

Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet

Sirkka Tattari, Markku Puustinen, Jari Koskiaho,
Elina Röman ja Juha Riihimäki



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 35 | 2015

Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet

**Sirkka Tattari, Markku Puustinen, Jari Koskiaho,
Elina Röman ja Juha Riihimäki**

Helsinki 2015
Suomen ympäristökeskus



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 35 | 2015
Suomen ympäristökeskus
Vesikeskus

Taitto: Ritva Koskinen
Kannen kuva: Sirkka Tattari

Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-4534-6 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkojulk.)

Julkaisun nimi: Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet
Kirjoittajat: Sirkka Tattari, Markku Puustinen, Jari Koskiaho, Elina Röman, Juha Riihimäki

Julkaisija ja kustantaja:
Suomen ympäristökeskus (SYKE)
PL 140, 00251 Helsinki,
puh. 0295 251 000,
syke.fi

Julkaisuvuosi: 2015

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli koota keskitetysti vesistökuormitusta kuvaavia kuormittajakohtaisia ominaiskuormituslukuja ja selvittää niiden perusteella eri maankäyttömuotojen alueellisia kuormitusosuuksia. Työssä esitetyt kuormitusluvut ovat luonteeltaan keskimääräisiä lukuja. Raportissa kuvataan laajalti eri kuormittajien taustatietoja, niissä tapahtuneita muutoksia, kuormitusvertailujen vaikeutta ja ennen kaikkea käytettävissä olevan tiedon epävarmuutta.

Kuormitusluvut tarkentuvat sitä mukaa kun uutta kattavampaa ja tarkempaa tutkimustietoa saadaan julkaistua. Esim. maatalouden kuormitusluvut perustuvat pienten valuma-alueiden 30 vuoden ajalta kertyneihin seurantoihin. Vastaavanlaista seuranta-aineistoa kokoavaa menetelmää ja tulosten tieteellistä julkaisumenettelyä on sovellettu metsätalouden kuormituksen sekä taustakuormituksen arvioinnissa. Pistemäistä kuormitusta kuvaavat tunnusluvut ovat luotettavampien mittausjärjestelmien vuoksi hajakuormituslukuja tarkempia.

Raportissa annetaan myös selonteko ihmistoiminnan aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvitetään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla, vesienhoito-alueilla ja tarkemmin kahdella valitulla vesistöalueella. Maankäyttöä on tarkasteltu kaikilla em. tasoilla, mm. maatalous ja rakennettu alue keskittyvät Suomenlahden ja Kokemäenjoen-Saaristomeren ja Selkämeren vesienhoitoalueille ja ojitetut turvemaat Oulujoen-Lijoen vesienhoitoalueelle.

Valtakunnallisten kuormitusarviointien tarkkuus riittää yleensä kuormituslähteen kokonaistarkasteluun. Rajatummissa alueellisissa tarkasteluissa lopputulos voi jäädä epäselväksi. Tällaisessa tilanteessa esiin nousevia kysymyksiä ovat kuormituslähteen suhde toiseen kuormituslähteeseen tai taustakuormituksen osuus kokonaisuinevirtaamassa. Esimerkiksi maatalouden keskimääräinen kuormitusluku voi sisältää myös taustakuormitusta. Todellisuudessa tällä ei olisi juurikaan merkitystä lähdekohtaiseen kuormitusjakaumaan sen vuoksi, että maatalouden pinta-alakohtainen typpi- ja fosforikuorma (fosfori $1,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$, typpi $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$) on kymmen-kaksikymmenkertaista taustakuormitukseen (fosfori $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$, typpi $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$) verrattuna. Sen sijaan taustakuormaa kuvaavaan kuormituslukuun sisältyvä, esim. 20 %:n virhe, vaikka olisikin absoluuttisena arvona mitättömän pieni, aiheuttaisi koko maa-alueelle (30,4 milj. ha) laskettuna suuren muutoksen ainevirtaamien jakaumiin. Orgaanisen aineksen heikommasta seuranta- ja tutkimustaustasta johtuen vain osalle kuormituslähteistä voidaan esittää arvio orgaanisen kuormituksen suuruudesta.

Kuormituslukuihin liittyvän epävarmuuden vuoksi niiden käyttö ja tulosten merkityksen arviointi edellyttää perehtymistä kuormituslukujen taustoihin. Keskimääräiset luvut eivät välttämättä kuvaa todellista kuormitusta kaikissa olosuhteissa, mikä ilmenee jo lukujen suurena vaihteluvälinä. Kuormituslukujen ohella on oleellista tietää tarkasti myös tuotannollinen pinta-ala, jolla kuormitusta muodostuu. Eri aikoina ja eri lukuihin perustuvat valtakunnalliset tai alueelliset kuormitusjakaumat ("kuormituspiirakat") eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Kokonaisuutta on aina tarkasteltava vastaanottavan vesistön näkökulmasta. Huomioitava on myös se, että vesistön tila-arvio voi muuttua tarkemman vesistöseurannan tuloksena, mikä taas vaikuttaa vesistön kuormituksen sietokykyyn.

Asiasanat: vesistökuormitus, maankäytön muutos, kuormituslähde, ominaiskuormitusluku, vesiensuojelumenetelmä, epävarmuus

SAMMANDRAG

Målet med detta arbete var att på ett ställe samla för olika belastare specifika karakteristiska belastningstal som beskriver belastningen på vattendrag och utifrån dessa undersöka de regionala belastningsandelarna av olika former av markanvändning. Belastningstalen som anges i arbetet är till naturen genomsnittliga.

I rapporten ges en omfattande redogörelse för olika belastares bakgrundsinformation, förändringar i informationen, svårigheten att jämföra belastningar och framför allt osäkerheten förknippad med den befintliga informationen.

Belastningstalen preciseras i takt med att man publicerar ny, mer omfattande och noggrannare forskningsinformation. Till exempel bygger jordbrukets belastningstal på uppföljningsuppgifter från små avrinningsområden som samlats in i 30 års tid. En motsvarande metod för att samla uppföljningsuppgifter och ett vetenskapligt förfarande för publicering av resultaten har tillämpats vid utvärderingen av skogsbrukets belastning och bakgrundsbelastningen. Indikatorer som beskriver punktbelastning är på grund av tillförlitligare mätsystem noggrannare än indikatorerna för diffus belastning.

I rapporten redogörs också för möjligheter att minska den antropogena belastningen och eventuella risker för ökad belastning allmänt i hela Finland, i vattenvårdsområden och närmare i utvalda vattendragsområden. Markanvändningen har undersökts på alla ovan nämnda nivåer, bland annat jordbruk och bebyggda områden koncentreras till vattenvårdsområdena i Finska viken, Kumo älv-Skärgårdshavet och Bottenhavet och utdikade torvmarker till Ule älvs och Ijo älvs vattenvårdsområde.

Precisionen av de riksomfattande belastningsutvärderingarna är vanligtvis tillräckliga för en helhetsgranskning av belastningskällorna. I mer begränsade regionala granskningar kan slutresultatet förbli oklart. I sådana situationer uppstår det frågor om en belastningskällas förhållande till en annan belastningskälla eller om bakgrundsbelastningens andel av det totala näringsflödet. Till exempel kan jordbrukets genomsnittliga belastningstal också innehålla bakgrundsbelastning. I verkligheten skulle detta just inte vara av någon betydelse för den källspecifika belastningsfördelningen, eftersom jordbrukets arealspecifika kväve- och fosforbelastning (fosfor 1,1 kg ha⁻¹ v⁻¹, kväve 15 kg ha⁻¹ v⁻¹) är 10–20 gånger större än bakgrundsbelastningen (fosfor 0,05 kg ha⁻¹ v⁻¹, kväve 1,3 kg ha⁻¹ v⁻¹). Om det däremot i belastningstalet för bakgrundsbelastningen ingår ett fel på exempelvis 20 procent, även om det som absolut värde är obetydligt litet, skulle det orsaka stora förändringar i fördelningen av näringsflöden för hela landområdet (30,4 mn ha). På grund av det svagare uppföljnings- och forskningsmaterialet för organiskt material är det möjligt att utvärdera den organiska belastningens storlek endast för en del av belastningskällorna.

För att kunna använda belastningstalen och bedöma resultatens betydelse krävs det att man på grund av osäkerheten i samband med belastningstalen fördjupar sig i belastningstalens bakgrund. De genomsnittliga talen beskriver nödvändigtvis inte den faktiska belastningen i alla omständigheter, vilket redan framgår av talens stora variationsvidd. Vid sidan av belastningstalen är det väsentligt att ha exakt information om den producerande arealen, där belastningen uppstår. Riksomfattande eller regionala belastningsfördelningar från olika tidpunkter och som bygger på olika tal är sinsemellan ojämförbara. Helheten måste alltid granskas ur det mottagande vattendragets perspektiv. Man bör också beakta att bedömningen vattendragets status kan ändra till följd av en noggrannare vattenuppföljning, vilket i sin tur inverkar på vattendragets belastningstolerans.

Nyckelord: belastning av vatten, förändrad markanvändningen, belastningskälla, belastningsfaktorn, vattenskyddsmetod, osäkerhet

ABSTRACT

The objective of this work was to establish a centralized compilation of source-specific loading values describing the loading to the bodies of water and, on this basis, to determine regional shares of loading from various forms of land use. Basically, the loading figures presented here are averages. In this report, the background information of the sources of loading, the changes occurred in the background data, the difficulties in load comparisons and, above all, the uncertainty of the available data are widely described.

The loading figures are revised as new, more complete and accurate research data is published. For example, agricultural loading figures are based on 30-year monitoring of small research catchments. A similar procedure of compilation of monitoring data followed by scientific publication has been applied to the assessments of forestry activities and natural background loading. Due to the more reliable measurement systems of point sources, their loading figures are more accurate than those of the diffuse sources.

This report will also report on the possibilities of mitigation of the pollution caused by human activity, as well as the possible risks of increases in the loading in general terms at the levels of (i) the whole of Finland, (ii) the water management districts and, (iii) in more detail in two selected river basins. Land use is examined for all these three levels. As examples, agriculture and built-up areas are concentrated on the water management districts of Gulf of Finland, River Kokemäenjoki-Archipelago Sea and Sea of Bothnia, and drained peatlands on the district of the rivers Oulujoki-Iijoki.

The accuracy of nationwide load assessments is usually sufficient for overall analysis of loading from different sources. In more limited, regional reviews, however, the result may remain unclear. In such a situation, emerging issues are e.g. the cause-effect relationships between different loading sources or the background level in total material flux. For example, the average agricultural loading may also contain background loading. In reality, this would be of little importance in source-specific values because agricultural phosphorus and nitrogen loads ($1.1 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) are ten-twenty times the background load ($0.05 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, $1.3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Thus an error of, say, 20% in background loading is as a specific value (kg ha^{-1}) insignificant, but would cause a major error in the distribution of loading by sources when applied for its huge land area (30.4 million ha). As for the loading of organic matter, an estimate can be provided for only a part of the sources due to the weaker monitoring and research base of organic substances.

Due to the uncertainty included in the loading figures, their utilization and the assessment of their significance requires familiarization with the background of the loading figures. The average values do not necessarily describe the actual loading in all conditions, which is reflected in the great range of the figures. In addition to the loading figures, it is essential to know exactly the load-producing area in which the loading is formed. National or regional distributions of loading ("pie charts") made for different periods and/or based on differently formed figures, are not comparable. The whole picture must always be considered from the perspective of the receiving water. It is also noteworthy that the water status assessment may change as a result a more accurate hydrological and water quality monitoring which, in turn, affects the estimated loading tolerance of the receiving body of water.

Keyword: load on water bodies, land use change, loading source, specific loading, water protection measure, uncertainty

ESIPUHE

Tämä julkaisu on tehty Energiateollisuus ry:n koordinoiman ympäristöpoolin tilaustyönä Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE). Raportin kirjoittajat ja työssä käytettyjen aineistojen käsittelyyn osallistuneet ovat hydrologi Sirkka Tattari, agronomi Markku Puustinen, tutkimusinsinööri Jari Koskiahho, tutkija Elina Röman ja vanhempi tutkija Juha Riihimäki. Raportti on aiemmin julkaistu Energiateollisuuden web-sivuilla. Tämä käsillä oleva julkaisu poikkeaa joiltakin osin web-versiosta.

Työn tavoitteena oli koota keskitetysti vesistökuormitusta kuvaavia kuormittajakohtaisia ominaiskuormituslukuja ja selvittää niiden perusteella eri maankäyttömuotojen alueellisia kuormitusosuuksia. Raportissa kuvataan laajalti eri kuormittajien taustatietoja, niissä tapahtuneita muutoksia, kuormitusvertailujen vaikeutta ja ennen kaikkea käytettävissä olevan tiedon epävarmuutta. Työssä annetaan myös selonte-ko ihmisen toiminnan aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvitetään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla ja tarkemmin muutamalla valitulla vesistöalueella.

SISÄLLYS

Tiivistelmä	3
Sammandrag	4
Abstract	5
Esipuhe	6
I Johdanto	9
2 Tärkeimmät hajakuormituksen lähteet	12
2.1 Metsätalous	12
2.2 Maatalous	17
2.3 Haja-asutus	26
2.4 Rakennetut alueet	26
2.5 Turvemaat ja turvetuotantoalueet	27
3 Ominaiskuormituslukujen yleistettävyys valtakunnan tasolla	29
3.1 Metsätalous	29
3.2 Maatalous	30
3.3 Luonnonhuuhtouma	31
3.4 Laskeuma	31
3.5 Haja-asutus	31
3.6 Hulevedet	32
3.7 Turvetuotanto	32
3.8 Yhdyskunnat	33
3.9 Teollisuus, kalankasvatus ja turkistarhaus	33
4 Vesistöjen kokonaiskuormitus – vähentämismahdollisuudet ja riskit kuormituksen kasvuun	36
4.1 Kuormituksen jakautuminen lähteittäin	36
4.2 Arviointiin sisältyvä epävarmuus	38
4.3 Metsätaloudesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet	40
4.4 Maataloudesta aiheutuvan kuormituksen vähentämismahdollisuudet ..	41
4.5 Turvetuotannosta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet	42
4.6 Jätevesien puhdistaminen	43
4.7 Haja-asutuksen aiheuttamien vesien puhdistaminen	44
4.8 Hulevesien puhdistaminen	44
4.9 Riskit ravinnekuormituksen kasvulle (ilmastomuutos, maankäytön muutokset)	45

5 Vesistöjen tila tarkasteltavilla esimerkkialueilla.....	47
5.1 Yleistä vesistöjen luokittelusta	47
5.1.1 Vesistön tilaluokittelu esimerkkialueilla	47
5.2 Kälkäjoen valuma-alue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta	49
5.2.1 Kälkäjoen valuma-alue ja maankäyttö	49
5.2.2 Veden laadun mittaukset	51
5.2.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin	53
5.2.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi	56
5.2.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta.....	56
5.3 Saarijärven reitin vesistöalue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta	57
5.3.1 Saarijärven reitin vesistöalue ja maankäyttö	57
5.3.2 Veden laadun mittaukset	61
5.3.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin	64
5.3.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi	65
5.3.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta.....	66
5.4 Yhteenveto alueista	66
6 Yhteenveto	68
Kirjallisuus	69
Liite I. Ominaiskuormituslukujen vaihteluvälejä	72

1 Johdanto

Maankäytöstä ja muusta ihmistoiminnasta aiheutuu lähes aina ravinne- ja kiintoainekuormitusta vesistöihin. Luonteeltaan maa- ja metsätalouden sekä haja-asutuksen aiheuttama kuormitus on ns. haja-kuormitusta, jossa tarkkaa päästölähdettä ei voida paikallistaa. Yhdyskuntien, teollisuuden ja turvetuotannon päästöt puolestaan edustavat pistekuormitusta, jonka lähde ja sijainti ovat yleensä tarkoin määriteltävissä. Oman kuormituslähteensä muodostavat kaupunkien hulevedet. Typpi- ja fosforikuormitus aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä ja kiintoainekuormitus puolestaan sameutumista, liettymistä ja umpeenkasvua.

Kuormituksen aiheuttamien vesistövaikutusten voimakkuus ja laajuus riippuvat mm. maankäytön alueellisesta laajuudesta, toimenpiteiden voimaperäisyydestä ja valuma-alueen ominaisuuksista, mitkä yhdessä vaikuttavat vesistöihin tuleviin ravinnevirtoihin. Orgaaninen aines ei kiihdytä vesistöjen rehevöitymistä samalla tavoin suoraviivaisesti kuin leville helpommin käyttökelpoisessa muodossa olevat ravinteet, mutta ei ole merkityksellön.

Metsien osuus Suomen koko maapinta-alasta on noin 86 % (Metsätilastollinen vuosikirja, 2014). Maatalous on toiseksi merkittävin maankäyttömuoto kattaen noin 7,4 % Suomen maapinta-alasta (Maataloustilastot 2012). Rakennetun maan pinta-ala on arviolta 3,1 % ja turvetuotantoala (v. 2012) 0,19 % maapinta-alasta.

Vesistövaikutukseltaan eri kuormittajat poikkeavat kuitenkin toisistaan ja eri maankäyttömuodoilta tuleva kuormitus vaihtelee merkittävästi muun muassa tuotantovaiheen mukaan, erityisesti hydrologisten tekijöiden vaikutuksille alttiina olevassa maa- ja metsätaloudessa sekä turvetuotannossa. Metsätaloudessa tuotantokykli on 80-100 vuotta, minkä aikana metsätalouden eri toimenpiteet aiheuttavat kestoltaan rajatun vaikutuksen kuormitukseen. Tämän jälkeen kuormitus palautuu tasolle, joka poikkeaa melko vähän luonnontilaisesta kuormituksesta. Turvetuotanto on tasaisesti hydrologisen vuosisyklin vaikutuksen alla, ja kuormitus voi vaihdella tuotannon eri työvaiheiden sekä veden kierron yhteisvaikutuksena. Oleellista on se, että turvetuotannossa kuormitusta muodostuu koko tuotantoalalta. Maataloudessa taas vuoden mittainen tuotantokykli eri työvaiheineen ja hydrologinen sykli yhdessä aiheuttavat tasoltaan edellisistä poikkeavan kuormituksen, joka vaihtelee ajallisesti ja peltokohtaisesti.

EU:n vesipuitedirektiivin vesienhoidon keskeisenä tavoitteena on mm. estää em. kuormituslähteiden aiheuttama jokien, järvien ja rannikkovesien sekä pohjavesien tilan heikkeneminen sekä pyrkiä kaikissa vesissä vähintään hyvään tilaan. Lisäksi erinomaisiksi tai hyviksi arvioitujen vesien tilaa ei saa heikentää. Vesienhoitoa suunnitellaan vesienhoitoalueittain (VHA), joita on Manner-Suomessa viisi: Vuoksen (VHA1), Kymijoki-Suomenlahden (VHA 2), Kokemäenjoen, Saaristomeren- ja Selkämeren (VHA3), Oulujoen- Iijoen (VHA 4) ja Kemijoen (VHA 5) vesienhoitoalueet (ks. kuva 1). Lisäksi Ruotsin ja Norjan kanssa on muodostettu kaksi kansainvälistä vesienhoitoaluetta: Tornionjoen (VHA 6) sekä Tenojoen, Näätämönjoen ja Paatsjoen (VHA 7) vesienhoitoalueet. Ahvenanmaa muodostaa oman vesienhoitoalueen ja vastaa itse EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpanosta. Tässä raportissa ei käsitellä Ahvenanmaan aluetta. Vesienhoitoalueiden maankäyttö on esitetty taulukossa 1.

Vesienhoidon keskeinen lähtökohta on tunnistaa keskeiset kuormituspaineet, jossa osatehtävänä on osittaa vesistöihin tuleva ravinnekuormitus tarkasti eri kuormituslähteille kullakin vesienhoitoalueella. Tätä asiaa on tutkittu ja tarkasteltu eri mittakaavoissa: kokoamalla havaintoaineistoa pitkältä aikaväliltä eri kuormituslähteistä ja käyttämällä ominaiskuormituslukuja. Kuormituslukujen keskinäinen vertailu ja käyttö kuormituslaskennassa edellyttävät lukujen tasavertaistamista ja yksiselitteistä ohjeistusta niiden käytöstä, esim. koskeeko kuormitusluku koko sektorin piirissä ole-

vaa pinta-alaa vai ainoastaan nettomääräistä toimenpidealaa. Maatalouden suhteen on esitetty koko viljelyalaa koskevat ominaiskuormitusluvut (taulukko 2) ja yksittäisiä toimenpiteitä koskevia kuormituslukuja eri maalajeille ja eri kaltevuusluokille (liite 1).

Metsätaloudessa vesistökuormitusta aiheutuu pääasiassa hakkuista, lannoituksista ja kunnostusojituksesta, joita toteutetaan vuosittain vaihtelevalla osalla koko metsäalasta. Aiemmin metsätalouden kuormituslaskelmia on tehty erikseen uudisojituksen, kunnostusojituksen (perkaus, täydennysojitus), raskaasti muokattujen (auraus, mästäys) uudistushakkuiden, kevyesti muokattujen (äestys, laikutus) uudistushakkuiden, muokkaamattomien uudistushakkuiden, kivennäismaiden typpilannoituksen ja turvemaiden fosforilannoituksen ravinnehuuhtoutumista (Kenttämies & Mattsson, 2006). Nyttemmin metsätalouden vaikutukset kuormitusarvioiden laskennassa on luokiteltu edellisestä poiketen kolmeen ryhmään: kunnostusojitukset, päätehakkuit ja lannoitus. Vuosina 1996–2012 uudistus- eli päätehakkuita tehtiin keskimäärin 165 250 ha:lla, kunnostusojituksia 70 368 ha:lla ja lannoitusta 29 179 ha:lla eli yhteensä 264 797 ha:lla. Harvennushakkuista, kulotuksesta ja metsäteiden rakentamisesta aiheutuvat ravinnepäästöt on arvioitu niin pieniksi, että niille ei ole esitetty lainkaan kuormituslukuja (Kenttämies & Mattsson 2006). Metsätalouden vaikutukset arvoidaan vuosittain tehtävien toimenpiteiden keskimääräisten pinta-alojen ja toimenpiteiden vaikutusajan perusteella. Kun toimenpiteiden vaikutukset on havaittu ulottuvan 10 vuoden päähän, vaikkakin vuosittain vähenevästi, toimenpiteiden vaikutusalat ovat noin kymmenkertaisia vuosittaiseen toteutumaan verrattuna.

Maataloudessa kuormitusta aiheuttavia viljelytoimenpiteitä, kuten maanmuokkaukasta ja lannoitusta, taas toteutetaan keväisin ja syksyisin koko viljelyalalla joka vuosi. Pääsyyinä metsä- ja maatalouden kuormituseroihin ovat maatalouden selvästi metsätaloutta voimaperäisemmät, vuosittain (tai muutaman vuoden välein) pellolla toistuvat toimenpiteet. Metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on pieni, mutta se saattaa paikallisesti olla merkittävää. Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kuormitus on voimakkainta 1–3 vuotta toimenpiteen jälkeen, mutta kuormitus voi jatkua jopa yli 10 vuotta. Edellä mainittujen lähteiden lisäksi merkittävää, mutta vaikutuksiltaan yleensä paikallisempaa vesistökuormitusta aiheuttavat haja-asutus, rakennetun alueen hulevedet, yhdyskuntien päästöt, teollisuus ja muut pistekuormitusta aiheuttavat elinkeinot, kuten kalankasvatus ja turkistarhaus.

Orgaaninen aines kuluttaa hajotessaan veden happea ja hapettomuus puolestaan voi vapauttaa pohjasta ravinteita. Lisäksi orgaaninen aines aiheuttaa epämiellyttävää rantojen liettymistä ja mataloitumista, mikä on haitallista vesien virkistyskäytölle. Orgaanisen aineksen pitoisuuksia ja kuormitusta ilmaistaan paitsi orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC) ja liukoisen fraktion osuutena (DOC), myös kemiallisena (COD) ja biologisena (BOD) hapenkulutuksena. Tässä julkaisussa ilmoitettuja, eri raporteista ja artikkeleista poimittuja orgaanisen aineen kuormituksen arvoja on yhteismitallistettu TOC:ksi seuraavien suhdelukujen mukaisesti:

- TOC = CODMn/1,25 (luonnonvedet, lähde: Koistinen, 2012)
- TOC = BOD7/0,35 (puhdistettu jätevesi, lähde: University of Technology Hamburg-Harburg).

