja laimentamalla ja alentamalla ravinnepitoisuuksia. Pumppaamon aiheuttamalla veden vaihtuvuuden lisäämisellä ei ole vielä havaittu olevan vaikutuksia vedenlaatuun alueella ja nämä mahdolliset positiiviset vaikutukset tulevat näkymään vasta pidemmän ajan kuluessa. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi)

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

APHONEN, Hannele 2003. Kohti luonnonmukaisempaa taajamahydrologiaa. Diplomityö. Espoo: teknillinen korkeakoulu rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.

Granlund, Kirsti, Tattari, Sirkka, Puustinen, Markku, Helin, Janne, Väisänen, Sari ja Linjama, Jarmo 2010. Kuormitusmallien mahdollisuudet ja mallitulokset vertailut. Suomen ympäristö 23/2010.

HAUTAMÄKI, Paula 2014. Luonnonmukaisen huleveden hallinnan kehittäminen Hämeenkyrössä. Vaasan ammattikorkeakoulu.

HUTTULA, Timo, LINDFORS, Antti, HUTTUNEN, Olli JA LAINE, Pertti 2005. Uittamonsalmen virtaukset ja veden vaihdunta sekä eri virtausaukkojenvaihtoehtojen vaikutus niihin. Luode Consulting Oy. Lappeenrannan kaupunki.

KENTTÄMIES, Kaarle ja MATTSSON, Tuija 2006. Metsätalouden vesistökuormitus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki

KOTOLA, Jyrki ja NURMINEN, Jyrki 2003b. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: koealuetutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8.

KUUSISTO, Paula 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Helsingin Yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B48. ISBN 952-10-0874-1, ISSN 0355-1105

LAPPEENRANNAN SEUDUN YMPÄRISTÖTOIMI 2009. Läntisen pien-saimaan länsiosan kuormitus selvitys. [viitattu 13.4.2015] Saatavissa:

<http://www.piensaimaa.fi/images/pdf/LantisenPienSaimaankuormitus selvitys2009.pdf>

LAUNIAINEN, Samuli, SARKKOLA, Sakari, LAURÉN, Ari, PUUSTINEN, Markku, TATTARI, Sirkka, MATTSSON, Tuija, PIIRAINEN, Sirpa, HEINONEN, Jaakko, ALAKUKKU, Laura ja FINÉR, Leena 2014. KUSTAA –työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2014. ISBN 978-952-11-4374-8, ISSN 1796-1726.

LUONNONVARAKESKUS 2014. KUSTAA –työkalun valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaa. [Viitattu 24.4.2015] Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/kustaa/>

MAILAMMI, Masi 2014. Maankäytön, päällystetyn pinnan ja asukastiheyden vaikutukset vedenlaatuun urbaanilla alueella. Pro grady –tutkielma. Helsingin yliopisto. Geotieteiden ja maantieteen laitos.

MYKKÄNEN, Joose 2007, Ulkoinen ravinnekuormitus ja sedimentistä vapautuvat ravinteet espoon Matalajärvessä. Diplomityö. Espoo: teknillinen korkeakoulu rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.

NENONEN, Päivi 2013. Asuinalueen rakentamisen vaikutukset veden laatuun, virtaamaan ja ainekuormitukseen – Esimerkinä Espoon Suurpelto 2006–2012. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Geotieteiden ja maantieteen laitos.

PAARIJOKI, Heidi ja JUTILA, Heli 2005. Riihimäen Paalijärven kuormitus selvitys ja kunnostusehdotukset. Hämeenlinnan seudun kansanterveystyön kuntayhtymä, ympäristöosasto, JÄRKI-hanke. Ympäristöosaston monisteita 66.

PÖYRY 2012. Etelä-Siilijärven hulevesiselvitys. Siilijärvenkunta.

SAVOLAINEN, Kaisa 2012. Muuttuneen vesistön kokonaisvaltainen kunnostus – esimerkinä Jäälinojan vesistö. Diplomityö. Oulun Yliopisto Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto.

SILLANPÄÄ, Nora 2013. Effects of suburban development on runoff generation and water quality. Doctoral thesis. Aalto University. Doctoral Dissertations 160/2013. 226 p.

SKOY SUUNNITTELUKESKU OY 2007. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät. suunniteluohje. Kuopion kaupunki.

SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY 2007. Keilankannan keskuksen hulevesien hallintasuunnitelma. Kuopion kaupunki.

SUOMEN KUNTALIITTO 2012. Hulevesiopas. Helsinki

Suomen ympäristökeskus 2013. Typen, fosforin ja kiintoaineksen pidentyminen vesistössä – WSFS-Vemala-mallin arvio. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5/2013. ISBN 978-952-11-4135-5, ISSN 1796-1726.

Suomen ympäristökeskus 2014. Vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALA. [Viitattu 29.4.2015] Saatavissa: [http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Itameren_vesistojen_ ja_ vesivarojen_kestava_kaytto/Mallit_ ja_ tyokalut/ Vesienhoi-](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Itameren_vesistojen_ ja_ vesivarojen_kestava_kaytto/Mallit_ ja_ tyokalut/ Vesienhoi- don_mallit/Vedenlaadun_ ja_ ravinnekuormituksen_ mallinnus_ ja_ arviointijarjestelma__VEMALA)

Tanskanen, Ville 2011. Suomenjoen valuma-alue ravinnekuormitusselvitys. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ympäristöteknologia.