Tässä vesistökuormitusraportissa selvitetään eri maankäyttömuotojen osuuksia alueellisesti ja kootaan yhteenveto eri maankäyttömuotojen ominaiskuormitusluvuista. Näiden perusteella arvioidaan kokonaiskuormituksen jakautumista lähteittäin ja tarkastellaan arviointiin sisältyvää epävarmuutta. Raportissa tarkastellaan myös ihmistoiminnan aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvitetään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla ja tarkemmin kahdella valitulla vesistöalueella.

Taulukko 1. Maankäyttö vesienhoitoalueittain Corine 2012 maankäyttötietokannan mukaan (pinta-alat taulukossa koskevat Suomen osuutta vesienhoitoalueista).

Alue	Nro	Pinta-ala	Maapinta-ala	Sisävedet	Metsät	Maa-talous	Rakennettu ala
		km ²		%	% maa-alasta		
Vuoksen VHA	VHA1	58 109	46 980	15,0	86,2	7,3	3,4
Kymijoen–Suomenlahden VHA	VHA2	57 028	43 785	11,3	80,2	12,0	5,8
Kokemäenjoen–Saaristomeren–Selkämeren VHA	VHA3	83 289	65 019	4,2	72,6	18,6	5,1
Oulujoen–Iijoen VHA	VHA4	68 028	59 739	6,1	82,5	5,1	2,0
Kemijoen VHA	VHA5	54 806	51 418	3,0	79,0	0,9	0,8
Tornionjoen VHA	VHA6	14 570	13 689	3,4	82,8	1,2	1,1
Tenojoen–Näätämönjoen–Paatsjoen VHA	VHA7	25 543	23 092	6,8	85,0	0,1	0,3

2 Tärkeimmät hajakuormituksen lähteet

Tässä luvussa tarkastellaan vesistöihin tulevien ravinteiden kuormituslähteitä, niiden keskeisiä kuormitukseen vaikuttavia ominaisuuksia ja kuormituslähteissä pitkällä ja keskipitkällä aikavälillä tapahtuneita muutoksia. Kuormituslähteiden tarkastelussa hahmotetaan niiden ominaisia luonteenpiirteitä ja ihmisen aiheuttaman kokonaiskuormituksen taustatekijöitä.

2.1 Metsätalous

Metsätalouden käsitteitä:

Metsätalousmaa – maata, joka ei ole maatalousmaata, rakennettua maata yms.

Metsämaa (puustollinen) – maata, jolla puuston potentiaalinen vuosikasvu on vähintään keskim. 1 m³ vuodessa

Kitumaa – puuston potentiaalinen vuosikasvu alle 1 m³, mutta vähintään 0,1 m³ vuodessa

Joutomaa – puuston vuosikasvu on alle 0,1 m³ vuodessa

Muu metsätalousmaa – sisältää metsäautotiet, metsätalouden pysyvät varasto- ja tonttialueet

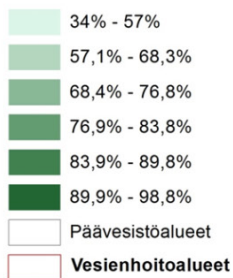
Valtakunnan metsien 11. inventoinnin (VMI 11) 2009–2012 mukaan metsätalousmaata Suomessa on yhteensä 26 174 km², josta puustollista metsämaata on 20 312 km², kitumaata 2 447 km², joutomaata 3 218 km² sekä metsäteitä, varastoja ym. alueita 197 km². Toisen maailmansodan jälkeisten alueluovutusten jälkeen metsätalouden kokonaispinta-ala on pysynyt muuttumattomana, mutta puustollisen metsämaan ala on kasvanut 1940-luvun alusta 3 000 km² jouto- ja kitumaan pinta-alojen vastaavasti pienentyessä. Metsätalousmaasta kankaita on 17 228 km² ja soita 8 748 km². Soiden osuus metsätalousmaasta on 34 %.

Metsäalan osuus maa-alasta (kuva 1) on käänteinen peltoalaosuuteen nähden. Metsien osuus vesistöjen 2. jakovaiheen tarkastelussa on yli 80 % laajoilla Järvi-Suomen, Kainuun ja Pohjois-Suomen alueilla. Vastaavasti Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomen maatalousvaltaisilla alueilla metsien osuus maa-alasta on tyypillisesti alle 60 %.

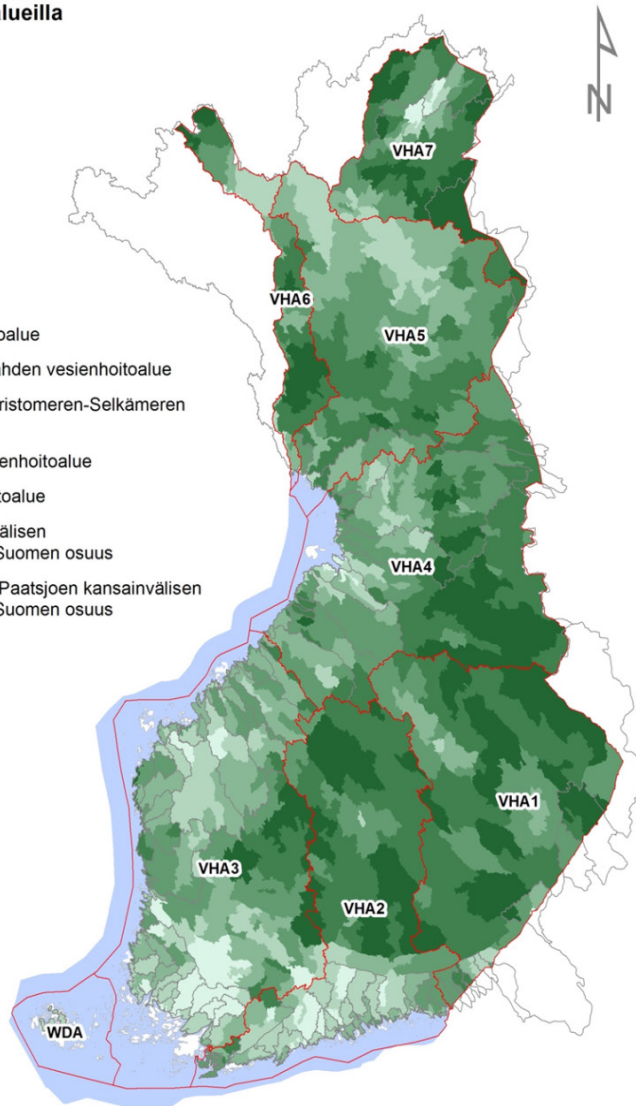
Valtapuusto metsä- ja kitumaalla on mäntymetsää, jonka osuus puuston kokonaistilavuudesta (2 332 milj. m³) on 50 %. Kuusen osuus kokonaistilavuudesta on 30 %, koivun osuus 17 % ja muiden lehtipuiden osuus 3 %. Kokonaistilavuudesta 90,3 % on puuntuotantoalueen puustossa. Puuston kokonaistilavuus on kasvanut 1930-luvun lopulta (nykyistä metsätalousmaa-alueetta vastaavalla alueella) 1 370 milj. m³ kokonaistilavuudesta 70 %. Vastaavasti metsien vuosikasvu on kaksinkertaistunut 1930-luvun lopulta 47,4 milj. m³:sta (2,2 m³ ha⁻¹ v⁻¹) 104 milj. m³:iin (4,6 m³ ha⁻¹ v⁻¹). Puuston poistuma oli vuonna 2012 69,85 milj. m³ ja on vaihdellut vuosina 2000–2011 59,70–72,93 milj. m³ vuodessa.

Metsien hakkuu-alat vuosittain ovat laajoja (kuva 2), vuonna 2013 metsiä hakattiin 718 000 ha:lla. Suuri osa hakkuisista on harvennushakkuita, joissa hakkuiden aiheuttamat vesistövaikutukset jäävät melko pieniksi. Vuosina 2003–2007 avohakkuiden määrä oli keskimäärin 148 000 ha ja vuosina 2008–2012 keskimäärin 115 000 ha. Vastaavasti metsiä uudistettiin vuonna 2013 121 000 ha:lla. Metsien uudistuksen yhteydessä vuonna 2013 metsää muokattiin 107 000 ha.

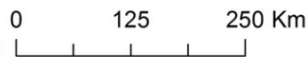
**Metsien osuus maa-alasta
2. jakotason valuma-alueilla**



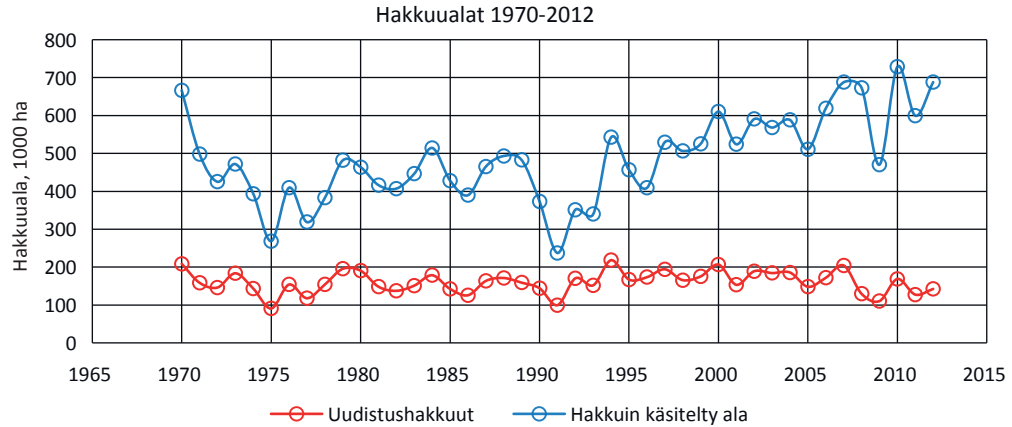
- VHA1 - Vuoksen vesienhoitoalue
- VHA2 - Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue
- VHA3 - Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue
- VHA4 - Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalue
- VHA5 - Kemijoen vesienhoitoalue
- VHA6 - Torniojoen kansainvälisen vesienhoitoalueen Suomen osuus
- VHA7 - Teno-, Näätämö- ja Paatsjoen kansainvälisen vesienhoitoalueen Suomen osuus
- WDA - Ahvenanmaa



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta Imlinj – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE
 Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Metla, MAVI, VRK, MML Maastotietokanta 05/2012)



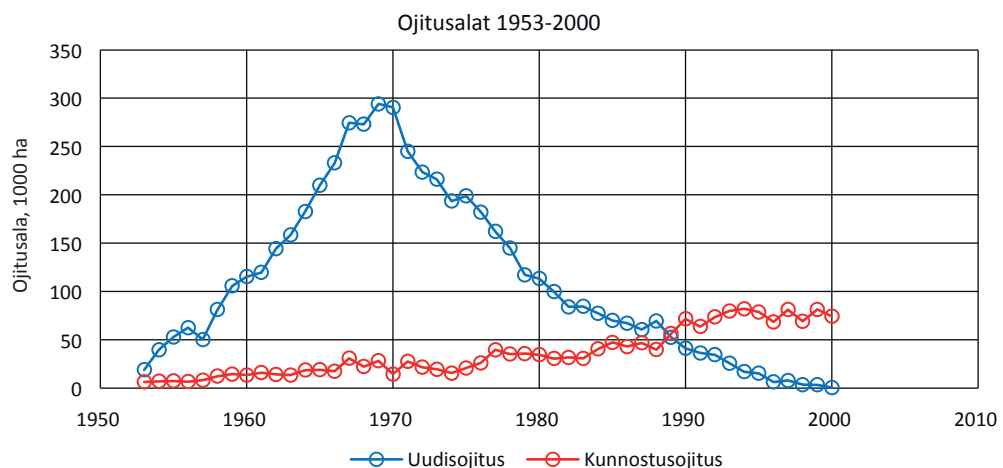
Kuva I. Metsien osuus maa-alasta Suomessa.



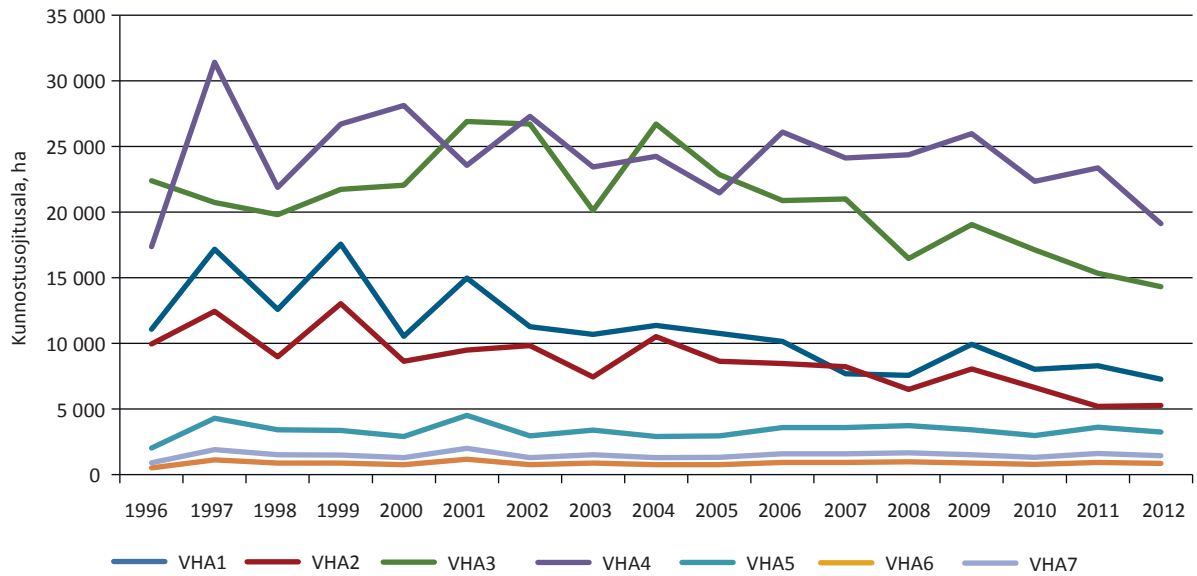
Kuva 2. Uudistushakkuut ja koko hakkuin käsitelty ala v. 1970–2012 Metsätilastot: (<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/index.html>).

Metsien ojitus

VMI 11:n mukaan suometsien alasta (8 749 km²) on ojitettu runsaat puolet eli 4 675 km². Lisäksi kangasmetsiä on ojitettu 1 318 km². Kunnostusojituksia on tehty vuosina 2000–2013 keskimäärin 19 630 km² 67 430 ha:lle vuodessa. Ojien määrä on ollut keskimäärin 300 m hehtaaria kohti. Tasaisena jatkuessaan näillä kunnostusojitusten määrillä koko ojitetun metsäalan kunnostusojitus veisi aikaa lähes 90 vuotta. Määrät eivät teknisesti vastaa kunnostusojituksen tarvetta ja on odotettavissa, että ojitukset rapautuvat ja osa metsien kunnostusojituksista jää tekemättä. Toisaalta on odotettavissa, että osa kunnostusojituksista jätetään tekemättä jo alkuaankin heikosti toimivien ojien tai heikon kannattavuuden vuoksi. Kuvassa 3 on esitetty uudistusojitus- ja kunnostusojitusalat v. 1953–2000. Uudistusojituksen huippu oli 60-luvun lopulla, jonka jälkeen ojitusalat ovat laskeneet voimakkaasti. Kuvasta 4 havaitaan, että kunnostusojitusalat (v. 1996–2012) ovat vähentyneet vesienhoitoalueilla 1–4, ja pysyneet jokseenkin samalla tasolla alueilla 5–7.



Kuva 3. Uudistusojitus- ja kunnostusojitusalat v. 1953–2000. Metsätilastot: (<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/index.html>).



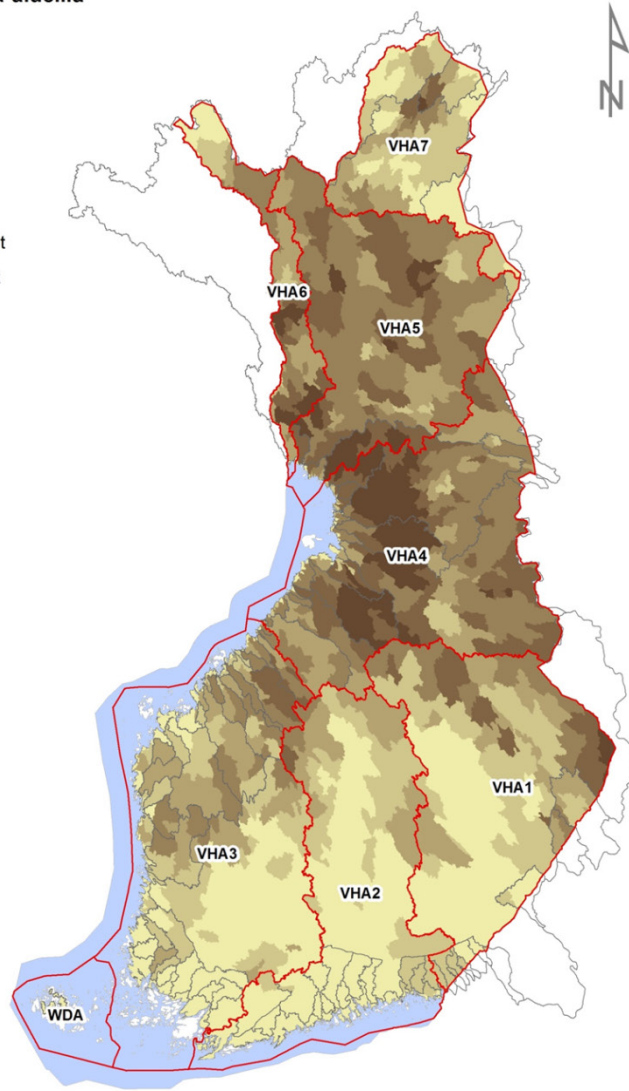
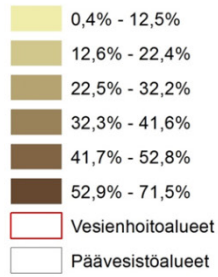
Kuva 4. Kunnostusojitusalat vesienhoitoalueittain v. 1996–2012.

Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta Oulun läänin ja Pohjois-Karjalan alueilla on yleisesti yli 25 %, monin paikoin yli 40 % (kuva 5a, b). Tämä kuvaa ojitusten laajuutta, mutta toisaalta myös turvemaiden sijaintia juuri näillä alueilla. Etelä-Suomessa turvemaiden määrä maapinta-alasta on melko pieni. Osa turvemaista, erityisesti maatalouskäytössä olevat saraturvemaat, on kuivatuksen seurauksena muuttunut vähitellen kivennäismaiksi.

Metsien lannoitus

Metsien lannoitus oli laaja-alaisinta 1970-luvulla, vuonna 1975 lannoitusala oli 243 962 ha. Tästä huippuvuodesta lannoitusalat pienenevät viidessä vuodessa alle 100 000 hehtaariin ja edelleen 1990-luvulle tultaessa muutamaa tuhatta metsähehtaariin. Sitten 2000-luvun alkuvuosina lannoitusalat ovat nousseet noin 20 000 metsähehtaarin tienoille. Viime vuosina lannoitusalat ovat edelleen kasvaneet ollen vuonna 2013 jo 41 000 metsähehtaaria.

**Turvemaiden osuus maa-alasta
2. jakotason valuma-alueilla**



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta 1 milij – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE

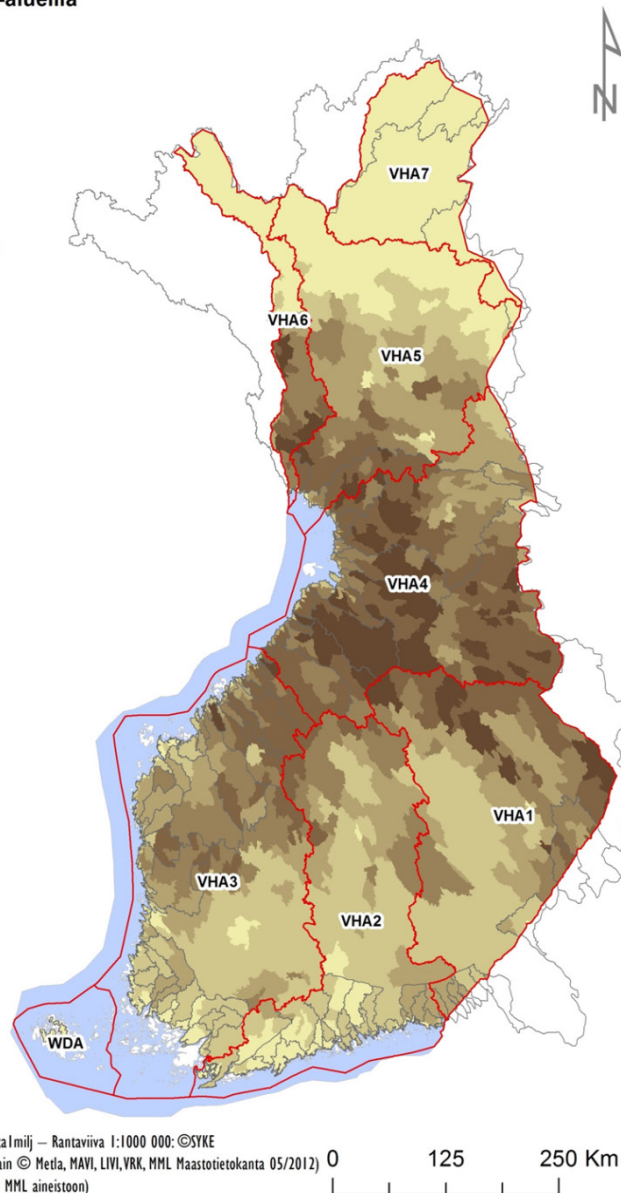
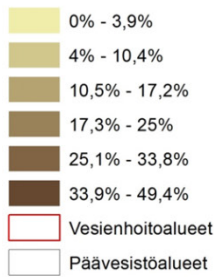
Corine maanpeite 2012: ©SYKE (osittain © Metla, MAVI, LIWI, VRK, MML Maastotietokanta 05/2012)

Soiden ojitustilanne: ©SYKE (pohjautuu MML aineistoon)



Kuva 5a. Turvemaiden osuus maa-alasta.

**Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta
2. jakotason valuma-alueilla**



Kuva 5b. Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta.

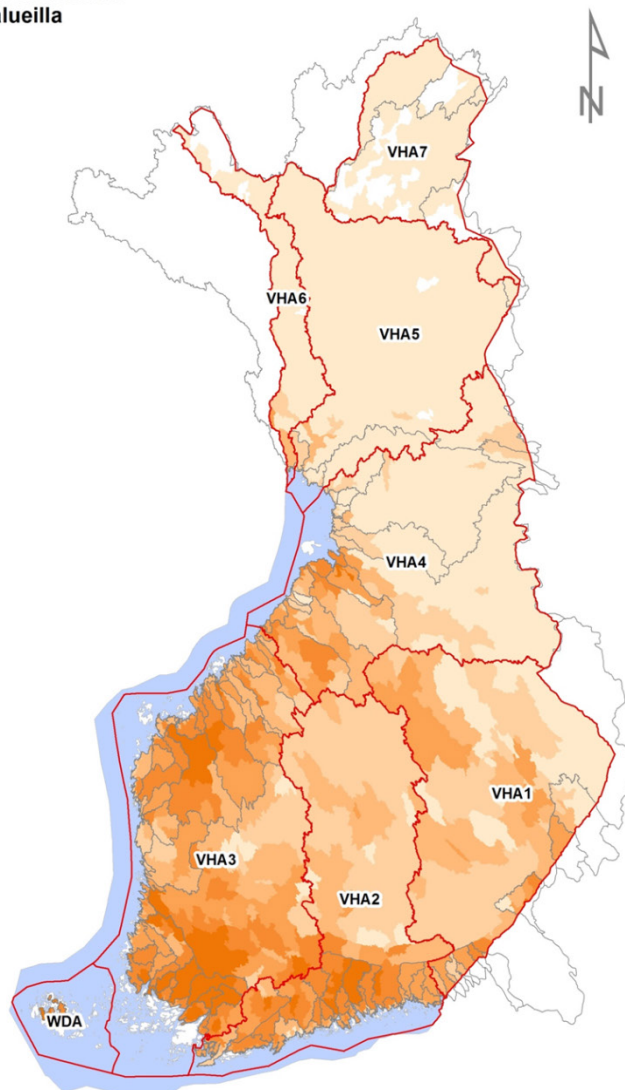
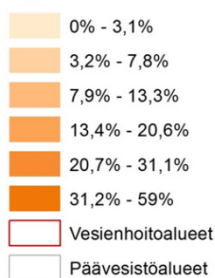
2.2 Maatalous

Viljelykäytössä olevat pellot sijaitsevat pääasiassa Suomenlahden, Saaristomeren, Selkämeren ja Perämeren rannikoilla (kuva 6). Järvi-Suomen alueella on alle 20 % koko maan peltoalasta.

Maankuivatus

Pellot sijaitsevat yleensä melko lähellä vesistöjä. Peltolohkojen kuivatusvesien purkupisteestä lähimpään alapuoliseen vesistöön on matkaa näitä yhdistävää uomaa pitkin keskimäärin 2,3 km (med.1 km). Peltojen pinta-alasta 74 % rajoittuu peruskui- vatusuomaan ja 13 % vesistöön. Peltoalasta 87 %:lla on siten suora yhteys vesistöön ja 13 % peltoalasta kuivatusveden johdetaan maastoon, josta ei ole uomayhteyttä vesistöön (Puustinen ym. 1994).

**Maatalousmaan osuus maa-alasta
2. jakotason valuma-alueilla**



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta-linjat – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Metla, MAVI, LIVI, VRK, MML Maastietokanta 05/2012)



Kuva 6. Maatalousmaan osuus maa-alasta.

Peruskuivatushankkeet on toteutettu pääsääntöisesti useamman maatilan yhteisenä hankkeena tätä varten perustetuissa ojitusyhtiöissä (nyk. ojitusyhteisö). Vesilain mukaiset peruskuivatushankkeet ovat pääsääntöisesti toteutettu alle 10 km²:n alueiden kuivatuksena, joiden yhteydessä toteutettu uoma on nimetty tarkoitustaan kuvaavalla nimellä valtaojaksi, ja uoman vaikutuspiirissä oleva alue kuivatusalueeksi. Peruskuivatushankkeissa on perattu kuivatustarkoituksessa myös yli 10 km² alueiden uomia eli puroja vesilain asettamissa rajoissa. Ojitusyhteisöjen ja kuivatusalueiden lukumäärästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta niitä on arvioitu olevan useita kymmeniä tuhansia.

Peltojen paikalliskuivatus on toteutettu pääsääntöisesti salaojituksena, jota on toteutettu 58 %:lla peltoalasta. Avo-ojituksella kuivatetaan edelleen 27 % ja 15 % peltoalasta voidaan viljellä ilman paikalliskuivatusta (Salaojayhdistys ry. 2010, Järvenpää & Savolainen (toim.) 2015). Paikalliskuivatusjärjestelmät muodostavat yhdessä peruskuivatusjärjestelmien kanssa laajan uomaverkoston koko maatalousmaalle,

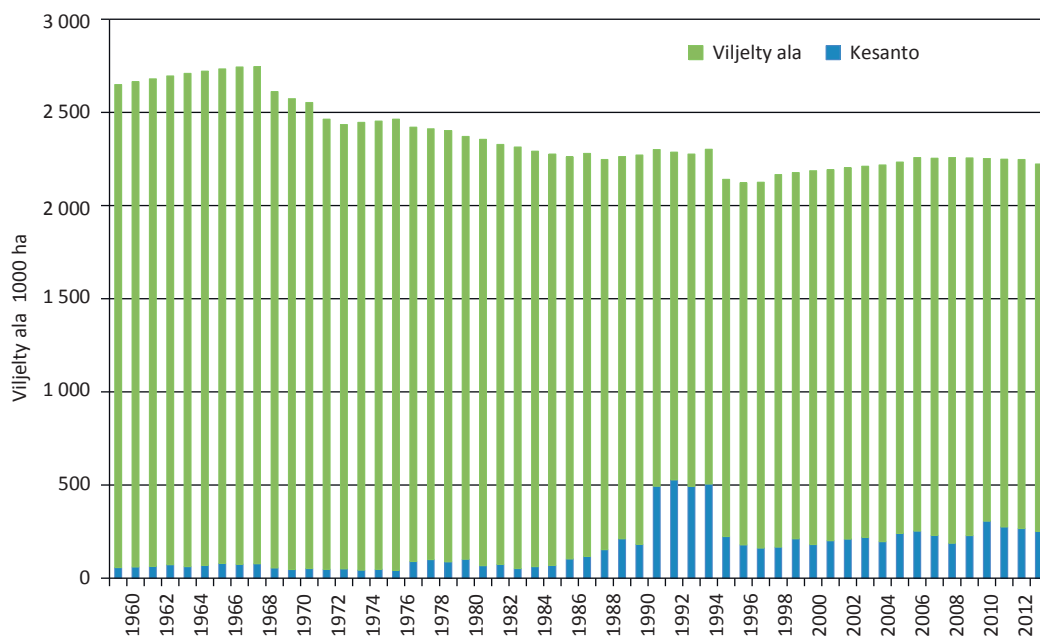
mikä on ehkä maatalousmaamme luonteenomaisin piirre - kuivatusvesillä on lyhyt matka ja ajallinen viive vesistöihin. Uomaverkostossa poistuu pääosa peltoalueiden valunnasta. Pieni osa valunnasta muodostuu pohjavesivalunnaksi ja siitä edelleen vesistöihin, mutta paljon pitemmällä aikaviiveellä. Keskimääräinen vuosivalunta on 250-300 mm, mikä tarkoittaa peltohehtaaria kohden 2500–3000 m³ vesimäärää. Ilman tehokasta maankuivatusta kasvinviljely Suomessa ei ole mahdollista.

Peltoala ja peltoalan muutokset

Maatalousmaan osuus maapinta-alasta on Suomessa suhteellisen pieni (7,4 %) verrattuna esim. Tanskaan tai Puolaan. Maatalousmaan osuus maan eri osissa vaihtelee, Varsinais-Suomessa se on noin 30 %, Uudellamaalla reilu 20 %, Etelä-Pohjanmaalla 20 % ja Pohjois-Pohjanmaalla noin 7 %. Maapinta-alalle suhteutettuna maatalousmaata on eniten VHA 3:lla, jonka maa-alasta 19 % (56 524 km²) on maatalousmaata. VHA 2:n maa-alasta maatalousmaata on 12 % (36 467 km²) ja VHA 1:n 7 % (22 184 km²).

Suurimmillaan viljely- ja kesantopellon kokonaisala oli vuonna 1968 (2 746 100 ha), josta se vähitellen pieneni 1990-luvun alkuvuosiin mennessä 458 300 hehtaarilla (kuva 7). Keskimääräinen viljelyala Euroopan Unioniin liittymistä edeltävinä vuosina 1990–94 oli 2 287 780 ha. Vuodesta 1994 vuoteen 1995 peltoala pieneni 160 600 ha, koska monet pienet maatilat lopettivat viljelyn Suomen EU:hun liittymisen jälkeen. Peltoala kasvoi vähitellen takaisin 1990-luvun keskimääräiselle tasolle peltojen palautuessa vuokrapeltoina viljelykseen, ollen v. 2010 2 253 300 ha.

Tämä kehitys näkyy myös maatilojen lukumäärän pienenemisenä ja toisaalta vuokrapellon osuuden (viljelyalasta) kasvuna. Vuodesta 1990 vuoteen 2000 lähes 50 000 maatilaa lopetti viljelyn, mikä kehitys jatkui vielä 2000-luvulla, jolloin vuoteen 2010 mennessä 17 000 maatilaa lopetti tuotannon. Vuonna 2010 Suomessa oli yhteensä 62 767 maatilaa. Niinpä maatilojen keskipeltoala on kasvanut koko ajan. 1990-luvun alussa maatilojen keskimääräinen peltoala oli 24 ha ja vuonna 2010 jo 36,7 ha. Vuokrapellon osuus viljelyalasta oli 1990-luvun puolessa välissä noin 20 % ja vuonna 2010 noin 35 %.



Kuva 7. Viljelty ala ja kesanto v. 1960–2013. Lähde MMM-Tike.

Viljely- ja kesantoalan pitkäaikaismuutosten taustalla on myös muita tekijöitä, kuten pellon metsitys ja uuden pellon raivaus. Maataloustilastoissa näkyvät pitkän aikavälin peltoalaa koskevat muutokset ovatkin nettomääräisiä pinta-alamuutoksia. Vuosien 1970–2004 välisenä aikana peltoa metsitettiin 242 000 ha (Metsätilastollinen vuosikirja) ja vuosina 1974–1988 uutta peltoa raivattiin 86 400 ha sekä vuosina 2000–2011 saman verran eli 85 400 ha (Niskanen & Lehtonen 2014). Vuosiraivioiden pinta-alat em. jaksoilla ovat vaihdelleet 1 000–14 000 ha. Kokonaisuudessaan peltoalan väheneminen johtuu peltoviljelystä poistuneen alan metsityksestä. Uuden pellon raivaaminen sen sijaan on ollut vaatimattomampaa, joskin jatkuvaa toimintaa.

Oman erityispiirteensä pellon käyttöön toi 1990-luvun alussa ns. velvoitekesanointi, keskimäärin 450 000 ha/vuosi, josta kaksi kolmasosaa oli viherkesantona (kuva 8). Kesantoala puolittui 223 300 hehtaariin EU:iin liittymisvuonna 1995, ja on sen jälkeen vaihdellut 200 000 peltohehtaarin molemmin puolin. Nurmien osuus peltopinta-alasta on suurinta pohjoisilla vesienhoitoalueilla (VHA 4–7). Rannikon alueilla nurmiviljely on vähäisintä (kuva 9).

Peltojen keskikaltevuus suhteutettuna vesienhoitoalueen peltopinta-alaan on esitetty kuvassa 10. Kaltevimmat pellot ovat VHA 2:lla ja VHA 1:llä.

Maatalousteknologia ja pellon käyttö

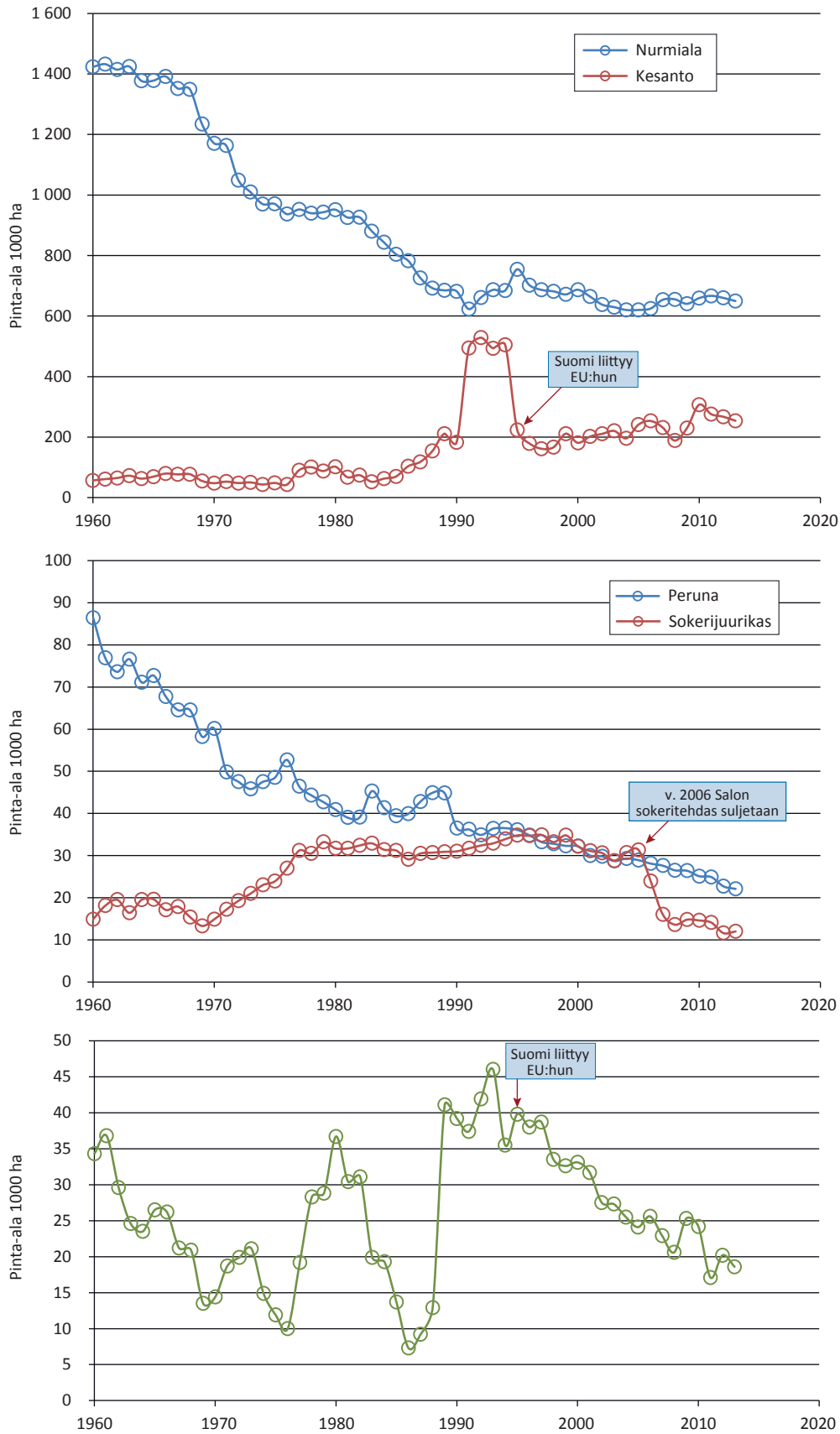
Maatalouden uudenaikaistuminen alkoi 1950-luvulla, jolloin tuotantoa tehostettiin uusien viljelykäytäntöjen ja kasvinjalostuksen avulla ja samanaikaisesti lannoitteiden käyttöä lisättiin. Kemiallisten lannoitteiden käyttömäärät olivat maksimissaan 1980-luvun lopulla, jonka jälkeen lannoitusmäärät ovat tulleet voimakkaasti alaspäin (Kuva 11), mikä tulee esille ravinnetaseiden voimakkaana laskuna. 1950-luvulla peltoalasta yli puolet oli nurmella tai laitumella, kun nykyään näiden osuus peltoalasta on noin yksi neljäsosa. Vastaavasti kevätiljojen viljelyala sekä kesantoala ovat kasvaneet.

Perunan viljelyala on pienentynyt 1960-luvun lähes 90 000 ha:sta noin 20 000 ha:iin. Sokerijuurikkaan pinta-ala oli enimmillään noin 35 000 ha 1990-luvulla, mutta pieneni sittemmin noin 10 000 ha:iin yhden sokeritehtaan lopetettua kokonaan toimintansa. Muiden kasvien ryhmässä (mm. härkäpapu, pellava, kumina, ruokohelvi) viljelyalat ovat vuosittain vaihdelleet, mutta myös tämän ryhmän viljelyalat ovat voimakkaassa laskussa (kuva 8). Tarkasteltaessa kokonaisuutta todellisilla peltojen pinta-alatiedoilla ja viljelykasvien pinta-alamuutoksilla, kasvinviljelyn keskittymistä erikoiskasvien osalta ei yleisesti ole tapahtunut. Sen sijaan pitkällä aikavälillä nurmikasvien ja kevätkylvöisten viljakasvien väliset pinta-alaosuudet ovat muuttuneet merkittävästi (ks. kuvat 7 ja 8).

Kotieläimet

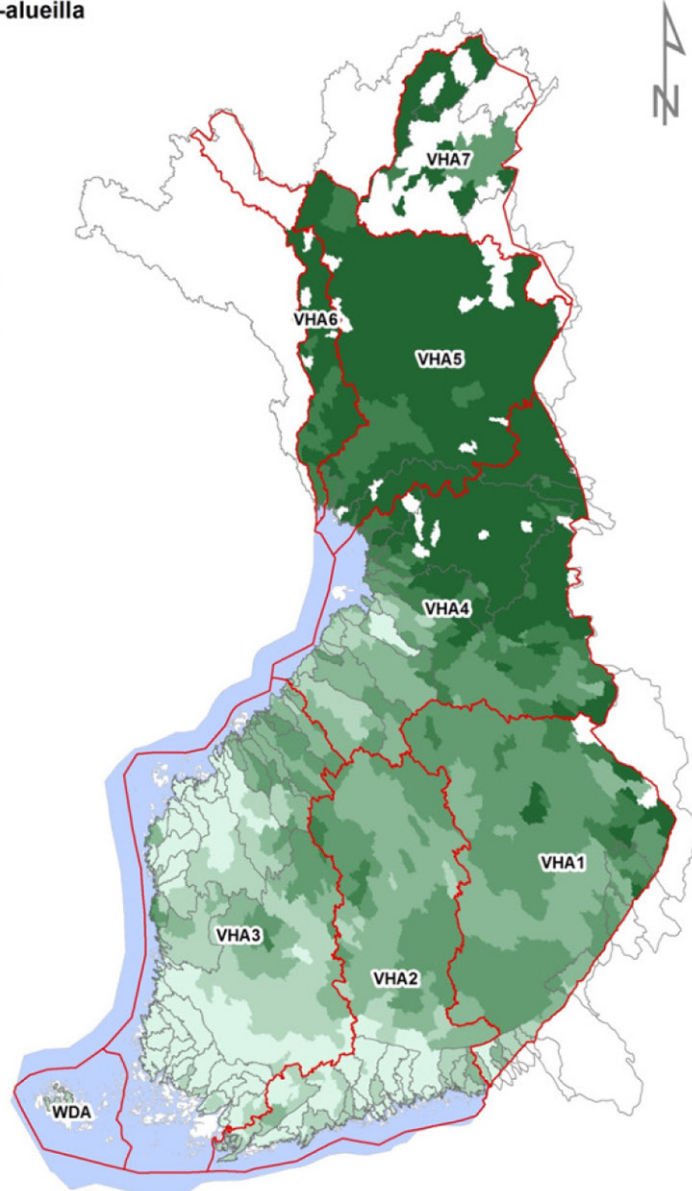
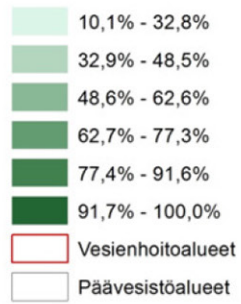
Nautaeläinten määrä on vähentynyt 1980-luvun alun noin 1,7 milj. naudasta 2010-luvun alkuun mennessä runsaaseen 0,9 milj. nautaan, siis lähes puolittunut. Suuri alenema on tapahtunut lypsykarjan määrässä ja tämän seurauksena nuorten nautojen määrä on samassa suhteessa pienentynyt. Emolehmien määrä on kasvanut, mutta lähtötilanne on ollut niin matala, ettei kasvu juurikaan tule esille kokonaistilastoissa.

Sikojen lukumäärässä on tapahtunut voimakkaita muutoksia molempiin suuntiin viimeisen 30 vuoden aikana. Sikoja on nyt lähes 1,3 miljoonaa, mutta tuotannollis-taloudellisista syistä johtuen määrä on voimakkaasti laskemassa. Myös siipikarjan (broilerit ja kanat) määrä on puolittunut 1970-luvun puolenvälin 9 miljoonasta runsaaseen 4 miljoonaan lintuun 2010-luvulla. Lampaiden ja hevosten määrät ovat edellisiin verrattuna melko pieniä. Lampaiden määrä on pysynyt kymmeniä vuosia ennallaan ja hevosten määrä on kasvanut 1960–70 lukujen taitteessa tapahtuneen voimakkaan pienenemisen jälkeen (kuva 12).

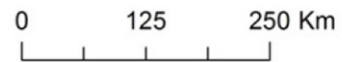


Kuva 8. Nurmen ja kesannon (ylin kuva), sokerijuurikkaan ja perunan (keskellä), sekä muiden viljelykasvien (alin kuva) pinta-alojen muutokset v. 1960–2013.

**Nurmien osuus peltopinta-alasta
2. jakotason valuma-alueilla**

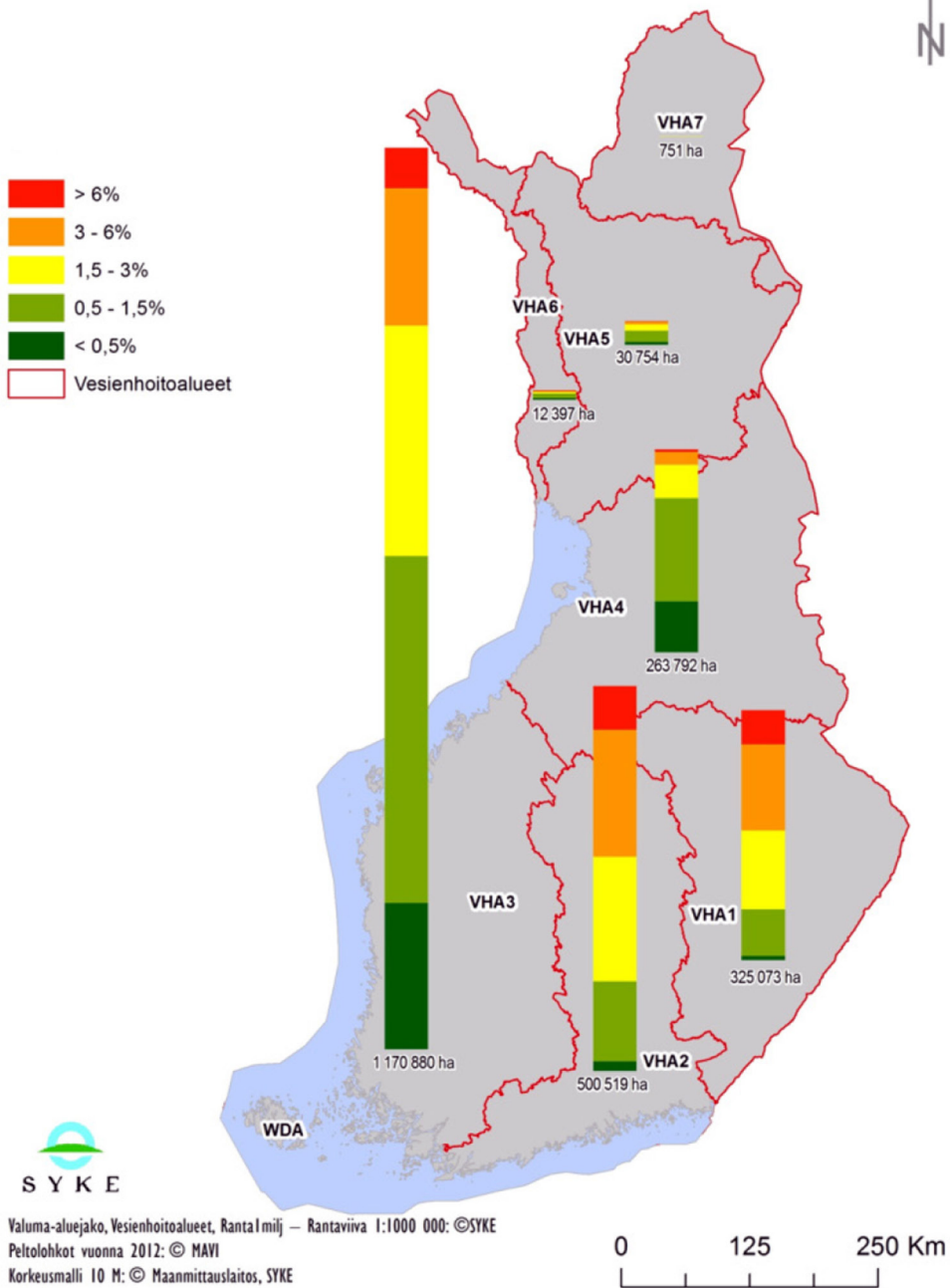


Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta1milij – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE
Peltolohkot vuonna 2012: © MAVI

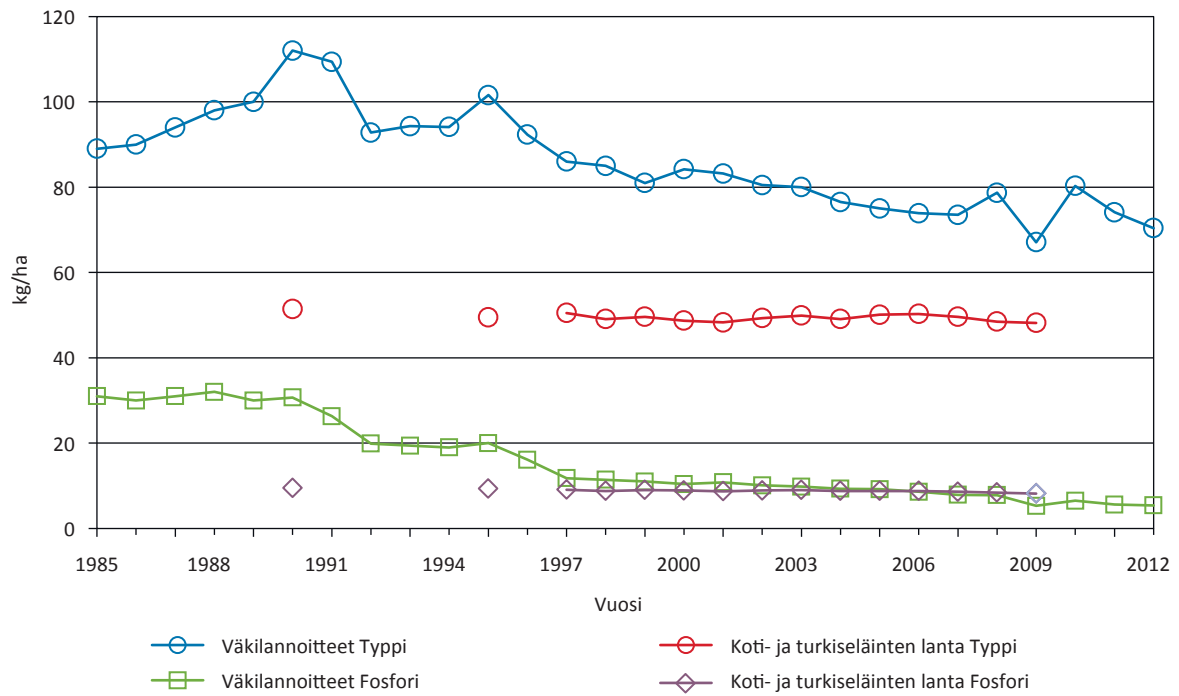


Kuva 9. Nurmien osuus peltopinta-alasta.