VAKKILAINEN, Pertti, KOTOLA, Jyrki ja NURMINEN, Jyrki, 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: ympäristöministeriön julkaisuja 776.

VALTONEN, Marjo 2015. Effects of urbanization on seasonal runoff generation and pollutant transport under cold climate. University of Helsinki. Department Environmental Sciences. Faculty of Biological and Environmental Sciences.

LAPPEENRANNAN SEUDUN YMPÄRISTÖTOIMI.Virtausohjaus Pien-Saimaalle.[viitattu 12.9.2015] Saatavissa: <http://www.piensaimaa.fi/kunnostus/virtausohjaus>

LIITE 1: PISA-MALLIN NYKYTILAN TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq	MQ	valumakerroin	pintavalunta	fosfori (kg/yks/a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/yks/a)	typpikuormitus (kg/a)
1	metsä	11,576	0,11576	10	36506,0736	0,15	5475,91104	0,03	0,34728	0,4	4,6304
	hakkuu	3,488	0,03488	10	10999,7568	0,2	2199,95136	0,08	0,27904	1	3,488
	haja-asutus	0,142	0,00142	10	447,8112	0,15	67,17168	0,1	0,0142	0,25	0,0355
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,6416		0		0		0
2	metsä	10,504	0,10504	10	33125,4144	0,15	4968,81216	0,03	0,31512	0,4	4,2016
	hakkuu	2,433	0,02433	10	7672,7088	0,2	1534,54176	0,08	0,19464	1	2,433
	haja-asutus	1,183	0,01183	10	3730,7088	0,15	559,60632	0,1	0,1183	0,25	0,29575
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,832		0		0		0
3	metsä	6,809	0,06809	10	21472,8624	0,15	3220,92936	0,03	0,20427	0,4	2,7236
	hakkuu	0,628	0,00628	10	1980,4608	0,2	396,09216	0,08	0,05024	1	0,628
	haja-asutus	0,995	0,00995	10	3137,832	0,15	470,6748	0,1	0,0995	0,25	0,24875
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,1552		0		0		0
4	metsä	8,376	0,08376	10	26414,5536	0,15	3962,18304	0,03	0,25128	0,4	3,3504
	hakkuu	1,29	0,0129	10	4068,144	0,2	813,6288	0,08	0,1032	1	1,29
	haja-asutus	0,35	0,0035	10	1103,76	0,15	165,564	0,1	0,035	0,25	0,0875
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,4576		0		0		0
		47,774	0,47774				23835,06648		2,01207		23,4125

LIITE 2: PISA-MALLIN RAKENNUKSEN AIKAISET TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq	MQ	valumakerroin	pintavalunat	fosfori (kg/yks/a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/yks/a)	typpikuormitus (kg/a)
1	asuinalue	5,178	0,05178	10	16329,3408	0,6	9797,60448	0,57	2,95146	5,7	29,5146
	tiet/parkkipaikka	1,455	0,01455	10	4588,488	0,6	2753,0928	0,57	0,82935	5,7	8,2935
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,807	0,00807	10	2544,9552	0,6	1526,97312	0,57	0,45999	5,7	4,5999
	metsä/puisto	7,655	0,07655	10	24140,808	0,15	3621,1212	0,04	0,3062	0,82	6,2771
	kauppa ja et	0,111	0,00111	10	350,0496	0,6	210,02976	0,57	0,06327	5,7	0,6327
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,6416		0		0		0
2	asuinalue	7,571	0,07571	10	23875,9056	0,6	14325,54336	0,57	4,31547	5,7	43,1547
	tiet/parkkipaikka	2,16	0,0216	10	6811,776	0,6	4087,0656	0,57	1,2312	5,7	12,312
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,475	0,00475	10	1497,96	0,6	898,776	0,57	0,27075	5,7	2,7075
	metsä/puisto	3,782	0,03782	10	11926,9152	0,15	1789,03728	0,04	0,15128	0,82	3,10124
	kauppa ja et	0,132	0,00132	10	416,2752	0,6	249,76512	0,57	0,07524	5,7	0,7524
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,832		0		0		0
3	asuinalue	4,653	0,04653	10	14673,7008	0,6	8804,22048	0,57	2,65221	5,7	26,5221
	tiet/parkkipaikka	1,146	0,01146	10	3614,0256	0,6	2168,41536	0,57	0,65322	5,7	6,5322
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,17	0,0017	10	536,112	0,6	321,6672	0,57	0,0969	5,7	0,969
	metsä/puisto	2,43	0,0243	10	7663,248	0,15	1149,4872	0,04	0,0972	0,82	1,9926
	kauppa ja et	0,033	0,00033	10	104,0688	0,6	62,44128	0,57	0,01881	5,7	0,1881
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,1552		0		0		0
4	asuinalue	6,225	0,06225	10	19631,16	0,6	11778,696	0,57	3,54825	5,7	35,4825
	tiet/parkkipaikka	1,654	0,01654	10	5216,0544	0,6	3129,63264	0,57	0,94278	5,7	9,4278
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,148	0,00148	10	466,7328	0,6	280,03968	0,57	0,08436	5,7	0,8436
	metsä/puisto	1,922	0,01922	10	6061,2192	0,15	909,18288	0,04	0,07688	0,82	1,57604
	kauppa ja et	0,067	0,00067	10	211,2912	0,6	126,77472	0,57	0,03819	5,7	0,3819
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,4576		0		0		0
		47,774	0,47774				67989,56616		15,91155		195,26148

LIITE 3: PISA-MALLIN RAKENNETUN ALUEEN TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq	MQ	valumakerroin	pintavalunta	fosfori (kg/yks/a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/yks/a)	typpikuormitus (kg/a)
1	metsä	7,6991	0,076991	10	24279,88176	0,15	3641,982264	0,03	0,230973	0,4	3,07964
	asfaltti	1,455	0,01455	10	4588,488	0,8	3670,7904	0,04	0,0582	0,82	1,1931
	piha-alue	4,53423	0,0453423	10	14299,14773	0,3	4289,744318	0,7665	3,475487295	8,4315	38,23036025
	hiekkatie	0,8119	0,008119	10	2560,40784	0,15	384,061176	0,03	0,024357	0,4	0,32476
	katto	0,70577	0,0070577	10	2225,716272	0,3	667,7148816	0,7665	0,540972705	8,4315	5,950699755
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,6416		0		0		0
2	metsä	3,782	0,03782	10	11926,9152	0,15	1789,03728	0,03	0,11346	0,4	1,5128
	asfaltti	2,16	0,0216	10	6811,776	0,8	5449,4208	0,04	0,0864	0,82	1,7712
	piha-alue	6,741	0,06741	10	21258,4176	0,3	6377,52528	0,7665	5,1669765	8,4315	56,8367415
	hiekkatie	0,607	0,00607	10	1914,2352	0,15	287,13528	0,03	0,01821	0,4	0,2428
	katto	0,83	0,0083	10	2617,488	0,3	785,2464	0,7665	0,636195	8,4315	6,998145
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,832		0		0		0
3	metsä	2,43	0,0243	10	7663,248	0,15	1149,4872	0,03	0,0729	0,4	0,972
	asfaltti	1,146	0,01146	10	3614,0256	0,8	2891,22048	0,04	0,04584	0,82	0,93972
	piha-alue	3,9563	0,039563	10	12476,58768	0,3	3742,976304	0,7665	3,03250395	8,4315	33,35754345
	hiekkatie	0,203	0,00203	10	640,1808	0,15	96,02712	0,03	0,00609	0,4	0,0812
	katto	0,6967	0,006967	10	2197,11312	0,3	659,133936	0,7665	0,53402055	8,4315	5,87422605
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,1552		0		0		0
4	metsä	1,922	0,01922	10	6061,2192	0,15	909,18288	0,03	0,05766	0,4	0,7688
	asfaltti	1,654	0,01654	10	5216,0544	0,8	4172,84352	0,04	0,06616	0,82	1,35628
	piha-alue	5,535	0,05535	10	17455,176	0,3	5236,5528	0,7665	4,2425775	8,4315	46,6683525
	hiekkatie	0,215	0,00215	10	678,024	0,15	101,7036	0,03	0,00645	0,4	0,086
	katto	0,69	0,0069	10	2175,984	0,3	652,7952	0,7665	0,528885	8,4315	5,817735
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,4576		0		0		0
							46954,58112		18,9443185		212,0621035

LIITE 4: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETUT NYKYTILAN TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq (l/s*km ²)	MQ (m ³ /a)	valumakerroin	pintavalunta (m ³ /a)	fosfori (kg/km ² *a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/km ² *a)	typpikuormitus (kg/a)	kiintoaine (kg*km ² /a)	Kiintoainekuormitus(kg/a)
1	metsä	11,576	0,11576	10	36506,07	0,15	5475,91104	7	0,81032	100	11,576	1700	196,792
	hakkuu	3,488	0,03488	10	10999,76	0,15	1649,96352	7	0,24416	100	3,488	1700	59,296
	haja-asutus	0,142	0,00142	10	447,8112	0,2	89,56224	24	0,03408	500	0,71	9700	13,774
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,64		0		0		0		0
2	metsä	10,504	0,10504	10	33125,41	0,15	4968,81216	7	0,73528	100	10,504	1700	178,568
	hakkuu	2,433	0,02433	10	7672,709	0,15	1150,90632	7	0,17031	100	2,433	1700	41,361
	haja-asutus	1,183	0,01183	10	3730,709	0,2	746,14176	24	0,28392	500	5,915	9700	114,751
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,83		0		0		0		0
3	metsä	6,809	0,06809	10	21472,86	0,15	3220,92936	7	0,47663	100	6,809	1700	115,753
	hakkuu	0,628	0,00628	10	1980,461	0,15	297,06912	7	0,04396	100	0,628	1700	10,676
	haja-asutus	0,995	0,00995	10	3137,832	0,2	627,5664	24	0,2388	500	4,975	9700	96,515
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,16		0		0		0		0
4	metsä	8,376	0,08376	10	26414,55	0,15	3962,18304	7	0,58632	100	8,376	1700	142,392
	hakkuu	1,29	0,0129	10	4068,144	0,15	610,2216	7	0,0903	100	1,29	1700	21,93
	haja-asutus	0,35	0,0035	10	1103,76	0,2	220,752	24	0,084	500	1,75	9700	33,95
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,46		0						
koko alue yhteensä	47,774	0,47774					23020,01856		3,79808		58,454		1025,758