**Peltojen eri kaltevuusluokkien osuudet
Vesienhoitoalueiden pelto-alasta**

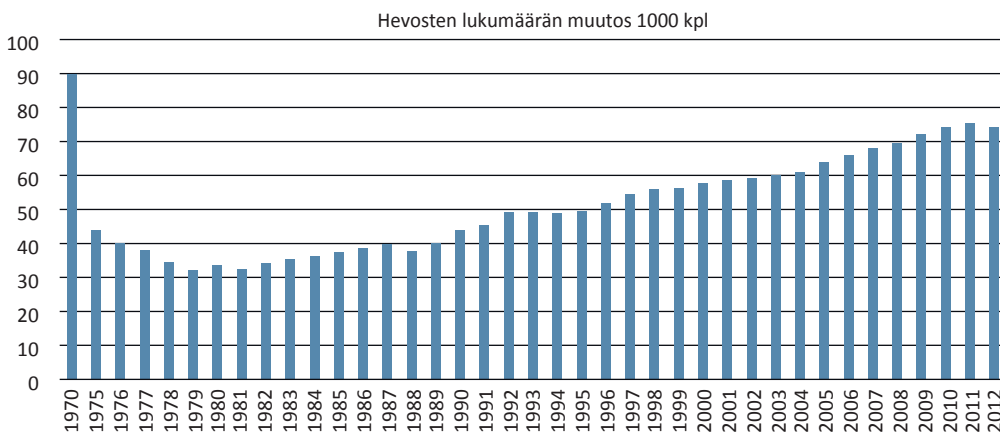
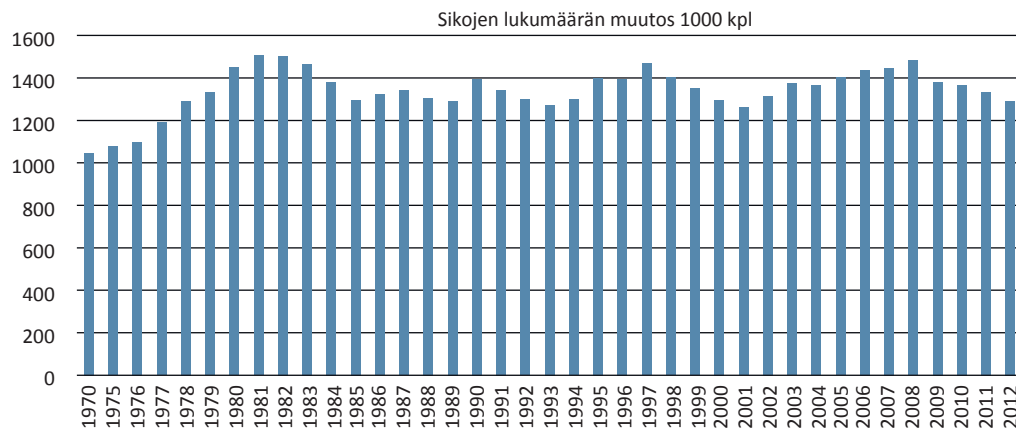
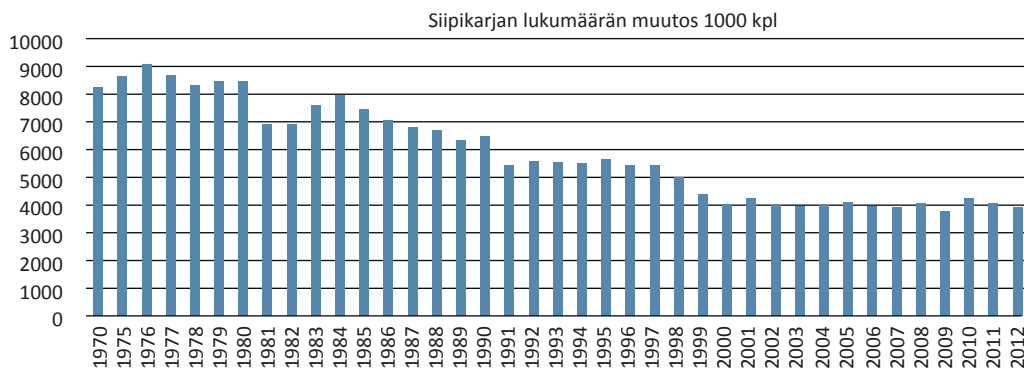
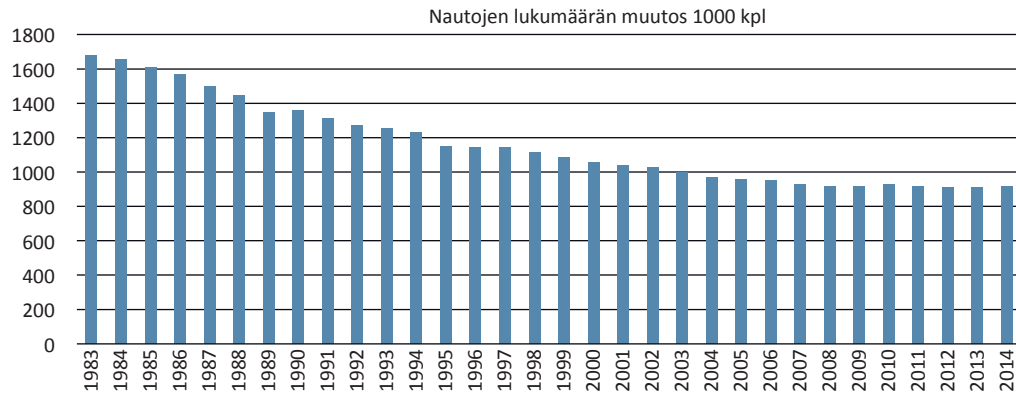


Kuva 10. Kaltevuusluokkien osuudet koko peltoalasta eri vesienhoitoalueilla.



Kuva II. Mineraalilannoitteiden myyntitilastoihin perustuva typen ja -fosforin käyttömäärät viljeltyä pellohehtaaria kohti v. 1982-2004. (Tietovakka 1982-1990, Maatilatilastollinen vuosikirja 1991-2012)

Kotieläintuotantoa jatkavien maatalojen yksikkökoot ovat kasvaneet samaan aikaan kun tilaluku ja eläinten kokonaismäärät ovat pienentyneet. Kotieläintuotannon alueellisessa keskittymisessä on kysymys siitä, että yksikkökoot vain ovat kasvaneet perinteisillä tuotantoalueilla. Keski-Pohjanmaan rannikon turkistuotanto on ehkä selkein esimerkki yksittäisen tuotantoalan voimakkaasta keskittymisestä.



Kuva 12. Kotieläinten lukumäärien muutoksia.

2.3 Haja-asutus

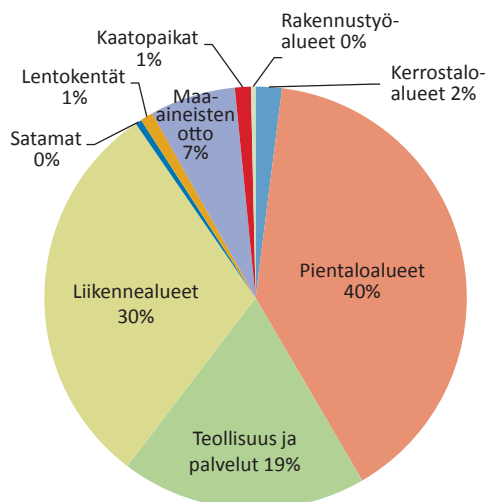
Viemäröinnin ulkopuolella asuvien asukkaiden määrästä ei ole olemassa tarkkaa tietoa, mutta haja-asukkaiden määrää on sen sijaan arvioitu yksittäisissä hankkeissa. Esimerkiksi vuonna 2004 haja-asukkaiden määrää arvioitiin Rakennus- ja huoneistorekisterin (www.vaestorekisterikeskus.fi > Väestötietojärjestelmä > Rakennustiedot) perusteella. Tilastoista ilmenee viemäriverkoston liittymättömien asukkaiden ja asuinhuoneistojen määrä haja-asutusalueilla ja taajamissa. Tieto on paikkaan sidottua, joten se on mahdollista yhdistää esim. 3. jakovaiheen vesistöalueiden rajaustietoon.

Haja-asutuksen piiriin kuului vuonna 2000 Suomen väestöstä noin 19 % eli noin 1 000 000 asukasta. Vapaa-ajan asuntojen määräksi arvioitiin silloin 460 000, joista noin 30 000 oli liittynyt viemäriverkoston. Uusimpien arvioiden perusteella haja-asutusalueilla ilman yleistä viemäröintiä asuu yli miljoona suomalaista ja vapaa-ajan asuntojen määräksi arvioidaan noin 370 000. Tämä luku poikkeaa kuitenkin Tilastokeskuksen vuonna 2013 esittämästä luvusta, jonka mukaan Suomessa olisi 500 400 kesämökkiä (http://www.stat.fi/til/rakke/2014/rakke_2014_2015-05-28_kat_001_fi.html). Haja-asukkaiden määrään sisältyy epävarmuutta, koska eri lähteistä saaduissa luvuissa on eroja. Käytännössä viemäröinnin ulkopuolella asuvien määrä tulee todennäköisesti laskemaan asukkaiden liittyessä yleiseen viemäröintiin.

2.4 Rakennetut alueet

Suomen asukastiheys on vain noin 18 as/km². Rakennettua maata on eniten Uudellamaalla, vajaa 14 % maapinta-alasta. Varsinais-Suomessa, Kymenlaaksossa, Hämeessä ja Satakunnassa rakennettua maata on yli 6 % maa-pinta-alasta. Vähiten rakennettua maata on Lapissa, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Rakennettua alaa (käsittäen asuinalueet, teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet, maa-ainesten ottoalueet sekä kaatopaikat, kuva 13) on Suomessa yhteensä v. 2012 Corine -maankäyttöaineiston perusteella 9 338 km². Maapinta-alalle suhteutettuna rakennettua alaa on eniten VHA 2:lla, jonka maa-alasta 6 % (2 544 km²) on rakennettua. VHA 3:n maa-alasta rakennettua on 5 % (3 320 km²) ja VHA 1:n 3 % (1 574 km²).

Rakennettua alaa ja sen muutosta on voitu seurata valtakunnan tasolla vasta vuodesta 2000 lähtien, jolloin julkaistiin ensimmäinen Corine - maankäyttöaineisto osana EU:n aikaansaamaa koko Euroopan laajuista maankäyttöaineistoa. Suomen aineiston rasterikoko vuosina 2000 ja 2006 oli 25 metriä, ja vuonna 2012 se tarkentui 20 metrin rasterikokoon. Aineiston tarkkuuden muutos sekä paikkatieto- ja kaukokartoitusme-



Kuva 13. Rakennetun alueen jakautuminen eri sektoreihin vuoden 2012 Corine-maankäyttöaineiston mukaan, kun virkistys- ja vapaa-ajan toiminta-alueita ei oteta huomioon.

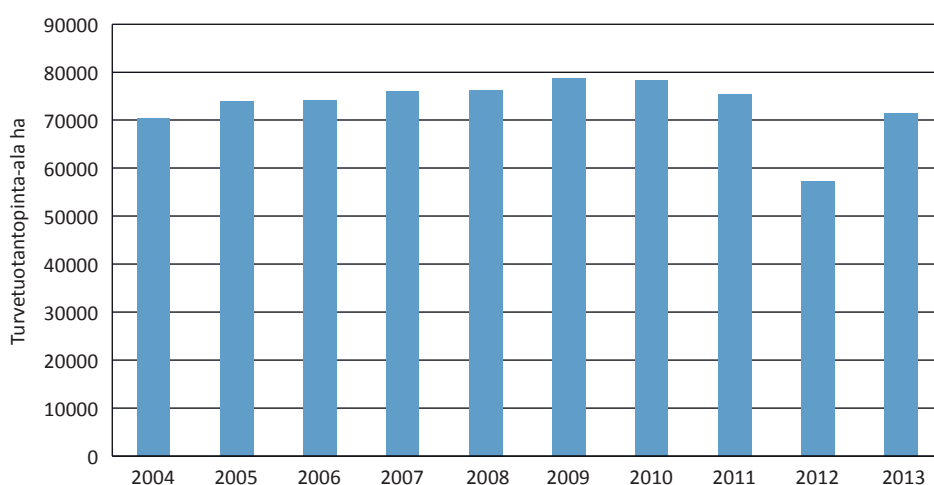
netelmien kehittyminen kuitenkin aiheuttavat sen, että aineistot eivät ole keskenään suoraan verrattavissa. Aineistoista pystyy silti selvittämään hetkellisiä tunnuslukuja sekä suhteellisia muutoksia eri alueilla. Rakennettu ala kasvoi vuodesta 2000 vuoteen 2006 suhteellisesti eniten vesienhoitoalue (VHA) 2:lla (2,6 %). Pienintä kasvu oli VHA 7:llä (1,7 %). Vuodesta 2006 vuoteen 2012 muutos oli suurinta VHA 5:lla (4,7 %) ja pienintä VHA 1:llä ja VHA 3:lla (2 %). Vuosina 2000–2006 rakennetun alueen eri luokista kasvoi eniten pientaloalueet, kun taas vuosina 2006–2012 eniten kasvua oli teollisuuden ja palveluiden pinta-alassa. Jos aineistosta jättää pois virkistys- ja vapaa-ajan toiminta-alueet, rakennetusta alasta v. 2012 aineiston perusteella 40 % oli pientaloalueita. Liikennealueet kattoivat rakennetusta alueesta 30 % ja teollisuus 19 %.

2.5 Turvemaat ja turvetuotantoalueet

GTK:n selvityksen mukaan (<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/turvemaat.html>, VMI Valtion metsien inventointi, Metsätilastollinen vuosikirja, Soidensuojeluohjelma 2013, Bioenergia ry, 2013, Myllys ym. 2012) Suomessa on 9,06 milj. ha turvemaita (noin 30 % maapinta-alasta). Näistä ojittamattomia on 31,7 %, metsätalouksmaita 51,7 %, suojelun piirissä 13,2 %, maatalouskäytössä 2,8 % ja turvetuotannossa 0,7 %. Turvemaita voidaan kartoittaa myös muista paikkatietoaineistosta: Corine 2012 -aineiston perusteella turvemaita luokitellaan kosteikot ja avoimet suot (luokka 4.1.1 ja 4.1.2) ja omina luokkinaan ovat turvemaita sijaitsevat eri metsätyypit (3.1.1.2 lehtimetsät, 3.1.2.2 havumetsät, 3.1.3.2 sekametsät, 3.2.4.3 harvapuustoiset alueet turvemaita). Corinessa ei ole omaa luokkaa maatalousalueilla olevista turvepelloista.

Myös Suomen maannostietokannan (Lilja ym. 2009) avulla voidaan kartoittaa turvemaita. Maannostietokannassa alueet, joissa maan pinnalla on yli 40 cm turvetta, luokitellaan Histosoleiksi eli orgaanisiksi maannoksiksi. Turvemaatalousmaat voidaan rajata mm. Corinen 2012 maatalousmaiden perusteella. GTK:n selvityksen mukaan turvemaiden osuus on laskenut v. 1955 tasosta 10,4 milj. ha vähitellen nykyiselle tasolle 9,06 milj. ha. Ojitettuja alueita oli 1955 0,8 milj. ha, vuonna 2005 4,92 milj. ha ja vuonna 2010 niiden määrä oli vähentynyt tasolle 4,76 milj. ha.

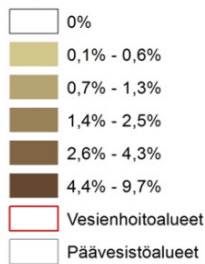
Turvetuotannon aiheuttamaa vesistökuormitusta on tallennettu VAHTI-tietojärjestelmään vuodesta 2004 lähtien. Sitä ennen turvetuotanto on yleensä laskettu osaksi hajakuormitusta. Turvetuotantoalat (kuva 14) ovat pysyneet melko samalla tasolla lukuun ottamatta vuotta 2012 jolloin tuotantoaloissa tapahtui selkeä hetkellinen lasku.



Kuva 14. Turvetuotannon pinta-alat v. 2004–2013 koko Suomessa VAHTI-tietojärjestelmän mukaan (hakuehto: tila aktiivinen, kunnostusvaiheessa + tuotannossa + tuotantokunnossa, mutta ei tuotannossa).

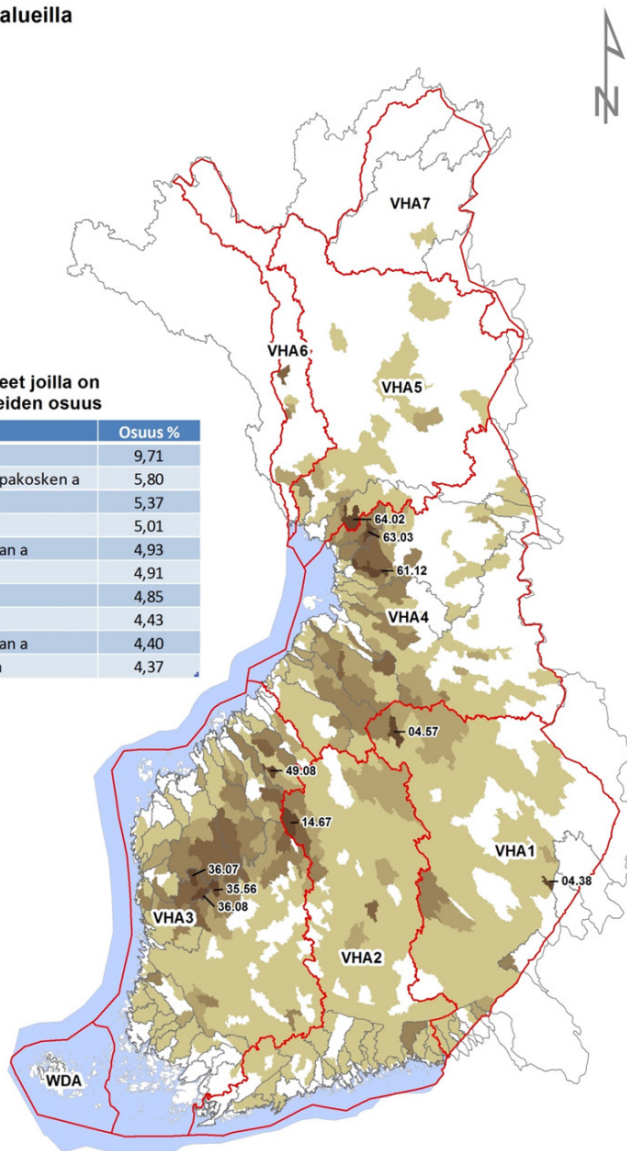
Suurimmillaan turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta on vesienhoitoalueilla VHA3 ja VHA4 (kuva 15). Kun tarkastellaan turvemaiden osuuksia maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla, suurimmat osuudet ovat Vuoksen Piimäjoen vesistöalueella (va-tunnus 4.38), Iijoen alueella (61.12), Kymijoen alueella (14.67) ja Karvianjoen vesistöalueella (36.07). Turvepeltojen osuudeksi koko maassa tulee 254 000 ha, eli noin 11 % koko peltoalasta. Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla on suurin Oulujoen VHA4:llä (katso kuva 5b). Kohtalaisen suuria ojitusosuuksia löytyy myös Tornionjoelta (VHA6) ja Vuoksen (VHA1) alueen pohjoisosasta.

Turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla



2. jakotason valuma-alueet joilla on suurin turvetuotantoalueiden osuus

Tunnus	Nimi	Osuus %
04.38	Piimäjoen va	9,71
61.12	Maalismaan - Haapakosken a	5,80
14.67	Vahankajoen va	5,37
36.07	Nummijoen va	5,01
49.08	Perhonjoen yläosan a	4,93
36.08	Suomijoen va	4,91
35.56	Kuivasjärven va	4,85
04.57	Luupujoen va	4,43
64.02	Simojoen keskiosan a	4,40
63.03	Kivijoen alaosan a	4,37



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta I mlij – Rantaviiva 1:1 000 000: ©SYKE
 Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Meda, MAVI, LIVI, VRK, MML Maastotietokanta 05/2012)

Kuva 15. Turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta.

3 Ominaiskuormituslukujen yleistettävyyden valtakunnan tasolla

Tässä luvussa tarkastellaan käytettävissä olevia vesistöihin tulevan typen, fosforin, kiintoaineen ja orgaanisen aineen kuormittajakohtaisia ominaiskuormituslukuja, kuormituksen vaihtelua, epävarmuutta ja kuormituslukujen käytettävyyttä. Mitattujen seurannan aikasarjojen ja muun empiirisen tiedon karttuessa myös ominaiskuormitusluvut tarkentuvat. Ominaiskuormitusluvut ovat yksi keskeinen osa ihmisen aiheuttaman kokonaiskuormituksen ja kuormittajakohorttien osuuksien arviointia. Tässä luvussa tarkastellaan myös ns. luonnonhuuhtoumaa, joka on alkuperäinen luonnollinen osa valuma-alueiden ravinnevirtoja. Luonnonhuuhtoumasta usein käytetään myös termiä taustakuormitus, jolloin siihen ajatellaan sisältyvän valuma-alueille laskeutuvaa tulevan ravinnekuorman. Huomattava on myös se, että laskeumaa tulee myös suoraan vesistöihin.

Taulukkoon 2 on koottu tietoa eri haja- ja pistekuormituslähteiden kuormitusluvuista. Tiedot on koottu SYKEN VAHTI-tietojärjestelmästä, KUSTAA-työkalun (Launiainen ym. 2014) avulla sekä eri kirjallisuuslähteistä. Niiden kuormituslähteiden, joiden kuormitus vaihtelee hydrologisten olosuhteiden mukaan (hajakuormitus pl. haja-asutus), luvut ovat useamman vuoden keskiarvoja. Hydrologiasta riippumattomien kuormituslähteiden (pistemäinen kuormitus + haja-asutus) luvut vastaavat nykytilannetta (2010-luku). Tarkempia vaihteluvälejä sekä eri kuormituslähteiden sisäistä vaihtelua kuvaavia tunnuslukuja on esitetty liitteessä 1. Orgaanisen aineksen kuormituksesta ei ole koottu tietoa systemaattisesti vastaavalla kattavuudella kuin ravinteiden ja kiintoaineen kuormituksesta, joten tässä esitettyjen, pelkästään kirjallisuustietoon perustuvien orgaanisen aineksen kuormituslukujen epävarmuus on suurempaa.

On myös huomattava, että kuormituksen vuosivaihtelu perustuu suurelta osin hydrologiseen vaihteluun. Ihmisperäisen kuormituksen (maatalous, metsätalous, turvetuotanto ym.) pitkäaikaiset muutokset johtuvat taas valunnan pitoisuuksien muutoksesta. Toisin sanoen, vuosittain muuttuvat kuormitusluvut ovat hydrologiaperusteisia, kun taas pitkän ajan muutokset kuormitusluvuissa johtuvat ihmistoiminnan muutoksista. Tässä yhteydessä esitettävät pitkänajan keskimääräiset kuormitusluvut kuvaavat riittävässä määrin eri lähteiden suhteellisia kuormitusosuuksia.