LIITE 5: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETUT RAKENNUS VAIHEEN TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq (l/s*km ²)	MQ (m ³ /a)	valumakerroin	pintavalunta (m ³ /a)	fosfori (kg/km ² *a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/km ² *a)	typpikuormitus (kg/a)	kiintoaine (kg*km ² /a)	Kiintoainekuormitus(kg/a)
1	asuinalue	5,178	0,05178	10	16329,34	0,6	9797,60448	57	2,95146	570	29,5146	60500	3132,69
	tiet/parkkipaikka	1,455	0,01455	10	4588,488	0,6	2753,0928	57	0,82935	570	8,2935	60500	880,275
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,807	0,00807	10	2544,955	0,6	1526,97312	57	0,45999	570	4,5999	60500	488,235
	metsä/puisto	7,655	0,07655	10	24140,81	0,15	3621,1212	7	0,53585	100	7,655	1700	130,135
	kauppa ja et	0,111	0,00111	10	350,0496	0,6	210,02976	57	0,06327	570	0,6327	60500	67,155
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,64		0		0		0		
2	asuinalue	7,571	0,07571	10	23875,91	0,6	14325,54336	57	4,31547	570	43,1547	60500	4580,455
	tiet/parkkipaikka	2,16	0,0216	10	6811,776	0,6	4087,0656	57	1,2312	570	12,312	60500	1306,8
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,475	0,00475	10	1497,96	0,6	898,776	57	0,27075	570	2,7075	60500	287,375
	metsä/puisto	3,782	0,03782	10	11926,92	0,15	1789,03728	7	0,26474	100	3,782	1700	64,294
	kauppa ja et	0,132	0,00132	10	416,2752	0,6	249,76512	57	0,07524	570	0,7524	60500	79,86
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,83		0		0		0		
3	asuinalue	4,653	0,04653	10	14673,7	0,6	8804,22048	57	2,65221	570	26,5221	60500	2815,065
	tiet/parkkipaikka	1,146	0,01146	10	3614,026	0,6	2168,41536	57	0,65322	570	6,5322	60500	693,33
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,17	0,0017	10	536,112	0,6	321,6672	57	0,0969	570	0,969	60500	102,85
	metsä/puisto	2,43	0,0243	10	7663,248	0,15	1149,4872	7	0,1701	100	2,43	1700	41,31
	kauppa ja et	0,033	0,00033	10	104,0688	0,6	62,44128	57	0,01881	570	0,1881	60500	19,965
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,16		0		0		0		
4	asuinalue	6,225	0,06225	10	19631,16	0,6	11778,696	57	3,54825	570	35,4825	60500	3766,125
	tiet/parkkipaikka	1,654	0,01654	10	5216,054	0,6	3129,63264	57	0,94278	570	9,4278	60500	1000,67
	hiekkapolut/-tiet/-leikkialue	0,148	0,00148	10	466,7328	0,6	280,03968	57	0,08436	570	0,8436	60500	89,54
	metsä/puisto	1,922	0,01922	10	6061,219	0,15	909,18288	7	0,13454	100	1,922	1700	32,674
	kauppa ja et	0,067	0,00067	10	211,2912	0,6	126,77472	57	0,03819	570	0,3819	60500	40,535
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,46		0		0		0		
koko alue yhteensä		47,774	0,47774				67989,56616		19,33668		198,1035		19619,338

LIITE 6: SKOY SUUNNITTELUKESKUS OY:N ARVOILLA LASKETTU RAKENNETU ALUEEN TULOKSET

valuma-alue		pinta-ala (ha)	pinta-ala (km ²)	Mq (l/s*km ²)	MQ (m ³ /a)	valumakerroin	pintavalunta (m ³ /a)	fosfori (kg/km ² *a)	fosforikuormitus (kg/a)	typpi (kg/km ² *a)	typpikuormitus (kg/a)	kiintoaine (kg*km2/a)	Kiintoainekuormitus(kg/a)
1	metsä	7,6991	0,076991	10	24279,88	0,15	3641,982264	7	0,538937	100	7,6991	1700	130,8847
	asfaltti	1,455	0,01455	10	4588,488	0,8	3670,7904	24	0,3492	500	7,275	9700	141,135
	piha-alue	4,53423	0,0453423	10	14299,15	0,2	2859,829546	24	1,0882152	500	22,67115	9700	439,82031
	hiekkatie	0,8119	0,008119	10	2560,408	0,3	768,122352	24	0,194856	500	4,0595	9700	78,7543
	katto	0,70577	0,0070577	10	2225,716	0,9	2003,144645	24	0,1693848	500	3,52885	9700	68,45969
	yhteensä	15,206	0,15206	10	47953,64		0		0		0		0
2	metsä	3,782	0,03782	10	11926,92	0,15	1789,03728	7	0,26474	100	3,782	1700	64,294
	asfaltti	2,16	0,0216	10	6811,776	0,8	5449,4208	24	0,5184	500	10,8	9700	209,52
	piha-alue	6,741	0,06741	10	21258,42	0,2	4251,68352	24	1,61784	500	33,705	9700	653,877
	hiekkatie	0,607	0,00607	10	1914,235	0,3	574,27056	24	0,14568	500	3,035	9700	58,879
	katto	0,83	0,0083	10	2617,488	0,9	2355,7392	24	0,1992	500	4,15	9700	80,51
	yhteensä	14,12	0,1412	10	44528,83		0		0		0		0
3	metsä	2,43	0,0243	10	7663,248	0,15	1149,4872	7	0,1701	100	2,43	1700	41,31
	asfaltti	1,146	0,01146	10	3614,026	0,8	2891,22048	24	0,27504	500	5,73	9700	111,162
	piha-alue	3,9563	0,039563	10	12476,59	0,2	2495,317536	24	0,949512	500	19,7815	9700	383,7611
	hiekkatie	0,203	0,00203	10	640,1808	0,3	192,05424	24	0,04872	500	1,015	9700	19,691
	katto	0,6967	0,006967	10	2197,113	0,9	1977,401808	24	0,167208	500	3,4835	9700	67,5799
	yhteensä	8,432	0,08432	10	26591,16		0		0		0		0
4	metsä	1,922	0,01922	10	6061,219	0,15	909,18288	7	0,13454	100	1,922	1700	32,674
	asfaltti	1,654	0,01654	10	5216,054	0,8	4172,84352	24	0,39696	500	8,27	9700	160,438
	piha-alue	5,535	0,05535	10	17455,18	0,2	3491,0352	24	1,3284	500	27,675	9700	536,895
	hiekkatie	0,215	0,00215	10	678,024	0,3	203,4072	24	0,0516	500	1,075	9700	20,855
	katto	0,69	0,0069	10	2175,984	0,9	1958,3856	24	0,1656	500	3,45	9700	66,93
	yhteensä	10,016	0,10016	10	31586,46		0		0		0		0
koko alue yhteensä							46804,35623		8,774133		175,5376		3367,43

LIITE 7: KUSTAA-TYÖKALUN NYKYTILAN TULOKSET VUOSITASOLLA

vuosi	Aine	KA/sd	VUOSIKUORMA	TAUSTAKUORMA	METSÄTALOUS	YHDYSKUNNAT	Uudistushakkuu+maar	Kesämökkit (rannalla)
2002	N	Od. arvo	81,17884172	59,7175	21,46134172	0	21,46134172	0
2002	N	std	29,72331249	29,16825559	5,717357007	0	5,717357007	0
2002	P	Od. arvo	3,312500393	2,340926	0,971574393	0	0,971574393	0
2002	P	std	1,905261893	1,855259392	0,433630566	0	0,433630566	0
2002	SS	Od. arvo	243,16966	243,16966	0	0	0	0
2002	SS	std	667,7353155	667,7353155	0	0	0	0
2001	N	Od. arvo	85,51390713	59,7175	24,84855713	0,94785	24,84855713	0,94785
2001	N	std	29,88673149	29,16825559	6,461980688	0,819994444	6,461980688	0,819994444
2001	P	Od. arvo	3,738300403	2,340926	1,210474403	0,1869	1,210474403	0,1869
2001	P	std	1,935037272	1,855259392	0,528795899	0,150853331	0,528795899	0,150853331
2001	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
2001	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988
2000	N	Od. arvo	82,95895664	59,7175	22,29360664	0,94785	22,29360664	0,94785
2000	N	std	29,82431758	29,16825559	6,166878802	0,819994444	6,166878802	0,819994444
2000	P	Od. arvo	3,648314577	2,340926	1,120488577	0,1869	1,120488577	0,1869
2000	P	std	1,930874797	1,855259392	0,513354986	0,150853331	0,513354986	0,150853331
2000	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
2000	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988
1999	N	Od. arvo	78,99906925	59,7175	18,33371925	0,94785	18,33371925	0,94785
1999	N	std	29,71785382	29,16825559	5,629503589	0,819994444	5,629503589	0,819994444
1999	P	Od. arvo	3,484714497	2,340926	0,956888497	0,1869	0,956888497	0,1869
1999	P	std	1,922294741	1,855259392	0,480075964	0,150853331	0,480075964	0,150853331
1999	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
1999	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988
1998	N	Od. arvo	74,14233733	59,7175	13,47698733	0,94785	13,47698733	0,94785
1998	N	std	29,56137498	29,16825559	4,734486836	0,819994444	4,734486836	0,819994444
1998	P	Od. arvo	3,23786125	2,340926	0,71003525	0,1869	0,71003525	0,1869
1998	P	std	1,904904429	1,855259392	0,404866328	0,150853331	0,404866328	0,150853331
1998	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
1998	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988
1997	N	Od. arvo	69,87549192	59,7175	9,210141921	0,94785	9,210141921	0,94785
1997	N	std	29,44771867	29,16825559	3,963408887	0,819994444	3,963408887	0,819994444
1997	P	Od. arvo	3,046099905	2,340926	0,518273905	0,1869	0,518273905	0,1869
1997	P	std	1,895737656	1,855259392	0,359273042	0,150853331	0,359273042	0,150853331
1997	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
1997	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988
1996	N	Od. arvo	65,60864651	59,7175	4,943296509	0,94785	4,943296509	0,94785
1996	N	std	29,33362199	29,16825559	3,000309054	0,819994444	3,000309054	0,819994444
1996	P	Od. arvo	2,818059387	2,340926	0,290233387	0,1869	0,290233387	0,1869
1996	P	std	1,882698084	1,855259392	0,282502982	0,150853331	0,282502982	0,150853331
1996	SS	Od. arvo	252,91516	243,16966	0	9,7455	0	9,7455
1996	SS	std	667,7851576	667,7353155	0	8,15874988	0	8,15874988