3.1 Metsätalous

Metsätalouden kuormitus syntyy metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamasta valunnan ja eroosion lisääntymisestä sekä ravinteidenoton vähentymisestä, aiheuttaen ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoutumista pintavesiin. Vuosina 1996–2012 uudistus- eli päätehakkuita tehtiin keskimäärin 165 250 ha:lla, kunnostusojituksia 70 368 ha:lla ja lannoitusta 29 179 ha:lla eli yhteensä metsätaloustoimenpiteitä tehtiin 264 797 ha:lla. Toimenpidepinta-alat ovat jossain määrin päällekkäisiä. Vesistökuormitusta aiheuttavat metsätaloustoimenpiteet ovat metsänuudistamishakkuut, lannoitus ja kunnostusojitus (vrt. kappale 2.1). Metsätalouden ominaiskuormitusluvut edustavat tilannetta, jossa vesiensuojelusta on huolehdittu asianmukaisin menetelmin (suoja- vyöhykkeet, kaivukatkot, lietekuopat ja laskeutusaltaat, pintavalutuskentät) (Joensuu ym. 2012). Metsätaloustoimenpiteen aiheuttama vesistökuormitus on suurinta heti

ensimmäisinä vuosina toimenpiteen jälkeen ja pienenee ajan kuluessa. Toimenpiteestä riippuen kuormituksen on havaittu kestävän kahdesta (kivennäismaiden typpilannoitus) kymmeneen (metsänuudistaminen ja kunnostusojitus) vuotta. KUSTAA-työkalussa käytetään keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja kuormituksen kestoajalta.

Taulukossa 2a metsätalouden ominaiskuormitusluvut ($\text{kg}/\text{ha}^{-1} \text{v}^{-1}$) perustuvat keskimääräisiin vuosittain tehtäviin toimenpiteisiin ja toimenpiteiden koko vaikutusjaksoon so. vaikutusajat taulukossa 2b. Metsätalouden ominaiskuormitusluvut ovat näin verrattavissa mm. maatalouden ominaiskuormituslukuihin. Metsätaloudessa toimenpiteiden vaikutusten lakattua, ne ovat palautuneet lähtötilanteeseen ja alueita tulee ainoastaan ns. luonnonkuormituksen verran ravinnekuormitusta (taulukko 2a).

Metsätalouden toimenpiteistä aiheutuvaa orgaanisen aineksen huuhtoutumaa on seurattu vähemmän. Ruotsissa Schelker ym. (2012) havaitsivat avohakkuiden kasvattaneen liunneen orgaanisen hiilen (DOC) kuormituksen jopa kolminkertaiseksi. Myös Lundinin (1999) ja Niemisen (2004) tutkimusten mukaan avohakkuut kasvattavat merkittävästi DOC-kuormitusta. Suomessa päätehakkuut aiheuttavat Lepistön ym. (2014) mukaan 33 %:n TOC-kuormituksen kasvun tasolle $77 \text{ kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$.

3.2 Maatalous

Maatalouden vesistökuormitus aiheutuu peltoviljelystä ja kotieläintaloudesta. Kivennäismaiden pelloilta tuleva kiintoainekuormitus vaihtelee välillä $50\text{--}5\,000 \text{ kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$, kokonaistypen kuormitus välillä $6\text{--}22 \text{ kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$ ja kokonaisfosforin kuormitus välillä $0,5\text{--}2,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$ (Tattari & Linjama 2004, Väisänen & Puustinen 2010). Tätäkin suurempaa kuormituksen vaihtelua on todettu yksittäisinä poikkeuksellisinä vuosina. Turvemailla on havaittu kivennäismaita huomattavasti suurempia typen huuhtoumia, jopa $38 \text{ kg typpeä hehtaarilta vuodessa}$ (Huhta & Jaakkola 1993). Suurin osa peltojen eroosiosta ja ravinnehuuhtoumista muodostuu kasvukauden ulkopuolella syyssateiden ja lumen sulamisen aiheuttamien suurten valumahuippujen aikoina. Siten erityisesti syksyllä tehtävä muokkaus (kyntö, äestys, kultivointi) tai vaihtoehtoisesti pellon pitäminen ympärivuotisesti kasvipeitteisenä ratkaisevat, kuinka paljon eroosiota ja kiintoaineksen mukana kulkeutuvaa ravinnekuormitusta tapahtuu. Vuosikuormituksen tasoon vaikuttaa lisäksi myös pellon kaltevuus, maalaji ja vesitalous (salaojituksen toimivuus ym.). Maatalouden aiheuttamalle vesistökuormitukselle on tyypillistä huomattavan suuri sää- ja hydrologisista tekijöistä johtuva vuosivaihtelu. Maatalouden vesistökuormitusta on pyritty alentamaan aktiivisesti 1990-luvulta lähtien mm. erilaisten ympäristötukijärjestelmien avulla (Aakkula ym. 2010).

Orgaaninen aines ylläpitää viljelymaan kasvukuntoa ja parantaa maan rakennetta, vähentää tiivistymis- ja eroosioriskiä sekä parantaa maan kykyä pidättää vettä ja ravinteita. Lisäksi orgaanisen aineksen hajotustoiminta ylläpitää luontaista ravinteiden kiertoa. Orgaanisen aineksen vähentyminen viljelyalueilta on yksi EU:n tasolla todetuista maaperän tilaan liittyvistä uhkista. Ongelma on havaittu myös Suomessa, jossa kivennäismailla maatalousmaan orgaanisen hiilen varaston on havaittu pienenevän (TOC) $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$ (Heikkinen ym. 2013). Koko valtakunnan tasolla tämä tarkoittaa orgaanisten maalajit mukaan lukien maatalousmaan hiilivaraston (TOC) pienenemistä $484\,000$ tonnia vuodessa. Kysymykset siitä, miten ja minne orgaaninen hiili peltojen pintakerroksesta joutuu, on parhaillaan tutkittavana. Alustavien tulosten mukaan peltovarastosta lähtevästä orgaanisesta hiilestä poistuisi eri koealoilla $6\text{--}14 \%$ veden kuljettamana liukoisena orgaanisena hiilenä (DOC), tuntematon osa kiintoaineksen orgaanisena hiilenä ja kaasuna ilmaan (Manninen ym. 2015). Alustavien arvioiden mukaan Viljely- ja pellonmuokkaustoimenpiteillä olisi pyrittävä ehkäisemään hiilen vähentymistä maaperästä ja edistämään orgaanisen aineksen kertymistä maahan.

3.3 Luonnonhuuhtouma

Luonnonalaisilta maa-alueilta vesistöihin kulkeutuvia ainevirtoja ja tästä aiheutuvaa vesistökuormitusta kutsutaan luonnonhuuhtoumaksi. Sitä on Suomessa selvitetty 21 pienellä luonnonalaisella valuma-alueella (Mattsson ym. 2003, Kortelainen ym. 2006). Mattssonin ym. (2003) vuosien 1997–1999 aineiston perusteella keskimääräinen kiintoaineen huuhtouma luonnonalaisilta alueilta on $5,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ (vaihteluväli $0,92\text{--}48 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$). Typen ja fosforin huuhtoumat ovat puolestaan keskimäärin $1,3$ ja $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ (vaihteluvälit $0,29\text{--}2,3$ ja $0,02\text{--}0,15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$). Orgaanisen kokonaishiilen (TOC) huuhtouma oli keskimäärin $62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ (vaihteluväli $30\text{--}100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$). Vuotuinen valunta oli keskimäärin 310 mm (vaihteluväli $210\text{--}530 \text{ mm}$), mikä Mattssonin ym. (2003) mukaan on lähellä pitkänajan keskiarvoa. Lepistö ym. (2014) raportoivat pohjoisen, valtaosin lähes luonnonalaisen Simojoen valuma-alueen orgaanisen kokonaishiilen (TOC) ainevirtaamaksi vuosina 2001–2008 $17\,000 \text{ t}$ vuodessa, mikä vastaa $58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. Ongelmana luonnonhuuhtouma-estimaatissa on lyhyt tarkastelujakso 1997–1999, koska jakson hydrologiset olot vaikuttavat suoraan ominaiskuormituslukuun, jota tässä tapauksessa yleistetään koko valtakunnan tasolle.

3.4 Laskeuma

Ilmasta tuleva kuiva- ja märkälasseuma vaikuttaa myös valuma-alueen typpi- ja fosforitaseeseen. Sadeveden laatua ja sadeveden mukana tulevan laskeuman määrää seurataan SYKEN ylläpitämän valtakunnallisen seurantaverkon avulla (Vuorenmaa 2004). Mittausasemat on sijoitettu pääosin haja-asutusalueille, joilla ei ole merkittäviä ilman epäpuhtauksien paikallisia päästölähteitä. Vesistöön suoraan kohdistuva laskeuma huomioidaan KUSTAA-työkalussa. Sen sijaan maa-alueille kohdistuvan laskeuman mukanaan tuomien ravinteiden katsotaan sisältyvän taustakuormaan. Suomessa typen oksidien päästöt ilmaan ovat vähentyneet viimeisten 20 vuoden kuluessa vuoden 1990 $290\,000$ tonnista vuoden 2010 $170\,000$ tonniin. Sen sijaan vuotuiset ammoniumpäästöt ovat pysyneet samalla ajanjaksolla suurin piirtein samalla tasolla eli noin $35\,000\text{--}40\,000$ tonnissa (www.ymparisto.fi). Suomessa typpilaskeuma vaihtelee $1\text{--}6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ siten, että laskeuma on korkein eteläisimmässä Suomessa ja pienin Pohjois-Lapissa.

3.5 Haja-asutus

Haja-asutuksen jätevesien puhdistustilanne ei ole yhtä hyvä kuin taajamajätevesien. Arviolta yli $300\,000$ kiinteistöä on viemäriverkoston ulkopuolella. Vuonna 2011 voimaan tulleen jätevesiasetuksen (209/2011) mukaan tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta myös näiden kiinteistöjen jätevedet on käsiteltävä niin, että kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet laskevat. Haja-asutusalueella olevien vakinaisten asuntojen tuottamat jätevedet vastaavat yleensä laadultaan ja asukaskohtaiselta määrältään taajamien asuntoja. Sen sijaan loma-asumisesta aiheutuvassa kuormituksessa on paljon vaihtelua, sillä asuntojen varustelutaso ja vedenkäyttö vaihtelevat vakinaisia asuntoja enemmän. Suurin osa huviloilta tulevasta jätevedestä on pesutiloista ja saunoista tulevia ns. harmaita jätevesiä, jotka eivät vähäisestä ravinne- ja kiintoainepitoisuudestaan johtuen vaikuta yhtä haitallisesti vesistöihin kuin vesikäymälöiden jätevedet. Myös huvilan etäisyydellä rannasta on merkitystä vesistökuormituksen määrään. KUSTAA-työkalussa käytettävät haja-asutuksen ominaiskuormitusluvut perustuvat Ronnun ja Santalan (1995) esittämiin puhdistamattomien ja puhdistettujen jätevesien lukuihin.

3.6 Hulevedet

Asutuksen ohella vesistökuormitusta syntyy myös rakennetulta maa-alueelta sade- ja lumensulamisedestä muodostuvien hulevesien kulkeutuessa vesistöihin. Hulevedet johdetaan yleensä kohdealueelta sadevesiviemärien ja/tai pintaajien avulla, mutta vain pieni osa hulevesistä puhdistetaan. Rakennettua maata (talot, tiet, kadut, pihat, varasto- ja pysäköintialueet ym.) oli Suomessa v. 2011 n. 4,4 % maapinta-alasta (Ympäristötilasto 2013) ja osuus on jatkuvassa kasvussa. Taulukkoa 2 varten arvioitiin Corine-maankäyttötietokannan perusteella hulevesiä tuottavaksi pinta-alaksi 2,3 % maa-alasta (0,69 milj, ha).

Rakennetuilta alueilta huuhtoutuva typpi ja fosfori ovat lähtöisin jätteistä, eläinten jätöksistä, laskeumasta sekä maaperän hajoavasta orgaanisesta aineksesta. Lisäksi ravinteita päätyy pintavesiin viemärien vuodoista ja jätesäiliöistä. Hulevesien kiintoainepitoisuudet ovat selvästi taustakuormaa suurempia, sillä rakennetuilta maa-alueilta tulevat virtaamat ovat suurempia ja virtaamavaihtelut voimakkaampia kuin luonnonympäristöistä pienemmän suotautumiskapasiteetin, vähäisemmän haihdunnan ja maan heikomman veden- ja aineiden pidätyskyvyn johdosta (Kotola & Nurminen 2003). KUSTAA:n ominaiskuormitusluvut hulevesille (Liite 1) perustuvat keskiarvoon Kotolan & Nurminen (2003) sekä Peltola-Thiesin (2005) raportoimista luvuista, jotka on koottu tapaustutkimuksista erilaisilta rakennetuilta mailta. Liitteen 1 luvut ovat hieman korkeampia kuin taulukossa 2 esitetyt, uusimman suomalaisen tutkimuksen (Valtanan 2015) sisältämät arviot. Koska aineistoissa on edustettuina useita tyypillisiä rakennettuja alueita, on oletettavaa että niiden avulla kuormituksen suuruusluokka voidaan arvioida kohtuullisen hyvin vaikka paikallinen vaihtelu voi olla suurta. Vaihteluväliksi oletetaan em. tutkimuksissa havaittu erityyppisten rakennettujen maiden kuormituksen vaihteluväli.

3.7 Turvetuotanto

Turvetuotantoalueilta valuva vesi on yleensä ravinteikkaampaa, tummempaa ja sisältää enemmän liuennutta orgaanista kiintoainetta kuin luonnontilaisilta soilta purkautuva valumavesi (Kløve ym. 2013). Siten turvetuotanto voi aiheuttaa paikallisesti merkittävää vesistökuormitusta, vaikka tuotannossa oleva pinta-ala ja kuormitus ovatkin koko valtakunnan tasolla maa- ja metsätalouteen verrattuna vähäiset. Turvetuotannon vesistökuormituksen suuruuteen vaikuttavat tuotantosoiden turpeen ominaisuudet, ilmastotekijät, kuivatusojien syvyys ja kaltevuus sekä soilla tehtävät tuotantotoimet ja toteutetut vesiensuojelurakenteet (Kløve ym. 2013). Keskeisiä syitä turvetuotantoalueiden kiintoaine- ja ravinnekuormituksen synnylle ovat ojituksen, kasvipeitteen poiston ja suon kuivatuksen seurauksena lisääntyvä ja äärevöityvä valunta, sekä kuivatusojista ja turpeen korjuusta aiheutuva hienon orgaanisen aineen eroosio, sen nopeutuva hajoaminen ja kulkeutuminen vesistöihin.

Kemiallisella hapenkulutuksella (COD) mitattuna luonnontilaisilta suoalueilta on arvioitu huuhtoutuvan orgaanista ainesta keskimäärin $73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ja turvetuotantoalueilta tähän verrattuna lähes kolminkertaisesti; $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ (Leskelä ym. 2010). Verrattuna metsäojitettuihin suoalueisiin, joille turvetuotanto on pääosin sijoitettu, ero olisi kuitenkin pienempi. Pöyryn (2014) tekemässä ominaiskuormitus selvityksessä COD:n luonnonhuuhtoumaksi on arvioitu $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ja turvetuotantoalueelta lähteväksi COD-kuormitukseksi veloitettarkkailuaineiston perusteella $183 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ silloin, kun käytössä on ympärivuotinen pintavalutus kenttä. Vanhan metsäojitusalueen COD-kuormitus on Pöyryn (2014) selvityksen mukaan $139 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. Koko valtakunnan tasolla turvetuotantoalueilta huuhtoutuu 9 500 tonnia orgaanista hiiltä (TOC) vuodessa. Orgaanisen aineksen (erityisesti humuksen) poistaminen turve-

tuotannon valumavesistä on haasteellisempaa kuin teollisuuden jätevesistä. Esim. Kløve ym. (2012) totesivat raportissaan, että normaalisti ravinteidenpoistossa hyvin toimivilla kosteikoilla ei turvetuotantoalueilla ole juurikaan vaikutusta valumavesien humuspitoisuuksiin.

3.8 Yhdyskunnat

Yhdyskuntajätevesien aiheuttamaksi kuormitukseksi katsotaan jätevedenpuhdistamoilla käsiteltyjen jätevesien johtaminen vesistöihin. Tulvatilanteiden aikaisissa poikkeustapauksissa voidaan joskus joutua myös ohijuoksuttamaan käsittelemättömiä jätevesiä suoraan vesistöön. Koska tämänkaltaisen kuormitus tulee kultakin puhdistamolta yhdestä selkeästi määritetystä pisteestä, se luokitellaan pistekuormitukseksi erotuksena edellä kuvattuihin hajakuormituslähteisiin. KUSTAA-työkalussa käytetyt ominaiskuormitusluvut perustuvat ympäristöhallinnon OIVA -tietokannan tietoihin jätevesipuhdistamojen päästöistä. Nykyisillä puhdistusmenetelmillä voidaan jäteveden fosforista ja kiintoaineesta ottaa talteen yli 90 %, mutta tyyppistä vain noin puolet (VAHTI tietojärjestelmä <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>).

3.9 Teollisuus, kalankasvatus ja turkistarhaus

Pistekuormitusta syntyy myös mm. teollisuuslaitosten, kalanviljelylaitosten ja turkistarhauksen suorista, viemäriverkostoon johtamattomista päästöistä. Teollisuudessa eniten kuormitusta syntyy prosesseissa, joissa ei ole suljettua vedenkiertoa. Merkittäväntä teollisuuden vesistökuormitusta aiheuttaa Suomessa massan- ja paperintuotanto, joskin sen aiheuttama kuormitus on merkittävästi vähentynyt viimeisen 30 vuoden aikana (Ojanen 2008). KUSTAA-työkalun ominaiskuormitusluvut sellun ja paperin valmistukselle perustuvat SYKEN ja Ikosen (2012) raporttoimiin keskimääräisiin kuormituslukuihin tuotantoyksikköä kohti. Muista teollisuudenaloista merkittävää kuormitusta voivat aiheuttaa mm. lannoitteiden valmistus ja kaivosteollisuus. Näiden aiheuttama kuormitus vaihtelee tapauskohtaisesti. Kalanviljelylaitosten ja turkistarhojen vesistökuormitus aiheutuu pääasiassa kalojen tai turkiseläinten jätöksistä ja syömättä jääneestä rehusta. Eniten merkitystä on rannikoilla olevilla kalanviljelylaitoksilla, jotka vaikuttavat lähiympäristön merialueiden vedenlaatuun. Turkistarhoilla on vaikutusta lähinnä Pohjanmaan rannikolla. KUSTAA-työkalussa käytetyt kalanviljelyn tyyppien ja fosforin ominaiskuormitusluvut perustuvat SYKEN keräämiin tietoihin ja turkistarhauksen vastaavat luvut Nyroosin ym. (2006) esittämiin lukuihin.

Teollisuuden ja yhdyskuntien aiheuttamaa orgaanisen aineen kuormitusta kuvataan VAHTI-tietokannassa biologisella hapenkulutuksella (BOD7). Teollisuuden (lähinnä sellun ja paperin tuotanto) aiheuttama BOD7-kuormitus on ollut viime vuosina alle 10 000 tonnia vuodessa (vastaa 26 000 tonnia TOC), mikä on tehokkaiden vesiensuojeluinvestointien ansiosta vain murto-osa 1970-luvun tasosta (yli 300 000 tonnia vuodessa BOD7). Myös yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilta tuleva kuormitus on laskenut 1970-luvun tasolta 30 000–40 000 tonnia BOD7 vuodessa tasolle 3 000–4 000 tonnia BOD7 vuodessa 2000-luvulla (vastaa 8 600–11 000 tonnia TOC).

Taulukko 2a. Kiintoaineen, kokonaisravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormitus eri lähteistä. Lähdekohtainen fosforin ja typen kuormitusosuus on laskettavissa taulukkoarvojen perusteella joko ihmisperäisenä kuormituksena tai kokonaisainevirtaamana.

	Pinta-ala	Kiintoaine		Kokonaisfosfori		Kokonaistyyppi		TOC	
	Milj. ha	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	1000 kg/v	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	1000 kg/v	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	1000 kg/v	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	1000 kg/v
Hajakuormitus									
Luonnonhuuhtouma ¹	30,4	5,1	155 000	0,05	1 500	1,3	39 500	62 ⁽⁷⁾	1 885 000 ⁽⁷⁾
Metsätalous ²	Ks. taul. 2b	97	71 000	0,05	130	0,6	1 600		
Maatalous ³	2,2	610 ⁴⁾	1 340 000	1,10	2 400	15,0	33 000	220 ⁽⁸⁾	484 000 ⁽⁸⁾
Laskeuma veteen ¹	3,5			0,10	350	3,0	10 500		
Haja-asutus ⁵	1,07**	5,2***	5 600	0,37***	400	2,5***	2 700		
Hulevedet ⁶	0,69	297	205 000	0,39	270	4,7	3 200		
Pistemäinen kuormitus									
Yhdyskuntajätevedet ⁵					160		10 900		9 800
Teollisuus ⁵			15 400		170		3 700		26 000
Kalanviljelylaitokset ⁵					90		780		
Turkistarhaus ⁵					45		430		
Turvetuotanto ⁵	0,065	53	3 400	0,30	20	8,1	524	146 ⁽⁹⁾	9 500 ⁽⁹⁾
Yhteensä					5 535		106 834		

Lähteet:

- ¹⁾ KUSTAA-työkalu (Launiainen ym. (2014))
²⁾ Finér ym. (2010)
³⁾ Vuorenmaa ym. (2002)
⁴⁾ Puustinen ym. (2010)
⁵⁾ VAHTI-tietojärjestelmä,

- ⁶⁾ Kotola & Nurminen (2003) ja Valtanen (2015).
⁷⁾ Mattsson ym. (2003)
⁸⁾ Heikkinen ym. (2013)
⁹⁾ Pöyry (2014)

Taulukko 2b. Metsätalouden kuormitus osoitettuna eri metsätaloustoimenpiteille. Toimenpidepinta-ala on esitetty sekä vuosittain että koko vaikutusaloittain. Maksimi on toimenpiteen toteutuksesta ensimmäisen ja minimi viimeisen vaikutusvuoden hehtaarikohtainen kuormitus.

	Toimenpideala 1 000 ha	Vaikutusala 1 000 ha	Typpi				Fosfori				Kiintoaine			
			yht. 1 000 kg v ⁻¹	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	min	max	yht. 1 000 kg v ⁻¹	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	min	max	yht	kg ha ⁻¹ v ⁻¹	min	max
Metsänuudistus														
Kivennäismaat	159	1 592	800	0,5	0,007	0,95	40	0,02	0,006	0,056				
Turvemaat	18	182	471	2,6	0,007	4,3	12	0,06	0,01	0,1				
Lannoitus														
Kivennäismaat	19	37	280	7,5	3	12	–	–	–	–				
Turvemaat	5	26	–	–	–	–	7	0,27	0,27	0,27				
Kunnostus- ojitus	77	766	–	–	–	–	75	0,097	0,007	0,42	74 515	97	7	420
Yhteensä	278	2 604	1 552	0,6			133	0,05			74 515	97		

Täsmennyksiä taulukkoon 2

Metsätalous

- KUSTAA perustuu moniin kirjallisuusviitteisiin Suomessa ja Ruotsissa tehdyistä kenttäkokeista/seurannoista, joissa tutkimusalueiden määrä on vaihdellut yhdestä kymmeneen ja havaintojaksot muutamasta vuodesta useisiin kymmeneen vuosiin

Maatalous

- Vuorenmaa ym. (2002), pienet valuma-alueet, tarkastelujakso 1981–1995, n=4
- Puustinen ym. (2010), VIHMA-koekentät, aineisto koottu 1980-luvulta vuoteen 2002, n = 7 koekenttää, lohkoja enemmän.

Taustakuormitus

- Mattsson ym. (2003), tarkastelujakso 1997–1999, n=21 pientä luonnontilaista aluetta

Laskeuma

- Vuorenmaa (2004), tarkastelujakso 1973–2000, n=19

Hulevedet

- Kotola & Nurminen (2003), 1 vuoden pituinen jakso 2001–2002, n=3
- Melanen (1981), 3 vuoden pituista jaksoa 1977–1979, n=6
- Valtanen (2015), 2 vuoden pituista jaksoa 2008–2010, n=3 (tämä ei sisälly KUSTAAseen)

4 Vesistöjen kokonaiskuormitus – vähentämismahdollisuudet ja riskit kuormituksen kasvuun

Tässä luvussa tarkastellaan vesistöihin tulevan kuormituksen suuruusluokkaa ja kasvuriskejä lähteittäin sekä eri lähteistä tulevan kuormituksen ominaispiirteitä. Esim. hajakuormitus poikkeaa luonteeltaan pistemäisestä kuormituksesta. Kuormituksen hallinta kuitenkin edellyttää kuormittajakohtaisia toimenpiteitä, joiden vertailuissa yhteismitallisuus on välttämätöntä kustannustehokkaiden toimenpiteiden osoittamiseksi.