LIITE 8: KUSTAA-TYÖKALUN RAKENNUS VAIHEEN TULOKSET

vuosi	Aine	KA/sd	VUOSIKUORMA	TAUSTAKUORMA	METSÄTALOUS	YHDYSKUNNAT	MUUT KUORMITUSLÄHTEET	Uudistus hakkuu+maa	Kunnostusojitus	Kesämökki	Liikenneal	Rakenteilla oleva asuinalue
2007	N	Od. arvo	272,47175	59,7175	11,19474996	19,245	182,3145	11,19474996	0	0	19,245	182,3145
2007	N	std	115,0731844	29,16825559	6,794597411	11,66363636	110,4936364	6,794597411	0	0	11,66364	110,4936364
2007	P	Od. arvo	25,34411927	2,340926	2,141593271	2,63015	18,23145	0,350433265	1,791160005	0	2,63015	18,23145
2007	P	std	11,38908009	1,855259392	1,280542313	1,594030303	11,04936364	0,341099429	1,234277034	0	1,59403	11,04936364
2007	SS	Od. arvo	23753,28208	243,16966	1785,637415	2373,55	19350,925	0	1785,637415	0	2373,55	19350,925
2007	SS	std	11848,26182	667,7353155	569,2426528	1438,515152	11727,83333	0	569,2426528	0	1438,515	11727,83333
2008	N	Od. arvo	281,1076999	59,7175	19,83069993	19,245	182,3145	19,83069993	0	0	19,245	182,3145
2008	N	std	115,5012553	29,16825559	12,03614399	11,66363636	110,4936364	12,03614399	0	0	11,66364	110,4936364
2008	P	Od. arvo	26,20605767	2,340926	3,003531673	2,63015	18,23145	0,764581674	2,238949999	0	2,63015	18,23145
2008	P	std	11,44576735	1,855259392	1,712960454	1,594030303	11,04936364	0,744216939	1,542846287	0	1,59403	11,04936364
2008	SS	Od. arvo	24199,69142	243,16966	2232,046761	2373,55	19350,925	0	2232,046761	0	2373,55	19350,925
2008	SS	std	11855,95121	667,7353155	711,5533135	1438,515152	11727,83333	0	711,5533135	0	1438,515	11727,83333
2005	N	Od. arvo	285,9054501	59,7175	24,62845008	19,245	182,3145	24,62845008	0	0	19,245	182,3145
2005	N	std	115,840914	29,16825559	14,9481144	11,66363636	110,4936364	14,9481144	0	0	11,66364	110,4936364
2005	P	Od. arvo	27,09985364	2,340926	3,897327639	2,63015	18,23145	1,210587647	2,696739992	0	2,63015	18,23145
2005	P	std	11,52768796	1,855259392	2,194591731	1,594030303	11,04936364	1,178343483	1,85141554	0	1,59403	11,04936364
2005	SS	Od. arvo	24646,10077	243,16966	2678,456107	2373,55	19350,925	0	2678,456107	0	2373,55	19350,925
2005	SS	std	11866,34259	667,7353155	853,8639742	1438,515152	11727,83333	0	853,8639742	0	1438,515	11727,83333
2004	N	Od. arvo	287,5047001	59,7175	26,22770007	19,245	182,3145	26,22770007	0	0	19,245	182,3145
2004	N	std	115,9701621	29,16825559	15,91877118	11,66363636	110,4936364	15,91877118	0	0	11,66364	110,4936364
2004	P	Od. arvo	27,96357609	2,340926	4,761050093	2,63015	18,23145	1,178730083	3,58232001	0	2,63015	18,23145
2004	P	std	11,63965173	1,855259392	2,722156411	1,594030303	11,04936364	1,14733445	2,468554068	0	1,59403	11,04936364
2004	SS	Od. arvo	25538,91949	243,16966	3571,27483	2373,55	19350,925	0	3571,27483	0	2373,55	19350,925
2004	SS	std	11889,21443	667,7353155	1138,485306	1438,515152	11727,83333	0	1138,485306	0	1438,515	11727,83333
2003	N	Od. arvo	287,5047001	59,7175	26,22770007	19,245	182,3145	26,22770007	0	0	19,245	182,3145
2003	N	std	115,9701621	29,16825559	15,91877118	11,66363636	110,4936364	15,91877118	0	0	11,66364	110,4936364
2003	P	Od. arvo	29,08215907	2,340926	5,879633067	2,63015	18,23145	1,401733069	4,477899997	0	2,63015	18,23145
2003	P	std	11,8090828	1,855259392	3,373882008	1,594030303	11,04936364	1,364397722	3,086692574	0	1,59403	11,04936364
2003	SS	Od. arvo	26431,73818	243,16966	4464,093523	2373,55	19350,925	0	4464,093523	0	2373,55	19350,925
2003	SS	std	11919,83655	667,7353155	1423,106627	1438,515152	11727,83333	0	1423,106627	0	1438,515	11727,83333
2002	N	Od. arvo	91,05110006	59,7175	30,38575006	0,94785	0	30,38575006	0	0,94785	0	0
2002	N	std	34,51933587	29,16825559	18,44247878	0,819994444	0	18,44247878	0	0,819994	0	0
2002	P	Od. arvo	17,7455499	2,340926	15,2177239	0,1869	0	1,784023907	13,43369999	0	0,1869	0
2002	P	std	9,600712778	1,855259392	9,41854244	0,150853331	0	1,736506192	9,257077722	0	0,150853	0
2002	SS	Od. arvo	13645,19573	243,16966	13392,28057	9,7455	0	0	13392,28057	0	9,7455	0
2002	SS	std	4321,230064	667,7353155	4269,319881	8,15874988	0	0	4269,319881	0	8,15875	0

LIITE 9: KUSTAA-TYÖKALUN RAKENNETUN ALUEEN TULOKSET

vuosi	Aine	KA/sd	VUOSIKUORMA	TAUSTAKUORMA	YHDYSKUNNAT	Pientaloalueet	Liikennealueet
2009	N	Od. arvo	197,0975	59,7175	137,38	118,135	19,245
2009	N	std	78,18537982	29,16825559	72,54079186	71,5969697	11,66363636
2009	P	Od. arvo	10,641556	2,340926	8,30063	5,67048	2,63015
2009	P	std	4,218235945	1,855259392	3,788340939	3,436654545	1,594030303
2009	SS	Od. arvo	4979,41966	243,16966	4736,25	2362,7	2373,55
2009	SS	std	2136,737401	667,7353155	2029,7232	1431,939394	1438,515152
2008	N	Od. arvo	197,0975	59,7175	137,38	118,135	19,245
2008	N	std	78,18537982	29,16825559	72,54079186	71,5969697	11,66363636
2008	P	Od. arvo	10,641556	2,340926	8,30063	5,67048	2,63015
2008	P	std	4,218235945	1,855259392	3,788340939	3,436654545	1,594030303
2008	SS	Od. arvo	4979,41966	243,16966	4736,25	2362,7	2373,55
2008	SS	std	2136,737401	667,7353155	2029,7232	1431,939394	1438,515152

LIITE 10: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, ALUSVEDENHAPPI %

	Sunisenselkä	Piiluvanselkä	Riutanselkä	Jokilahti	Koneenselkä	Mikonsaari	niemisenselkä
1987	85	83	82	85	-	88	92
1988	87	89	83	81	-	85	90
1989	83,5	84	81	80	-	87	90
1990	83,5	84	82	81	-	86	91
1991	83,5	83	70	79	-	90	87
1992	87	84	83	81	-	86	90
1993	86	82	72	77	-	86	90
1994	84	82	71	78	-	82	86
1995	82	85	71	79	-	91	89
1996	82	80	72	70	-	84	88
1997	90	86	80	83	-	84	89
1998	85	88	80	82	-	88	90
1999	-	-	-	-	-	-	-
2000	85	86	70	79	-	87	87
2001	88	88	78	81	-	88	90
2002	85	83	68	78	-	85	87
2003	83	83	65	80	-	89	90
2004	88	89	81	84	-	90	90
2005	85	87	75	77	-	89	88
2006	86	88	77	78	-	87	89
2007	86	83	79	78	-	86	91
2008	91	90	89	83	-	95	95
2009	82	78	70	77	63	92	92
2010	78	79	68	68	65	81	84
2011	75	76	65	69	63	84	85
2012	79	82	70	61	64	84	85
2013	80	81	69	78	62	82	88
2014	78	80	74	73	82	82	82

LIITE 11: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, KOKONAISFOSFORI

	Sunisenselkä	Piiluvanselkä	Riutanselkä	Jokilahti	Koneenselkä	en Kirkonky	Mikonsaari	Niemenselkä	Kaupunginlahti
1987	17	21,5	21	18	-	14	10	9	-
1988	19,5	18,5	16	21	-	13	10	12,5	-
1989	17,5	18	17	17	-	17	14	13	-
1990	19	17,5	15,5	24	-	20	13	14	-
1991	14	14,5	15,5	16,5	-	17	12,5	9,5	-
1992	16	15	17	14,4	-	13	9,5	9	-
1993	13	14	14	16	-	13	10	10	-
1994	16	15	15	15,5	-	16	10,5	10	-
1995	17	16	15	17,5	-	16	12	12	-
1996	21	14	16	17,5	-	14	9	9	-
1997	13	12	12,5	14	-	14	7,5	7,5	-
1998	12,5	13	13	15	-	13,5	10	8	15
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	10
2000	13	14	12	14,5	-	14	9	8	22
2001	14	13	15,5	16	-	19	8	8,5	12
2002	16	17	15	17	-	15	8	7,5	12,5
2003	15	16	16	15	-	16	11	8	12,5
2004	15	15	15	15	-	14	7	7,5	12
2005	16	19	17,5	17,5	-	18	9	9	12
2006	16,5	17	17,7	18	-	18	9	9	15
2007	13	15	15,5	16	-	16,5	9	8,5	12
2008	13	15	16	15,5	-	14	10	8,5	11
2009	21	19	19	19	23	17	9,5	8,5	12
2010	19	22	19	21	22,5	21	11	9	13
2011	25,5	23	19	20	24	19	10,5	9	15,5
2012	19	17	22,5	17	22	18	10	8	13,5
2013	18	17,5	14	17	23	17	11	10	13,5
2014	17,5	19	13	17,5	20,5	18	9	9	16