4.1 Kuormituksen jakautuminen lähteittäin

Alla olevat kokonaisfosforin ja -typen piirakkakuvat (kuvat 16 ja 17) perustuvat useisiin eri tietolähteisiin. Uuden vesienhoitosuunnitelman (v. 2012) pistekuormitustiedot saatiin ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI) vuosina 2006–2012. Hajakuormituksen kokonaisfosfori- (P) ja kokonaistypikuormitusta (N) koskevat tiedot on saatu Suomen ympäristökeskuksessa kehitetystä WSFS42 VEMALA-vesistömallijärjestelmästä (V1-versio; Huttunen ym. 2015). Pelloilta aiheutuva kuormitusta on järjestelmässä kehitetty eniten. Kuormituksen suuruutta on pyritty arvioimaan VIHMA- (Puustinen ym. 2010) ja ICECREAM-malleilla (Tattari ym. 2001, Bärlund ym. 2009), jotka arvioivat ravinnekuormitusta ottaen huomioon muun muassa sadannan/valunnan, pellon maalajin, kaltevuuden, viljeltävän kasvin, pellon fosforiluvun ja viljelykäytännöt. Metsätaloudesta ja luonnonhuuhtoumasta tulevan kuormituksen arvioimiseen on hyödynnetty ensimmäisellä vesienhoidon kaudella käytettyä VEPS-tietojärjestelmää (Tattari & Linjama 2004). Tämän lisäksi metsätalouden kuormitusarvioita on korjattu saatujen vesistöhavaintojen perusteella.

WSFS-VEMALA hyödyntää VEPS-järjestelmän mitattuja päivitystietoja laskeumasta (märkä- ja kuivalaskeuma) sekä arvioitua hulevesikuormitusta. Suoraan vesistöihin tuleva laskeuma sisältyy osaksi aineiden luonnollista kiertokulkua, osa laskeumasta on taas ihmisen aikaan saamaa. Haja-asutuksesta tuleva kuormitusarvio perustuu Väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistorekisteristä (www.vaestorekisterikeskus.fi > Väestötietojärjestelmä > Rakennustiedot) saatavaan tietokantaan sekä asukkaan tai loma-asunnon keskimääräiseen ominaiskuormitukseen. Kuvissa 16 ja 17 on esitetty kokonaistypen- ja fosforin jako eri kuormituslähteisiin vesienhoitoalueittain. Kuvien piirakoissa on mukana myös laskeuma järveen, vaikka osa laskeuman ravinnekuormasta onkin peräisin ravinteiden luonnollisesta kierrosta.

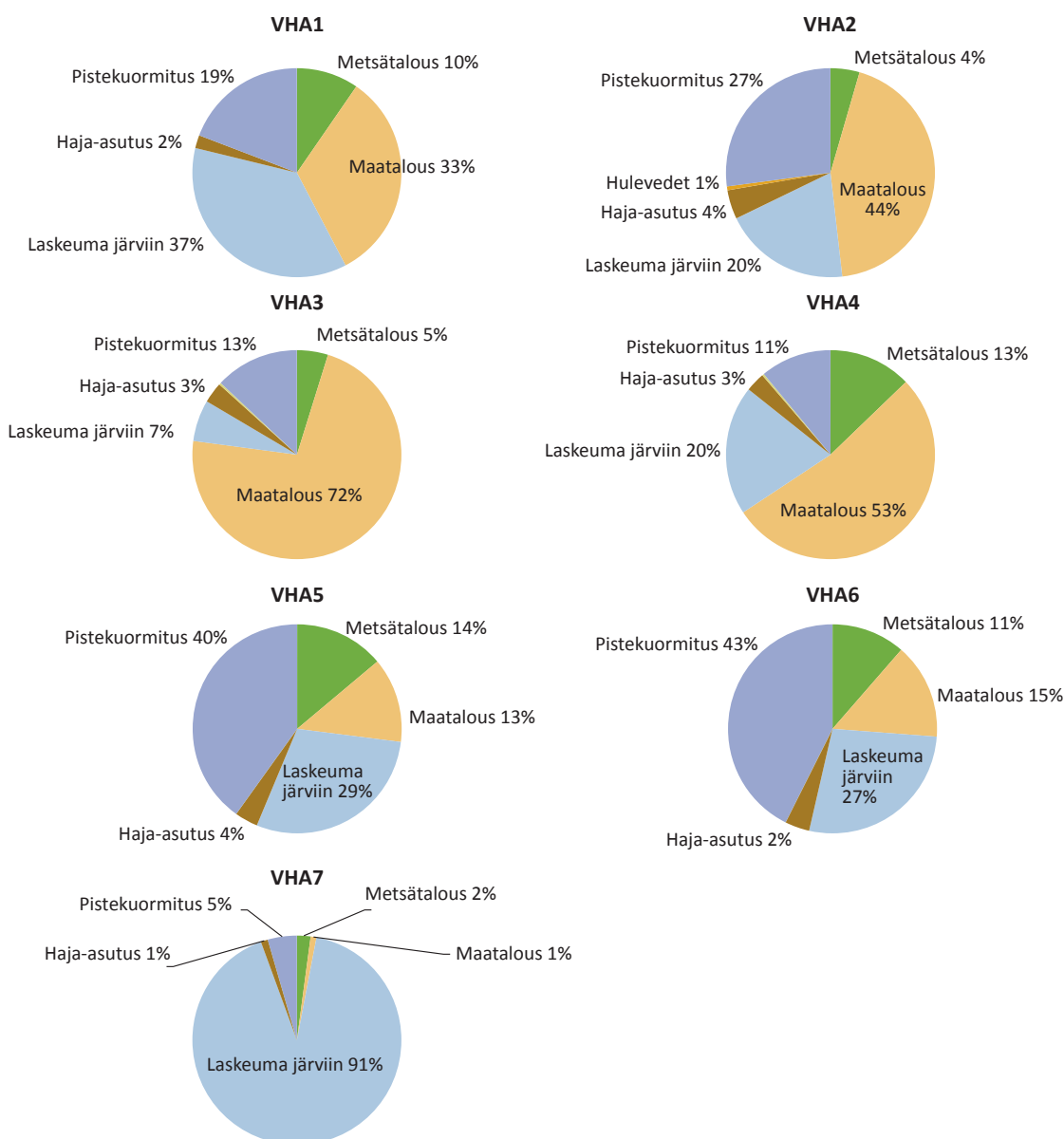
Typen osalta maatalous on suurin kuormittaja VHA:lla 2-4. Järvien vähäinen osuus korostaa maatalouden osuutta VHA 3:lla. Laskeuman osuus on suoraan verrannollinen alueen järvisyyteen: mitä enemmän järviä, sitä suurempi sen osuus on piirakasta. Maatalous ja metsätalous ovat yhtä suuria kuormittajia pohjoisilla alueilla VHA 5-7. Pistekuormituksen osuus kokonaiskuormasta on suurinta alueilla 5-6. Luonnonhuuhtouman osuus typen kokonaiskuormasta on pienin alueilla 2-3 ja lähes 90 % kokonaiskuormasta alueella VHA 7.

Fosforin piirakkakuviota muistuttaa paljon typen vastaavaa, mutta fosforin osalta maatalouden osuus kokonaiskuormasta on suurempi. Pistekuormitus puolestaan on pienempi ja samoin myös laskeuman osuus. Tornionjoen VHA 6:lla maatalouden osuus kokonaisfosforikuormasta on huomattavasti suurempi kuin typen tapauksessa.

VHA 5:lla pistekuormituksen osuus on korkea, 44 % kokonaiskuormasta. Luonnonhuuhtouman osuus kokonaisfosforikuormasta on vähäistä alueilla VHA 2 ja 3 ja suurinta pohjoisilla alueilla.

Turvetuotannosta aiheutuva ravinnekuormitus on sisällytetty pistekuormitukseen vuodesta 2004 lähtien. Sitä ennen turvetuotannosta aiheutuva kuormitus laskettiin hajakuormituksen osaksi. Turvetuotannon osuus pistekuormituksen kokonaismäärästä on fosforin osalta 5,2 % ja typellä vastaavasti 4,3 % (v. 2004–2011 keskiarvo).

Eri tietolähteistä koottujen piirakkakuvien vertailtavuuteen on syytä suhtautua varauksella, varsinkin jos tarkkoja lähtötietoja ei ole esitetty. Tässä kappaleessa esitetyt kuvat perustuvat vesienhoitoalueiden virallisiin EU:lle raportoituuihin tietoihin. Seuraavassa kappaleessa käsitellään kuormituksen arviointiin liittyviä virhelähteitä.



Kuva 16. Arvio typpikuorman jakaumasta vesienhoitoalueilla VHA 1-7.



Kuva 17. Arvio fosforikuorman jakaumasta vesienhoitoalueilla VHA1-7.

4.2 Arviointiin sisältyvä epävarmuus

Kiintoaine- ja ravinnekuormituksen arviointiin sisältyy monenlaista epävarmuutta. Kuormitus on laskennallinen suure, joka koostuu valuman/virtaaman ja pitoisuuden tuloksena. Valumaa mitataan yleensä päivittäin/tunneittain mittapadolla (vedenpinnan korkeus) ja veden laatua arvioidaan joko manuaalisesti tai automaattinäytteenottimilla otetuilla vesinäytteillä, jotka analysoidaan jälkepäin laboratoriossa. Kuormituslaskennassa tyypillisesti epävarmuutta aiheuttaakin vedenlaatumittausten riittämätön määrä. Joissakin tapauksissa on käytössä vain hetkelliset virtaamamittaukset, joka aiheuttaa huomattavaa epävarmuutta kuormaan. Näytteenoton tavoitteena tulisi olla mahdollisimman tasapainoinen havaintosarja, jossa sekä tulvahuippujen että alivirtaamajaksojen lisäksi olisi edustettuna vesinäytteitä myös nousevan ja laskevan virtaaman jaksoilta. Yleistyvä ratkaisu näytteisiin perustuvien, harvojen vedenlaatuajaksien puutteisiin ovat in-situ mittausanturit, joilla saadaan jatkuvaa

(esim. tunnittaista) vedenlaatudataa. Niihinkin kuitenkin sisältyy useita epävarmuusriskejä, kuten mitattujen (sijais)muuttujien heikko korrelaatio varsinaisten kuormitusmuuttujien kanssa, anturien mittausrvirheet, huollon laiminlyönti ym. Suotuisissa oloissa ja huolellisesti toteutettuna automaattiseurannalla saatavat hyödyt, esim. kuormitusarvioiden tarkkuuden paraneminen ja vesiensuojelutoimien tehokkuuden luotettavampi verifiointi, ovat kuitenkin merkittäviä.

Kuormitus muodostuu monen tekijän (maalaji, kasvillisuus, maaperän ravinteisuus, turpeen ominaisuudet, ojitushistoria, lannoituskäytännöt, viljelykäytännöt, topografia ym.) yhteisvaikutuksesta. Toisaalta tiedetään hehtaarikohtaisen kuormituksen vaihtelevan laajalla vaihteluvälillä (liite 1). Lohkokohtaisen tai yksittäisen toimenpidealueen tarkka kuormituksen määrittäminen on käytännössä mahdotonta, ellei paikalta ole hyviä mittauksia.

Alueiden ryhmittelyyn avulla voidaan arvioida samankaltaisten alueiden kuormitusta ilman paikkakohtaisia mittauksia, mutta tällöinkin tulos sisältää väistämättä suurta epävarmuutta. Tämä koskee myös mallinnuksella saatuja arvioita, mikäli mallin kalibrointiin ei ole riittävästi havaintotietoja ja lähtöarvoja. Koekenttäaineistoista ja pieniltä valuma-alueilta voidaan myös koota tyypillisiä kuormituslukuja ja käyttää niitä isompien alueiden kokonaiskuorman laskennassa.

Kuormituksen vuosivaihtelu on niin suurta, että esimerkiksi vesiensuojelun toimenpiteiden vaikutukset peittyvät lyhyellä aikavälillä tähän vaihteluun. Kuormituksen vähentämistoimenpiteiden vaikutusten arviointi pelkästään vesinäytteisiin perustuen on ongelmallista, käytännössä lähes mahdotonta, ellei näytämäärä ole riittävä kohtalaisen pitkältä ajanjaksolta. Usein vesiensuojelumenetelmän täysi toimivuus voidaan havaita vasta muutamia vuosia toimenpiteen käyttöönoton jälkeen (esim. kosteikot ja pintavalutuskentät). Hyvä seuranta edellyttää myös erilaisten hydrologisten vuosien vaikutusten huomioimista. Valuma-alueella vaikutusten seurannassa on välttämätöntä havainnoida myös referenssialuetta, jolla vastaavia toimenpiteitä ei tehdä. Aiempana mainitun, uuden jatkuvatoimisen mittaustekniikan käyttö valuma-alue seurannoissa on tämän vuoksi suositeltavaa. Huomattavaa on kuitenkin se, että automaattilaitteetkin tarvitsevat säännöllistä huoltoa ja datan laadunvarmistusta toimiakseen moitteettomasti.

Samankin vesiensuojelumenetelmän tehokkuus vaihtelee paikallisten olosuhteiden vaihdellessa, joten ei ole järkevää esittää yhtä pidätysprosenttia tietyn toimenpiteen tehokkuudelle. Parhaimmillaan pidätystehot ovat jopa yli 70 %:n luokkaa (Koskiahon & Puustinen 2015, käsikirjoitus), mutta huonoimmillaan vesiensuojelumenetelmä voi esim. epäonnistuneen mitoituksen myötä jopa lisätä kuormitusta. Oleellista on aina arvioida tapauskohtaisesti toimenpidettä ja toteuttamispaikan olosuhteita.

Koska eri kuormituslähteiden (maatalous, metsätalous, haja-asutus ym.) kuormitus arvioidaan eri menetelmillä, ne sisältävät väistämättä erisuuruisia virhelähteitä. Eriyisesti niiden esittäminen samassa, kuormituksen suhteellisia osuuksia kuvaavassa piirakassa herättää kysymyksiä. Jos yhdenkin kuormituslähteen absoluuttinen kuormitusarvio muuttuu esim. käytettävän laskentamenetelmän tarkentumisen vuoksi, se vaikuttaa myös kaikkien muiden kuormituslähteiden suhteellisiin osuuksiin. Tällöin tiedon käyttäjälle jää epäselväksi se, onko suhteellisen kuormitusjakauman ajassa tapahtunut muutos todellista kuormitusmuutosta. Tätä suhteelliseen piirakkakuviioon liittyvää hämmennystä onkin mahdollista hälventää tarkastelemalla niitä yhdessä vastaanottavan vesistön tilan ja siihen tulevan kokonaiskuormituksen kanssa. Tarkastelua on mahdollista kehittää edelleen esim. laskemalla kokonaiskuormituksen arvio valuma-alueen maapinta-alayksikköä kohden ($\text{kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$). Tämä luku olisi yhteismitallinen ja vertailtavissa myös muihin valuma-alueisiin. Jos kuormitustasot ylittävät vesistön sietokyvyn, vasta silloin kuormituksen suhteellisella jakaumalla olisi todellista käyttöarvoa. Kun pienillä valuma-alueilla tehdyt pitkäaikaiset mittaukset antavat varsin luotettavaa tietoa eri maankäyttömuotojen kuormitustasoista,

se saattaa menettää suuren osan evidenssiarvostaan suhteellisia kuormitusosuuksia kuvaavissa piirakoissa, joihin on samalla kertaa yhdistetty muita kuormittajia koskevia mahdollisesti hyvinkin epävarmoja tietolähteitä.

Mahdollisia muita syitä yksittäisen vesistöalueen kuormituksen virhearviointiin:

- Peltojen korkeat fosforiluvut (lannoitus)
- Karjanlannan runsas käyttö ja turvemaapellot
- Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet kunnostusojitusalueilla ovat yksityismailla lähinnä vain kiinto-aineen laskeutumiseen perustuvia, jolloin ravinteiden pidätys jää heikoksi
- Vanhat ojitukset: vaikka vanhoilta ojituksilta tuleva kuormitus olisi vain vähän luonnonhuuhtoumaa suurempaa, niin suurelta pinta-alalta kuormitusta kuitenkin kertyy.
- Pistekuormituksesta (VAHTI) puuttuu kuntien luvittamia pieniä laitoksia, mutta toisaalta pienillä teollisuuslaitoksilla ei ole useinkaan omaa jätevedenpuhdistamo, vaan vedet johdetaan kunnalliseen viemäriin ja ovat siten VAHTI-kuormituksessa mukana.
- Haja-asutuksen sijoittuminen vesistöjen varrelle ja siitä johtuvat suorat päästöt
- Hulevesien osuus on arvioitua suurempi (mm. RYVE-tutkimus)
- Viherrakentamisen aiheuttamat ravinnepestöt
- Rannikkojokien vesistöalueilla monin paikoin minerotrofisissa soissa esiintyvät vivianiittikerrostumat, joista ojituksen (myös turvetuotannon) seurauksena mobilisoituu mm. fosforia
- Turkistarhauksen kuormitusta ei ole arvioitu
- Fosforilaskeuman lähde ja yleistettävyyys
- Ominaiskuormituslukujen vaihtelu hydrologisesti erilaisina vuosina
- Mitattujen kohteiden riittämättömyys kuvata vaihtelua suurilla alueilla – yleistettävyyys

4.3 Metsätaloudesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet

Metsätaloustoimenpiteistä kunnostusojitus, maanmuokkaus, uudistushakkuu ja energiapuun korjuu aiheuttavat pääasiassa kiintoainekuormitusta. Kunnostusojituksessa vesiensuojelumenetelmiin kiinnitetään nykyisin erityistä huomiota jo hankkeen suunnitteluvaiheessa ja pyritään mahdollisuuksien mukaan vähentämään toimenpiteen haitallisia vaikutuksia. Metsänlannoitus ja hakkuu aiheuttavat lähinnä ravinnepestöjä (Joensuu ym. 2008). Metsätaloudessa on käytössä osittain samat vesiensuojelumenetelmät kuin maataloudessakin. Esim. suojavyöhykkeitä käytetään molemmissa jättämällä vyöhyke käsitellyn alueen (hakkuualue, peltolohko) ja vesistön väliin. Metsätalouden kunnostusojituksessa kiintoainekulkeumaa vähennetään jättämällä ojiin kaivu- ja perkauskatkoja. Veden virtausta ja siten kiintoaineen kulkeutumista voidaan hidastaa myös ojien pohjalle rakennetuilla pohjapadoilla tai virtaamasäätöpadoilla. Yksi tehokkaimmista vesiensuojelumenetelmistä metsätaloudessa on pintavalutuskentät, joiden avulla kiintoaineen lisäksi voidaan vähentää myös liuenneiden ravinteiden kulkeutumista vesistöön (Joensuu ym, 2006). Keskikarkeilla ja karkeilla (pohjamaa) kivennäismailla on käytössä myös laskeutusaltaita. Edellä

mainittujen menetelmien lisäksi myös kosteikkoja on käytetty vesien puhdistajana metsätaloudessa. Yleensä toimenpidealueen vesiensuojelumenetelmäpaletti koostuu alueelle soveltuvista parhaista käytännöistä. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksista ei ole olemassa koottua selvitystä.

Metsätaloudessa vesiensuojelumenetelmien tehokkuutta ei yleensä arvioida erikseen paikkakohtaisesti, vaan nykyisin käytössä olevissa laskentamenetelmissä (esim. Finér ym. 2010) oletetaan, että kaikkien toimenpiteiden yhteydessä huolehditaan vesiensuojelusta tämänhetkisten parhaiden käytäntöjen mukaisesti. Mikäli näin ei menetellä, metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaa kuormitusta aliarvioidaan käytössä olevilla laskentamenetelmillä. Laskennassa ei myöskään huomioida sitä, että erilaisilla alueilla vesiensuojelumenetelmien tehokkuus vaihtelee mm. alueen ominaispiirteistä johtuen.

4.4 Maataloudesta aiheutuvan kuormituksen vähentämismahdollisuudet

Maatalouden ympäristötoimenpiteitä on toteutettu laaja-alaisesti vuodesta 1995 lähtien maatalouden ympäristötukijärjestelmän ohjauksessa. Toimenpiteet voidaan ryhmitellä kolmeen ryhmään: pelloilla, pellon reunalla ja pellon ulkopuolella tehtävät ympäristötoimenpiteet. Erilaisten toimenpiteiden tehokkuuden keskinäinen vertailu on periaatteessa yksinkertaista, tarvitaan vain yhteinen mittari toimenpiteiden vaikutuksista. Tarvitsee siis määrittää, kuinka paljon toimenpide pienentää kiintoaine- ja ravinnekuormitusta peltohehtaaria kohden vuodessa ($\text{kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$). Jos tunnetaan toimenpiteen kustannukset mm. investoinnit, kuoletusaika, hoito- ja ylläpitokulut, voidaan laskea myös toimenpiteen kustannustehokkuus, kuten menetelmäkohtainen fosforikilon pidättämiskustannus.

Pelloilla tehtävät toimenpiteet

Pelloilla tehtäviksi vesiensuojelutoimenpiteiksi katsotaan kaikki ne viljely- ja muokauskäytäntöjen muutokset, jotka vähentävät kiintoaine- ja ravinnekuormitusta edeltävään tilanteeseen verrattuna. Tässä lähtökohtana on maatilan tuotantosuunta ja mahdollisuudet tehdä tarvittavia muutoksia. Tärkeimmät pelloilla tehtävät toimenpideryhmät ovat lannoitustasojen madaltaminen ja syksyllä tehtävän intensiivisen maanmuokkauksen eli syyskynnön korvaaminen kevennetyllä muokauskäytännöllä, talviaikaisella sängellä tai suorakylvöllä.

Vuodesta 1995 lähtien mineraalilannoitteiden keskimääräinen käyttö on alentunut merkittävästi. Hehtaarikohtainen fosforilannoitteiden käyttö aleni runsaasta 30 kg:sta alle 10 kg:aan ja typpilannoitteiden 115 kg:sta alle 80 kg:aan hehtaaria kohden. Tämän muutoksen seurauksena fosforitaseet alenivat noin 60 % ja typpitaseet 35 % (Aakkula & Leppänen (toim) 2015). Lannoitteiden osalta karjalannan käyttö on suurin pullonkaula. Koko lantamäärän ravinnesisältö pelloille tasaisesti levitettynä tuottaisi fosforia hehtaarille noin 8 kg ja typpeä lähes 50 kg. Nyt koko lantamäärä käytetään vain karjatalousten pelloille, noin 30 %:lle peltoalasta.

Koska maatiloista ja peltoalasta yli 90 % on sitoutunut ympäristötukijärjestelmään, ovat muokauskäytäntöjen muutokset olleet hyvin laaja-alaisia. Vaikka ympäristötukijärjestelmän rakenteesta johtuen toimenpidealat ovat käytännössä merkittävästi pienempiä kuin sitoutuneisuuden perusteella voisi odottaa, on syksyllä kynnetyt pellon pinta-ala pudonnut noin 1,2 milj. ha:sta runsaaseen 500 000 ha:iin (MMM otantatutkimus). Muutos on erittäin merkittävä.

Suojavyöhykkeet

Vesiensuojelutoimenpiteenä toteutettavalla suojavyöhykkeellä tarkoitetaan vesiuomaan tai vesistöön rajoittuvaa kaltevan pellon alimpaan reunaan viljelyksestä poistettavaa määrämittaista aluetta. Uudessa ympäristökorvausjärjestelmässä kapean suojavyöhykkeen sijaan pyritään muuttamaan koko kalteva peltolohko nurmipeitteiseksi. Suojavyöhykkeen eroosiota ja ravinnekuormitusta pienentävä vaikutus arvioidaan suojavyöhykkeellisen ja suojavyöhykkeettömän peltolohkon kuormituserona. Kun peltolohkon kuormitus riippuu myös sen viljelykäytöstä, suojavyöhykkeen vaikutusta arvioitaessa on otettava huomioon viljelykäyttöön jäävän peltolohkon viljelykäytäntö. Näin ollen suojavyöhykkeelle saadaankin suuri määrä kuormituksen pienenemistä kuvaavia vaikutuslukuja.

Ympäristötukijärjestelmän piirissä on ollut viime vuosina noin 8 000 suojavyöhykkehehtaaria. Tukijärjestelmän edellyttämänä suojavyöhykkeet ovat itsenäisiä kasvulohkoja ja siten niillä ei ole peltolohkorekisterissä yksiselitteistä kytkeä alkuperäiseen kasvulohkoonsa. Arviolta suojavyöhykkeellisten kasvulohkojen kokonaispinta-ala voi olla jopa 90 000 ha. Ts. suojavyöhykkeiden määrä olisi lähes kolmasosa kokonaistarpeesta.

Kosteikot

Peltojen ulkopuolella sijaitsevat kosteikot pidättävät yläpuoliselta valuma-alueelta tulevaa kiintoaine- ja ravinnekuormaa. Kosteikkoon pidättyvän aineksen määrä riippuu pääsääntöisesti kahdesta tekijästä, kosteikkoon tulevan aineksen kokonaismäärästä ja kosteikon viipymästä (Koskiaho 2006). Kosteikkoon tulevan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuus riippuvat erityisesti peltoalan osuudesta yläpuolisella valuma-alueella, ts. mitä enemmän peltoa, sitä enemmän kuormaa. Vaikutusten arvioinnissa lasketaan kosteikkoon tuleva keskimääräinen kiintoaine- ja ravinnekuormitus yläpuolista peltohehtaaria kohden vuodessa. Kosteikkoon jäävän ainesmäärän perusteella saadaan selville vähennys-% ja toisaalta keskimääräinen kuormituksen väheneminen peltohehtaaria kohden vuodessa (Koskiaho ym. 2009). Tällä menetetyllä tavalla kosteikkojen vaikutukset saadaan verrannollisiksi peltotoimenpiteisiin ja suojavyöhykkeisiin.

Maatalouden vesiensuojelukosteikkoja on toteutettu koko ympäristöohjelmien aikana hyvin vähän. Ensimmäisellä ohjelmakaudella toteutettiin noin 500 kosteikkoa ja laskeutusallasta. Sen jälkeen niiden perustaminen pysähtyi ja vilkastui uudelleen ns. ei-tuotannollisten investointien tuella (Berninger ym. 2012). Kosteikkojen kokonaismäärä on kuitenkin edelleen niin pieni, että valtakunnan tasolla niiden ei voida katsoa pienentäneen maatalouden kiintoaine- ja ravinnekuormitusta.

4.5 Turvetuotannosta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet

TASO-hankkeen raportissa ”Turvetuotannon kuormitus” esitetään kattava katsaus turvetuotannon vesiensuojelumenetelmiin ja niiden tehokkuuteen (Kløve ym. 2012). Turvetuotannossa on käytössä lähes samoja vesiensuojelumenetelmiä kuin metsätaloudessakin. Kemikalointia ei kuitenkaan käytetä metsätaloudessa. Myös metsätalouden pintavalutuskentät ovat mitoitukseltaan pienempiä kuin turvetuotannossa ja vedet ohjautuvat kentälle painovoimaisesti. Vesiensuojelun tehokkuus todennetaan ohjeistuksen mukaisesti tehokkuuden tarkkailulla, johon sisältyy vesinäytteen otto samalla kertaa vesienkäsittelyrakenteen ylä- ja alapuolelta. Näin otettu näyte ei tarkalleen ottaen edusta samaa vettä, mutta riittävällä näytemäärällä saadaan selville

menetelmän tehokkuuden taso. Samoin kuin metsätalouden kunnostusojituksen suunnittelussa, myös turvetuotannon vesistökuormitus pyritään saamaan vähäiseksi jo tuotantoalueen suunnitteluvaiheessa. Uutta aluetta suunniteltaessa erityistä huomiota kiinnitetään sekä suoaluetta kuivaavan ojaverkoston että myös vesiensuojelurakenteiden sijoittamiseen ja mitoittamiseen.

Sarkaojarakenteiden avulla voidaan poistaa turvetuotantoalueiden valumavesistä kiintoainetta ja sen mukana liikkuvia ravinteita. Humusaineen, hienomman kiintoaineen ja liukoisten ravinteiden poisto niillä ei kuitenkaan onnistu. Turvetuotantoalueen vesiensuojelurakenteita ovat mm. kosteikot, laskeutusaltaat ja kasvillisuuskentät, joilla voidaan vähentää erityisesti kiintoainekuormaa. On esitetty, että roudattomana aikana niiden avulla päästään kohtalaiseen kiintoaineen vähenemään (Savolainen ym. 1996). Veden virtausta pyritään hidastamaan virtaamansäätörakenteiden avulla, jolloin suurten valumiin aikainen kiintoainekuorma vähenee. Virtaamansäätö on todettu sopivaksi useimmille turvetuotantoalueille (Väyrynen ym. 2008). Vesien käsittely pintavalutuksella on todettu yhdeksi turvetuotantoalueiden parhaimmista vesiensuojelumenetelmistä. Turvetuotantoalueilla on myös käytössä kemiallinen vedenpuhdistus, mutta se soveltuu lähinnä kesäaikaiseen puhdistukseen. Pintavalutuskentän ohella kemiallinen puhdistus luetaan turvetuotantoalueiden parhaimpien ja käyttökelpoisimpien menetelmien joukkoon.

4.6 Jätevesien puhdistaminen

Valvonta ja kuormitustietojärjestelmän (VAHTI) vuoden 2013 tietojen mukaan kokonaan osalta jätevedenpuhdistamojen kokonaistypen puhdistusprosentti oli 61 ja kokonaisfosforin 96. Tässä laskennassa kunkin laitoksen puhdistusteho painotettiin asukasvastineluvulla. Laitoksia on yhteensä 361 ja yhteenlaskettu asukasvastineluku on 7 909 758. Parhaimmat fosforin puhdistustehot olivat tyypillisesti isoissa kaupungeissa (taulukko 3). Alle 80 %:n tehoon jäätin ison asukasvastineluvun alueilla mm. JVP-Eura Oy:n jäteveden puhdistamolla (puhd. % 79, avl 57 214) ja Mäntän paperitehtaalla (puhd. % 79, avl 34 526).

Kokonaistypen puhdistusteho vaihteli kymmenen suurimman asukasvasteluvun alueella 19,6 %:sta (Oulun vesi) Viikin jätevedenpuhdistamon 92 %:n tehoon (taulukko 3). Alhaisia puhdistustehoja oli suuren asukasvasteluvun alueella mm. Forsan viemärlaitoksella (29 %), Tampereen Rahilan puhdistamolla (23 %), Joensuun Kuhasalon puhdistamolla (14 %) ja Rovaniemen kaupungin jätevedenpuhdistamon teho oli vain 8 %.

Taulukko 3. Jätevedenpuhdistamojen kokonaisfosforin ja -typen puhdistus-% asukasvastineluvultaan kymmenen suurimman puhdistamon mukaan järjestettynä.

Puhdistamo	Puhd. % P	Puhd % N	Asukas- vastineluku
Helsingin seutu, Viikinmäen jätevedenpuhdistamo	96,79	92,44	1 221 499
Turun seudun puhdistamo Oy, Kakolanmäki	98,26	76,55	534 971
Porin Vesi, Luotsinmäki, jätevedenpuhdistamo	97,82	80,67	491 080
HSY, Suomenojan jätevedenpuhdistamo	95,94	73,42	429 897
Tampereen Vesi, Viinikanlahden jätevedenpuhdistamo	94,91	24,96	378 000
Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy, Paroisten puhdistamo	98,27	60,46	307 629
Salon kaupunki, keskuspuhdistamo	96,52	76,08	211 699
Oulun Vesi, Taskilan jätevedenpuhdistamo	84,90	19,63	196 845
Kuopion Vesi, jätevedenpuhdistamo, Lehtoniemi	97,70	22,35	172 543
Kymen Vesi Oy, Mussalon jätevesilaitos	95,54	80,83	172 254

Pistekuormituksen väheneminen kohdistuu jatkossa typpikuormituksen alentamiseen. Parantamisen varaa löytyy jopa joissakin isoissa kaupungeissa ja sen ohella jätevesilietteiden uusiokäyttö vaatii lisäselvityksiä. Paremmat typen puhdistustekniikat ovat jo tiedossa ja jo käytössä joillakin puhdistamoilla, joten lähinnä menetelmän kalteus on esteenä uudistukselle. EU-Direktiivin edellyttämä velvollisuus typenpoistoon syntyy vain, mikäli yli 30 prosenttia yhdyskuntajäteveden sisältämästä typestä päätyy haavoittumiselle alttiille alueelle. Vesistössä tapahtuva typen pidättyminen otetaan siis huomioon, kun tarkastellaan vesistökuormituksen vaikutuksia (Toivikko 2009).

4.7 Haja-asutuksen aiheuttamien vesien puhdistaminen

Jäteveden käsittelyvaatimusten lähtökohtana on haja-asutuksen teoreettinen kuormitusluku (Ympäristöministeriö, 2011). Laskennallinen luku kuvaa sitä, kuinka paljon tavanomaisesta vesikäymälällä varustetusta asumisesta syntyy jäteveeten joutuvia haitta-aineita henkeä kohden ennen jäteveden käsittelyä. (Haja-asutuksen jätevesiasetus 209/2011).

Orgaanisen aineen kuormitusluku on 50 g/vrk → 18,3 kg/v
Fosforin kuormitusluku on 2,2 g/vrk → 0,8 kg/v
Typen kuormitusluku on 14 g/vrk → 5,1 kg/v

On selvää, että kuormitus vaihtelee tapauskohtaisesti eri kiinteistöjen ja ajankohtienkin välillä. Asetuksen vähimmäisvaatimukset puhdistukselle ovat orgaanisen aineen osalta vähintään 80 %, kokonaistypen 30 % ja kokonaisfosforin 70 %. Ympäristöministeri Sanni Grahn-Laasonen esitti 18.12.2014 haja-asutuksen jätevesien käsittelyn siirtymäaikaa pidennettäväksi aina 15.3.2018 asti.

Haja-asutuksen jätevesien hallinnassa voidaan käyttää mm. umpisäiliöitä, joiden sisältämät jätevedet kuljetetaan käsiteltäväksi kunnan jätevedenpuhdistamolle. Kiinteistön alueella tapahtuvassa maahan imeytyksessä jätevesi painuu kohti pohjavettä ja samalla ravinteet pidättyvät maahiukkasiin kulkiessaan maakerrosten läpi. "Puhdistunut" jätevesi voi joko sekoittua pohjaveteen tai kulkea kerrostuneena pohjaveden kanssa. Menetelmä soveltuu erityisesti ns. harmaiden vesien käsittelyyn. Maasuodattamossa jätevesi johdetaan erityiseen suodatinkerrokseen, joka voi olla joko hiekkaa tai tehdasvalmisteista suodatinmateriaalia. Kerroksen alapuolelta vedet johdetaan esim. avo-ojaan. Näiden menetelmien lisäksi on myös mahdollista perustaa oma pienpuhdistamo, joka perustuu osittain samaan tekniikkaan kuin isot jätevedenpuhdistamot. Haja-asutuksen osalta puhdistusmenetelmät ovat varsin teknisiä ja edellyttävät hyvää suunnittelua ja huoltoa. Haja-asutusalueiden jätevesien puhdistustehosta on olemassa suhteellisen vähän paikan päällä tehtyjä mittauksia, joten lukuihin sisältyy suurta epävarmuutta.

4.8 Hulevesien puhdistaminen

Vesihuoltolain mukaan kunta on vastuussa hulevesien poisjohtamisesta ja myös niiden käsittelystä. Perinteisesti hulevesiä johdetaan pois joko avo-ojiin ja puroihin tai seka- ja erillisviemäröinnin kautta suoraan vesistöihin. Valtaosa vesistä johdetaan kaupungeissa erillisviemäröinnin kautta, harvaan asutuilla alueilla vedet kulkeutuvat maastoon tai ojien kautta vesistöihin.

Huleveden laatuun vaikuttavat liikenne ja muut ilmansaasteet ja maasta huuhtoutuvat ravinteet ja haitalliset aineet kuten typpi, fosfori, raskasmetallit ja öljyt.

Hulevesille ei Suomessa ole määritelty raja-arvoja haittapitoisuuksien suhteen. Suomessa on lisäksi tutkittu ja selvitetty vain vähän vaihtoehtoisia, ekologisia hulevesien puhdistusratkaisuja.

Luonnontilaisessa ympäristössä kasvillisuus pidättää ja haihduttaa suuren osan vedestä ja loppu vesi suodattuu maakerrosten läpi muodostaen pohjavettä tai valuu osin pinta- tai pintakerrosvaluntana vesistöön. Kaupunkiympäristössä asfaltoidut kadut ja pihat estävät veden imeytymisen maaperään ja tämän johdosta pintavalunta tulee usein äärevinä valuntapiikkeinä. Kaupunkialueille muodostuvista pienilmastoista johtuen sadanta on siellä yleensä suurempaa ja haihdunta vastaavasti pienempää kuin maaseudulla. Valuntahuippuja voidaan pienentää hidastamalla veden kulkureittejä mm. viherryttämällä kaupunkialueita. Esim. pihojen ja kattoterassien viherryttämisellä voidaan lisätä haihduntaa ja vähentää pintavaluntaa. Samoin ojien ja purojen paikallisilla puhdistusratkaisuilla voidaan vähentää kiintoaine- ja ravinnekuormaa sekä muiden haitallisten aineiden kulkeutumista. Hulevesien osalta ei ole toistaiseksi saatavilla tieteellisesti julkaistua tietoa yllä mainittujen puhdistustoimenpiteiden tehosta Suomessa. Ulkomaiset kokemukset esim. biosuodatusalueista (Trowsdale & Simcock 2011) ovat kuitenkin lupaavia.

4.9 Riskit ravinnekuormituksen kasvulle (ilmastomuutos, maankäytön muutokset)

Eri maankäyttömuotoja koskevien laskennallisten kuormituslukujen epävarmuus johtuu toisaalta riittämättömästä tiedosta, toisaalta kuormituksen muodostumisprosesseihin liittyvästä suuresta luonnollisesta vaihtelusta. Tässä voidaan asian tarkastelemiseksi esittää erilaisia jakolinjoja, mm. pistemäinen kuormitus vs. hajakuormitus, suljetut vs. avoimet systeemit, hydrologia-riippuvaiset vs. siitä riippumattomat systeemit. Oleellista on kuitenkin hahmottaa epävarmuutta aiheuttavien tekijöiden keskinäiset suhteet ja tältä pohjalta pyrkiä täydentämään puuttuvaa tietoa. Tämä on kuitenkin helpompaa todeta kuin toteuttaa, varsinkin kun edellä esitetyt kuormitusluvut vaihteluineen ovat monelta osin ajassa muuttuvia. Joissakin lähteissä kuormitus pienenee hallitusti ja joissakin kasvaa hallitsemattomasti tai merkittävät kasvuriskit ovat jo olemassa.

Eri kuormituslähteitä koskevat kuormituksen potentiaaliset kasvuriskit tulisi tiedostaa, jotta niihin voidaan varautua jo etukäteen. Samalla se kuitenkin monimutkaistaa em. kuormituslukuihin liittyvän epävarmuuden haltuunottoa. Keskeisimpiä kuormituksen kasvuriskejä ovat ilmastonmuutos, rakennetun ja katetun maapinnan kasvaminen, kaivosteollisuuden laajeneminen ja erilaisten maankäyttöön liittyvien tuotantomuotojen merkittävä laajeneminen.

Ilmastonmuutoksen myötä yleistyvät leudot talvet, jolloin sateita tulee lumeen sijaan vetenä roudattomaan maaperään, vaikuttaisivat laajasti maa- ja metsätalouden, turvetuotannon ja rakennettujen alueiden hulevesien vesistökuormitukseen. Maataloudessa kiintoainekuormitus ja ravinteiden huuhtoutuminen kasvaisivat ilman laaja-alaisia ympäristötoimenpiteitä, mm. talviaikaista kasvipeitteisyyttä, pahimmillaan yli kaksinkertaiseksi. Metsätaloudessa ympäristövaikutukset olisivat samantyyppisiä, ja samalla metsien hakkuuosuhteet talviaikaisissa hakkuissa vaikeutuisivat merkittävästi. Ilmaston lämpenemisestä aiheutuva kuormituksen kasvun hallinta edellyttäisi maa- ja metsätaloudessa merkittävää ympäristötoimenpiteiden lisäystä, joiden määrästä ei toistaiseksi ole laaja-alaisia arvioita.

Rakennettujen alueiden pinta-alan laajeneminen lisää suoraviivaisesti kuormitusriskiä, jos rakentamisen yhteydessä ei huomioida hulevesien käsittelyä. Ilmastonmuutos edelleen lisäisi tätä kasvuriskiä. Erilaisten maankäyttömuotojen tuotannollinen laajeneminen, vaikka siinä otettaisiin huomioon ympäristövaikutusten hallinta,

lisää kuormitusta. Oleellista ei siis ole pelkästään se, mikä on mahdollisen puhdistusmenetelmän ravinteiden vähentämiskyky vaan se, kuinka paljon puhdistetun veden laatu poikkeaa luonnontilaisesta ja mikä on vastaanottavan vesistön kuormituksen sietokyky.

Monet kuormituksen kasvuriskit toteutuvat vasta pitkällä aikavälillä. Kun vesistöjen tila muuttuu erityisesti hajakuormitteisissa vesistöissä hyvin hitaasti, vesienhoito toimenpiteineen on nähtävä kaksijakoisena. Yhtäältä vesienhoitotoimenpiteet on priorisoitava tapauskohtaisesti akuuttiin vastaanottavan vesistön vallitsevaan tilanteeseen, mutta samalla on toisaalta arvioitava toimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksia. Tässä keskeisenä osana ovat myös yllämainitut riskit kuormituksen lisääntymiseen.

5 Vesistöjen tila tarkasteltavilla esimerkkialueilla

Tässä luvussa tarkastellaan vesistön tilaa kahdella vesistöalueella, joiden kuormitus muodostuu erityyppisistä kuormituslähteistä. Tarkastelussa arvioidaan kuormituksen jakautumista eri lähteisiin ja vesienhoitosuunnitelmien toimenpiteiden tarvetta vesistöjen tilan perusteella. Tarkastelussa pohditaan vesienhoitotoimenpiteiden toteuttamiseen liittyviä tarvearviointoja.

5.1 Yleistä vesistöjen luokittelusta

Pintavesien ekologisen tilan luokittelu perustuu yleisesti biologisten, hydrologis-morfologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden arviointeihin. Fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden luokittelu perustui vesienhoidon suunnittelun ensimmäisellä luokittelukierroksella (v. 2008) kokonaisfosforin ja -typen pitoisuuksien luokkarajoihin. Toisella luokittelukierroksella (2012) tarkasteltiin myös klorofyllin ja kokonaisravinteiden suhteita siten, että tyyppikohtaisesti määritettiin vertailuolot klorofyllille ja sitä vastaavat arvot kokonaisfosforille ja -typelle. Luokittelua varten vesistöt (järvet 13 tyyppiä) ja joet (9 tyyppiä) on tyypitelty niiden koon, humus- ja ravinnepitoisuuksien sekä valuma-alueen maaperän (joet) mukaan.

Pintavesien kemiallinen tila luokitellaan vertaamalla vesimuodostuman vuosittaisen seuranta- ja tarkkailutuloksien keskiarvoja kyseiselle ravinteelle tai yhdisteelle asetettuun ympäristölaatunormiin (vuosikeskiarvon tavoitearvo). Luokitteluarvioissa ELY-keskuksen tulee tarkastella vesimuodostumakohtaisesti luokittelun perusteena olevan aineiston riittävyttä, luotettavuutta ja laatua, mm. ovatko vesinäytteet sertifioitujen näytteenottajan ottamia ja onko analyysit tehty standardien mukaisesti vertailukokeisiin osallistuvassa laboratoriossa.

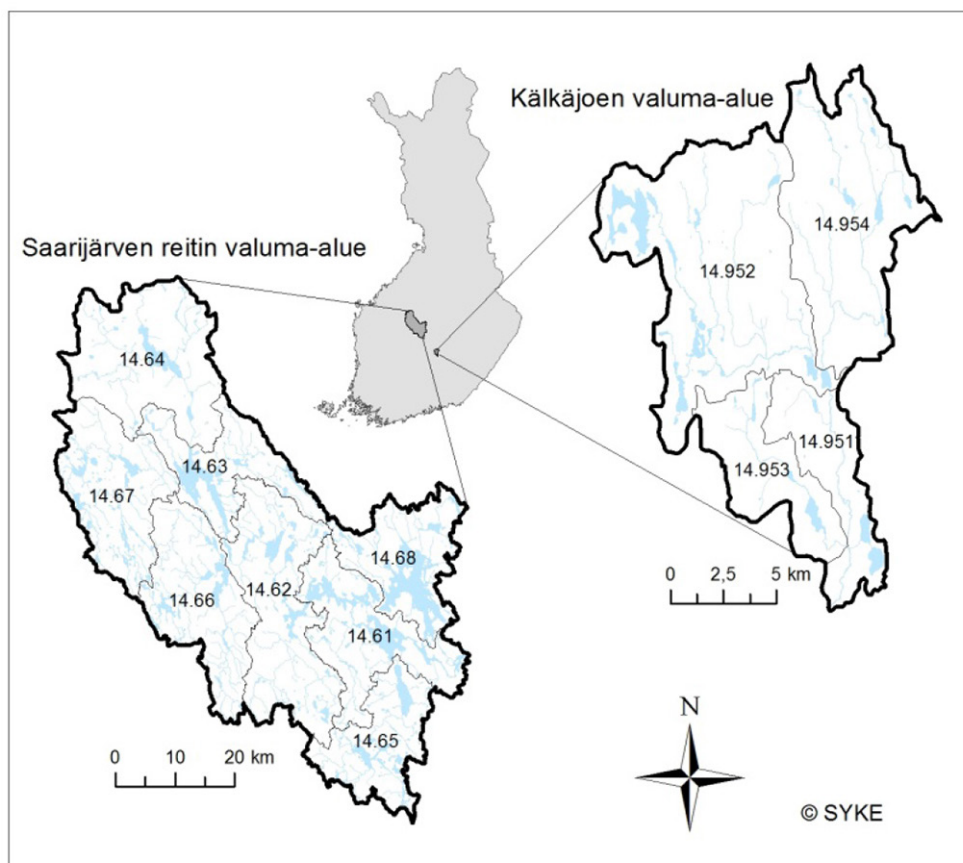
Luokittelussa kunkin vesimuodostuman kohdalle merkitään tieto luokittelun perusteista ja luotettavuudesta. Tiedon tulee näkyä myös vesienhoitosuunnitelmissa. Kemiallisen tilan luokittelun tulee perustua vuosien 2006–2012 tai vuosien 2008–2012 seuranta-aineistoihin. Mikäli uusia tietoja ei ole käytössä, voidaan soveltuvin osin käyttää vanhempaa aineistoa.

Puutteellisiin seuranta-aineistoihin perustuvia luokitteluja voidaan joissakin tapauksissa vahvistaa asiantuntija-arvioilla. Tällöin luokittelu tulee perustella huolellisesti. Perustelu voi olla esimerkiksi se, ettei kuormittavaa ainetta joudu vesimuodostumaan – valuma-alueella ei ole päästölähteitä eikä ole mahdollisuutta kaukokulkeutumiseen.

5.1.1 Vesistön tilaluokittelu esimerkkialueilla

Kymijoen vesistöalueella sijaitsevat Kälkäjoen vesistöalue (14.95) ja Saarijärven reitti (14.6) valittiin yksityiskohtaisemman tarkastelun kohteeksi. Tärkeimpänä alueiden valintakriteerinä pidettiin sitä, että alueilla on vaihtelevaa maankäyttöä ja useita eri kuormituslähteitä. Kälkäjoen alue on pinta-alaltaan 209 km² ja Saarijärven reitin pinta-ala on 3 119 km² (kuva 18).