LIITE 12: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, KOKONAISTYYPPI

	Sunisenselkä	Piiluvanselkä	Riutanselkä	Jokilahti	Koneenselkä	aaren Kirkonkylän	Mikonsaari	Niemenselkä	Kaupunginlahti
1987	390	480	360	400	-	430	500	450	-
1988	410	350	440	470	-	380	530	470	-
1989	400	370	420	460	-	450	510	430	-
1990	400	380	415	530	-	395	450	425	-
1991	370	360	350	420	-	360	445	425	-
1992	365	350	390	400	-	370	440	400	-
1993	350	340	350	400	-	370	400	400	-
1994	370	335	345	390	-	330	400	405	-
1995	380	370	400	410	-	340	390	420	-
1996	420	360	380	430	-	380	410	390	-
1997	380	440	420	450	-	370	390	365	-
1998	310	360	330	370	-	360	340	340	380
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	350
2000	360	340	350	440	-	360	390	380	480
2001	350	330	360	410	-	360	370	350	380
2002	390	410	395	395	-	405	370	355	375
2003	380	380	395	390	-	475	370	370	370
2004	380	360	400	390	-	475	380	370	390
2005	385	390	420	420	-	480	395	390	380
2006	410	420	440	470	-	430	420	400	430
2007	390	380	420	420	-	395	390	360	400
2008	410	420	430	490	-	450	420	405	430
2009	470	450	510	480	580	450	425	440	470
2010	460	440	460	560	650	445	410	420	490
2011	490	450	465	500	700	440	415	405	420
2012	430	400	455	490	720	420	430	390	410
2013	420	430	460	450	630	410	410	405	430
2014	415	410	430	430	580	410	410	420	420

LIITE 13: PIEN-SAIMAAN MITTAUSPISTEIDEN TULOKSET, LAATULUOKITUS

	Sunisenselkä	Piiluvanselkä	Riutanselkä	Jokilahti	Koneenselkä	Jaren Kirkonkylä	Mikonsaari	Niemenselkä	Kaupunginlahti
1987	2	2	2,3	2,3	-	2,2	2	1,8	-
1988	2,05	2	2,2	2,5	-	2,1	2,05	1,9	-
1989	2,1	2,2	2,3	2,5	-	2,4	2,1	2,2	-
1990	2,4	2,2	2,4	2,2	-	2,4	2,4	2,5	-
1991	2,1	2,1	2,5	2,3	-	2,6	2,1	2,1	-
1992	1,7	1,7	2	2,5	-	2,1	1,7	1,4	-
1993	1,6	1,8	1,9	2,2	-	1,9	1,6	1,7	-
1994	1,8	1,8	1,9	2	-	2,05	1,8	1,5	-
1995	1,85	1,8	2,2	2,2	-	2,1	1,85	1,7	-
1996	2	1,9	2,1	2,5	-	1,95	2	1,6	-
1997	1,5	1,4	1,8	2,2	-	1,9	1,4	1,4	-
1998	1,7	1,6	1,9	2,3	-	1,95	1,6	1,6	2,8
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1
2000	2,1	2,1	2,1	2,5	-	2,2	2,1	1,8	2,9
2001	2,1	2,1	2,5	2,7	-	2,7	2,1	1,7	2,6
2002	2,3	2,4	2,5	2,8	-	2,6	2,3	1,8	2,5
2003	2	2	2	2,3	-	2,2	2	1,6	2,45
2004	2,1	2,1	2,1	2,5	-	2,3	2,05	1,7	2,5
2005	2,2	2,3	2,8	2,9	-	2,6	2,2	1,8	2,5
2006	2,3	2,3	2,7	2,8	-	2,6	2,3	2	2,9
2007	2,2	2,2	2,6	2,7	-	2,6	2,2	1,9	2,8
2008	2,6	2,7	2,8	3	-	2,9	2,6	2	2,85
2009	2,8	2,9	3	3,1	3,6	2,8	2,1	2	2,8
2010	2,7	2,7	2,9	3,1	3,5	2,8	2,5	2,2	2,9
2011	2,1	3	2,9	3,1	3,5	3	2,4	2,1	3
2012	2,6	2,5	2,8	3,3	3,7	2,9	2,4	2,1	2,9
2013	2,5	2,6	2,8	2,9	3,6	2,7	2,3	2,1	2,95
2014	2,55	2,8	2,6	2,7	3,2	2,9	2,3	2,2	3