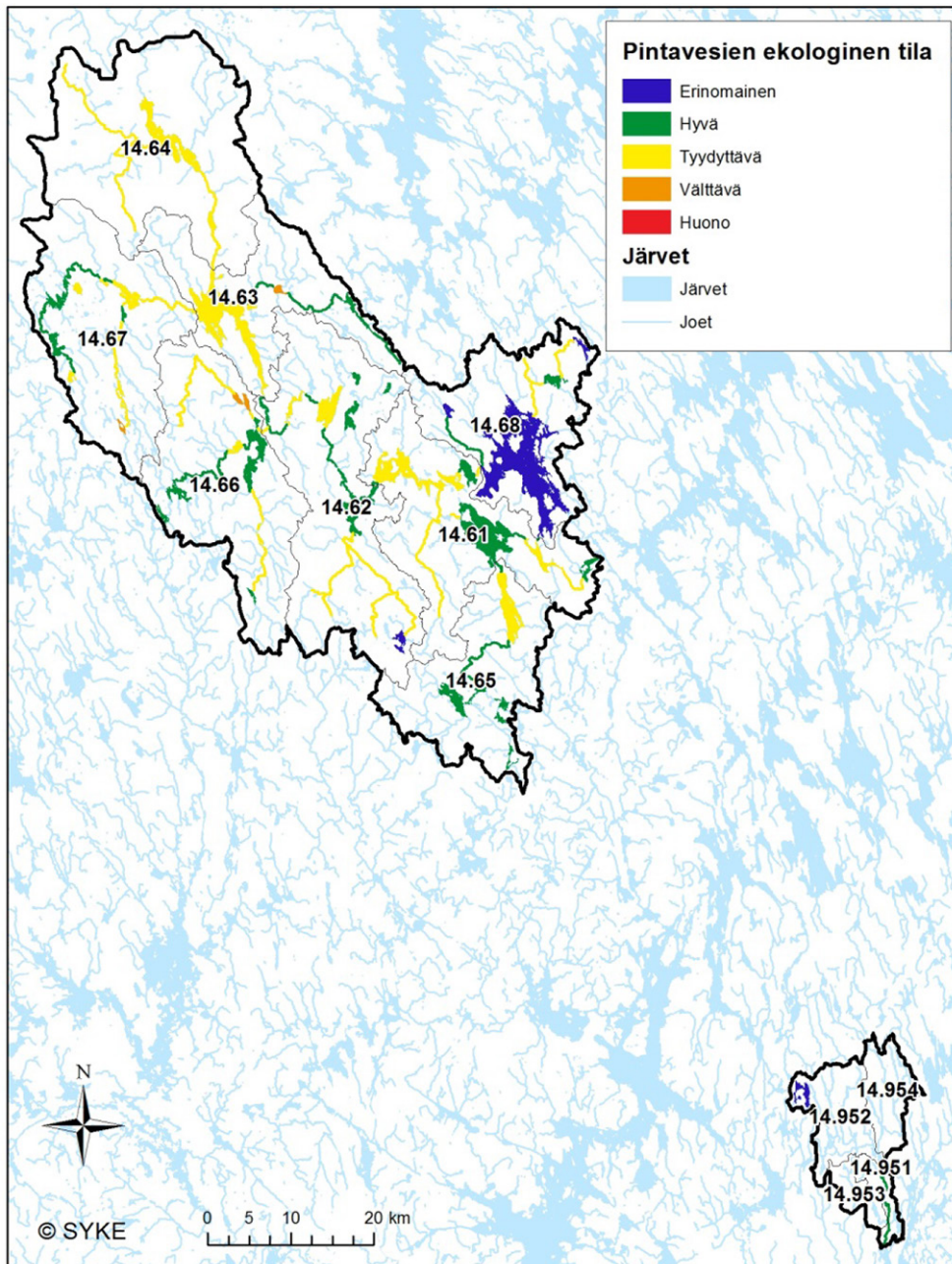
Kälkäjoella pintavesien ekologinen sekä kemiallinen tila ovat hyvät. Saarijärven reitin vesien tilaa on luokiteltu 81 joki- ja järvi-kohteella. Erinomaisessa ekologisessa tilassa on 4 %, hyvässä tilassa 47 %, tyydyttävässä 43 %, välttävässä tilassa 4 % ja huonossa tilassa 1 % vesimuodostumista (kuva 19). Vaikka Saarijärven reitin va-



Kuva 18. Kälkäjoen ja Saarijärven reitin vesistöalueiden sijainti ja jako osa-alueisiin. Vesistöt näkyvät sinisellä.

luma-alueen ekologinen tila vaihtelee arvioituissa vesimuodostumissa huonosta erinomaiseen, on vesien kemiallinen tila kuitenkin Kyyjärveä lukuun ottamatta hyvä. Lisäksi on huomioitavaa, että ekologisen tilan luokitus perustuu vain yhden järven kohdalla laajaan aineistoon. Suppeaan aineistoon perustuvia luokituksia on tehty 32 vesimuodostumalle, asiantuntija-arvioon tai muihin vesimuodostumiin perustuvia luokituksia 23 vesimuodostumalle ja vedenlaatuluokitteluun perustuvia, jolloin aineistossa ei ole biologisia laatutekijöitä, 27 vesimuodostumalle.

Vesienhoitosuunnitelmien mukaan joissakin vesimuodostumissa tavoiteta saavutetaan vuoden 2021 sijaan vasta vuoteen 2027 mennessä. Syynä tähän on useimmiten se, että kuormituksen vähentäminen edellyttää tehokkaiden vesiensuojelutoimien käyttöä joen valuma-alueella ja ulkoisen kuormituksen vähentäminen ei välittömästi näy vesimuodostuman ekologisessa tilassa. Joissakin tapauksissa myös hydrologis-morfologisen tilan muutos on suuri ja kunnostusmahdollisuudet ovat rajalliset. Usein myös biologinen data on puutteellista ja pohjanläheisestä vedestä mitattujen fysikaaliskemiallisten muuttujien korkeat arvot vaativat lisäselvityksiä ja seurantaan tarvitaan lisää muodostuman luokittelun varmistamiseksi.



Kuva 19. Kälkäjoen ja Saarijärven reitin pintavesien ekologinen tila v. 2012 luokituksen mukaan.

5.2 Kälkäjoen valuma-alue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta

5.2.1 Kälkäjoen valuma-alue ja maankäyttö

Kälkäjoki sijaitsee Kymijoen vesistöalueella Mäntyharjun reitin valuma-alueella (va-tunnus 14.95) ja se laskee Puulan Siikaveteen. Joki kuuluu pintavesityyppiin "Keskisuuret turvemaiden joet" ja sen sekä kemiallinen että ekologinen tila on luokiteltu hyväksi. Tilassa ei ole tapahtunut muutosta tarkastelu vuosien 2006 ja 2012 välisenä aikana.

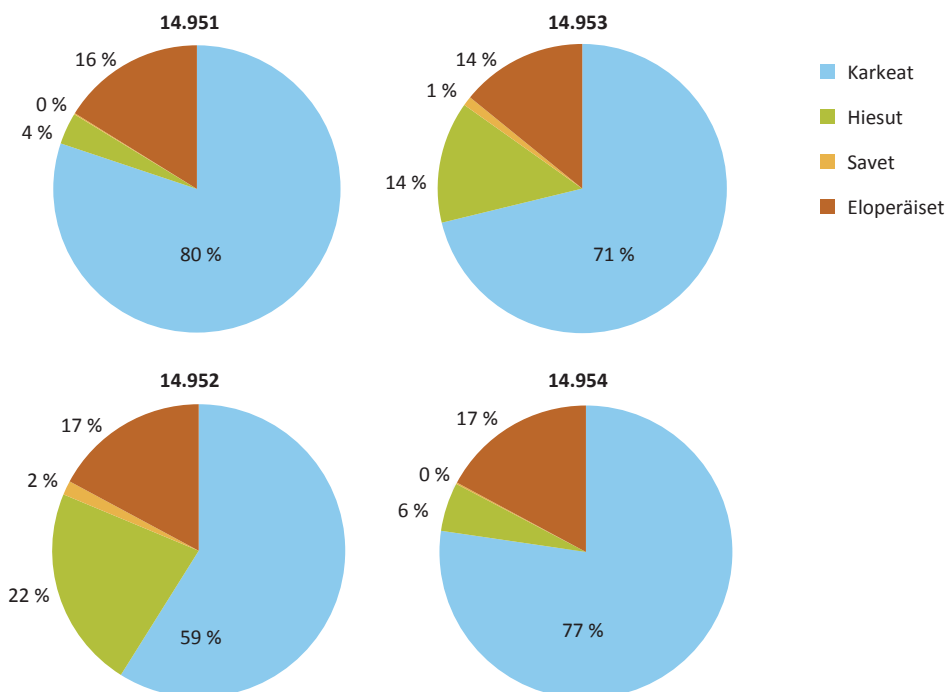
Joen valuma-alue muodostuu neljästä osavaluma-alueesta (taulukko 4). Alueet 14.953 ja 14.954 sijaitsevat latvavesistössä, alueelle 14.952 laskevat puolestaan alueen 14.954 vedet ja alueelle 14.951 vedet laskevat kaikista osa-valuma-alueista. Soiden (kosteikot + metsät turvemilla) osuus pinta-alasta on alueella melko korkea, ollen suurin (30,6 %) alueella 14.953. Haja-asukkaita suhteutettuna pinta-alaan on eniten alueella 14.952, jossa on myös suurin loma-asuntotiheys.

Maatalousmaata on vähiten alueella 14.952 (1,3 %), kun taas muilla osa-alueilla sitä on noin 4 % pinta-alasta. Kaltevimmat pellot (keskikaltevuus 2,3 %) sijaitsevat alueella 14.954 ja tasaisinta (keskikaltevuus 0,1 %) on alueella 14.952. Eniten turvetuotantoa on alueella 14.953, jossa sen osuus maapinta-alasta on yli 11 %. Vastaavasti, taulukon 4 perusteella suurin kuormituspotentiaali on alueella 14.953.

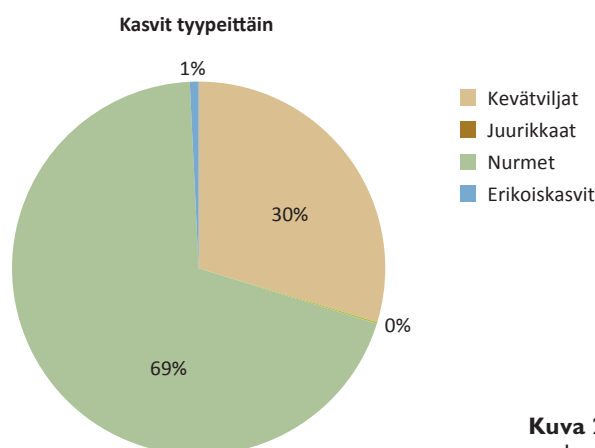
Taulukko 4. Kälkäjoen osavaluma-alueiden maankäyttötietoja.

Jakotunnus	Pinta-ala	Järvisyys	Maa-talou-smaa	Kos-teikot	Met-sät turve-milla	Metsät, kaikki	Turve-tuotanto	Haja-asutus	Eläimet
	km ²	%	% maa-alasta				lkm	EY	
14.951	27,0	4,1	4,0	5,4	14,3	89,6	2,3	37,0	22
14.952	91,2	5,9	1,3	1,1	15,5	95,9	0,4	113,0	25
14.953	28,1	3,0	4,3	12,4	18,2	82,2	11,2	9,0	0
14.954	62,9	1,4	4,5	2,5	14,4	91,7	2,0	98,0	81
Yhteensä	209,2	3,9	3,1	3,6	15,4	91,9	2,6	257,0	128

Alueen peltojen maalaji on valtaosaltaan karkeaa hiekkaa, eloperäisten maalajien osuus vaihtelee välillä 14-17 % (kuva 20). Alueilla 14.952 ja 14.953 on hiesumaita 22 ja 14 %, vastaavasti. Suurin osa, 70 % pelloista on nurmella ja muut 30 % kevätiljalla (kuva 21). Alueella on 128 eläinyksikköä. Alueen ainoa pistekuormittaja VAHTI-tietojärjestelmän mukaan on turvetuotanto. Vuonna 2013 tuotannossa oli 5 turvesuoaluetta (taulukko 5).



Kuva 20. Kälkäjoen eri osa-valuma-alueiden peltojen maalajiosuudet.



Kuva 21. Kälkäjoen viljelyalueiden vallitsevat kasvit.

Taulukko 5. Kälkäjoen pistekuormitus vesiin vuosina 2005 ja 2013 VAHTI-tietojärjestelmästä.

Kuormittaja	Kuormitus kg v. 2005			Kuormitus kg v. 2013		
	Kiintoa.	P _{tot}	N _{tot}	Kiintoa.	P _{tot}	N _{tot}
Havulohi		25	158			
Mesiänsuo (VAPO)				1 320	9,3	626
Jokipolvensuo, Rääsuo, (VAPO)	3 284	21	581	2 458	38,1	668
Havusuo, Pihlassuo (VAPO)	16 608	91	3 625	10 671	21,9	1 662
Yhteensä	19 892	137	4364	14 449	69,3	2 956

Paikkatietopohjaisia metsätalouden toimenpidetietoja ei ole keskitetysti saatavilla. Sen vuoksi vesistöalueen hakkuu- ja kunnostusojitusmääriä arvioitiin Keski-Suomen metsäkeskuksen Metsätilastollisen vuosikirjan tietojen pohjalta. Metsätaloustoimenpiteitä (uudistushakkuu, kunnostusojitus ja lannoitus) tehtiin vuonna 2012 1,1 %:lla koko metsäpinta-alasta. Kälkäjoen tapauksessa toimenpiteitä tehtiin tämän arvion mukaisesti noin 2,1 km²:n pinta-alalla.

Yhteenvedon voidaan todeta, että maatalousmaata alueella on 6,2 km², seuraavaksi suurin maankäyttömuoto pinta-alaltaan on turvetuotanto (5,2 km²). Alueesta 2,2 km², on metsätalouden toimenpiteiden vaikutusten alaisena. Valtaosa alueesta on siis luonnontilaista. Haja-asukkaita alueella on 1,3 as/km². Eläinyksikköjä on yhteensä 128, joka suhteutettuna maatalousmaan pinta-alaan tekee 0,2 EY/maatalousmaahehtaari.

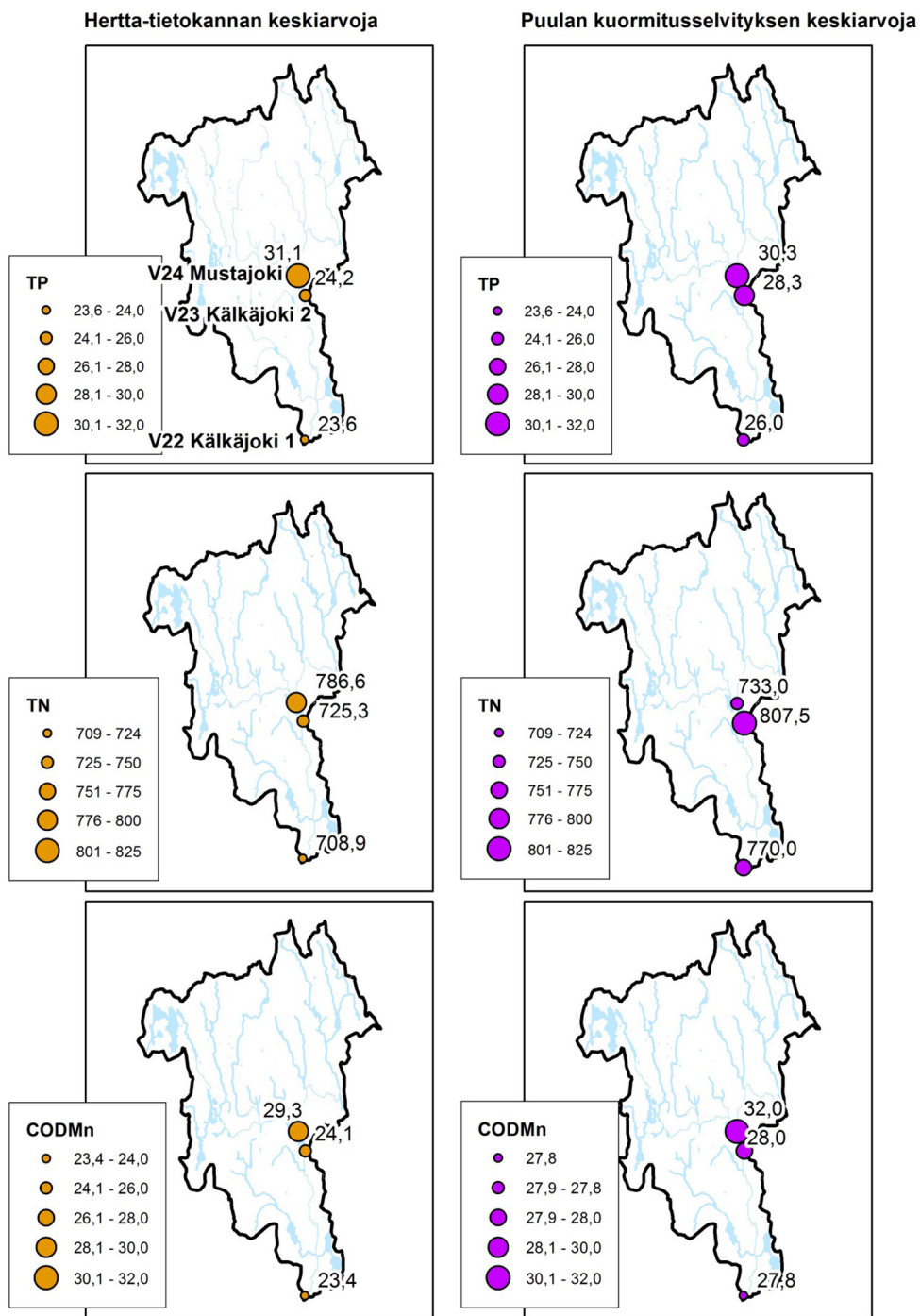
5.2.2 Veden laadun mittaukset

Veden laadun mittauksia on niukasti saatavilla Kälkäjoen vesistöalueella. Suurin osa näytteistä on Kälkäjoki 1:stä (V22), mutta näyttemäärä jää tässäkin tapauksessa vähäiseksi ollen 4 näytettä vuodessa. Näin ollen vesinäytteiden määrä ei riitä luotettavan vuosikuorman arvioimiseen ja siksi myöskään VEMALA-mallia ei voi luotettavasti kalibroida kyseiselle alueelle.

Kuvassa 22 esitetään vedenlaatutuloksia ympäristöhallinnon Hertta-tietokannan ja Puula-raportin (Roiha, 2014) näytteenottopisteistä. Vertailussa käytettiin kolmea pistettä (yläjuoksulta alajuoksulle päin ja niitä vastaavat osavaluma-alueet), joiden näyttemäärä oli suurempi kuin 4:

- V24 Mustajoki: 14.954
- V23 Kälkäjoki 2: 14.954 + 14.952
- V22 Kälkäjoki 1: kaikki osavaluma-alueet

Hertan arvot perustuvat 35-113 näytteeseen ja Puula-raportin 4 näytteeseen. Havaitaan, että Hertta-tietokannan mukaan Mustajoen V24 pitoisuudet ovat systemaattisesti suurempia kuin alempien purkupisteiden pitoisuudet. Tosin erot pisteiden välillä ovat pieniä. Puulan kuormitus selvityksen hetkellisten mittausten keskiarvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin Hertta-tietokannan vastaavat, ainoastaan Mustajoen purkupisteen pitoisuusarvot ovat esim. kokonaistypen osalta pienempiä kuin muissa pisteissä.



Kuva 22. Kälkäjoen kolmen eri mittauspisteen pitoisuusarvoja Hertta-tietokannasta ja Puulan kuormitus selvityksen 4 näytteen keskiarvoja.

Mattssonin (2014) mukaan metsätalousalueen keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus on $625 \mu\text{g l}^{-1}$, kokonaisfosforipitoisuus $37 \mu\text{g l}^{-1}$ ja kiintoainepitoisuus $5,4 \text{ mg l}^{-1}$. Luonnontilaisen alueen vastaavat pitoisuudet ovat $344 \mu\text{g l}^{-1}$, $12 \mu\text{g l}^{-1}$ ja $0,53 \text{ mg l}^{-1}$. Kälkäjoen tyyppipitoisuus on 1,7 kertaa suurempi kuin luonnontilaisen alueen vastaava pitoisuus, kokonaisfosforin osalta pitoisuudet ovat noin kaksinkertaisia luonnontilaiseen alueeseen verrattuna ja kiintoaineen osalta 12 kertaa suurempia (tosin mittauksia on vähän).

Kälkäjoen kokonaistyyppipitoisuudet ovat noin 20 % suurempia ($115 \mu\text{g l}^{-1}$) kuin vastaava keskimääräinen metsätalousalueen pitoisuus (Mattsson ym. 2014). Kokonaisfosforipitoisuudet taas puolestaan ovat noin kolmasosa metsätalousalueiden keskimääräisistä pitoisuuksista. Kiintoainetta on mitattu vähemmän, mutta näiden mittausten perusteella pitoisuudet Kälkäjoella ovat 13 % suurempia kuin keskimäärin metsätalousalueilla.

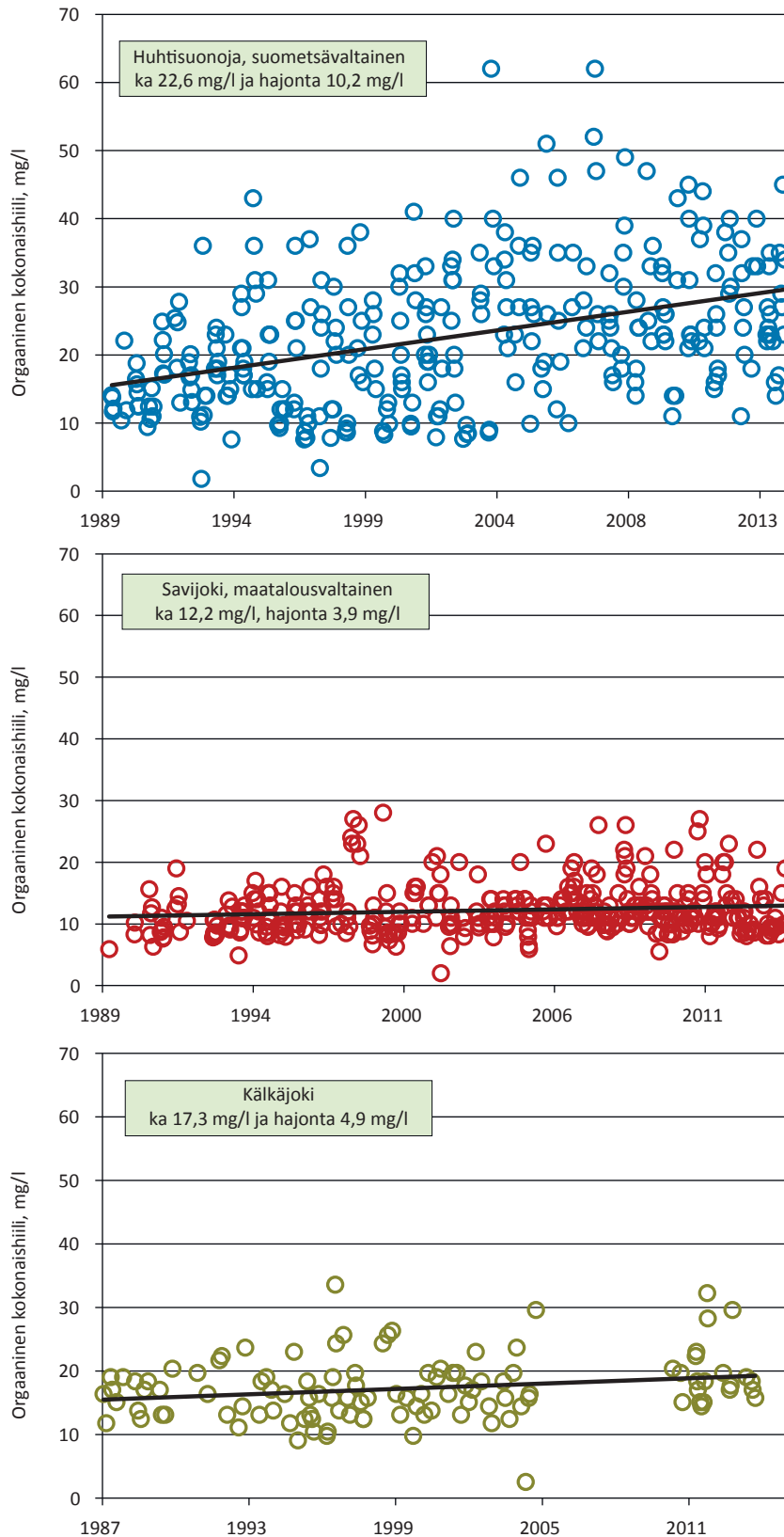
Kemiallista hapenkulutusta (COD_{Mn}) on mitattu Kälkäjoki 1:ssä vuosina 1987-2013. Kyseisenä aikana COD_{Mn} :n keskipitoisuus oli $22,5 \text{ mg/l}$ ja keskihajonta $7,2 \text{ mg/l}$. Kälkäjoki 1:ssä on samanaikaisesti mitattu TOC:ia ja COD_{Mn} :ia ainoastaan vuonna 2011, mutta muuttujien välinen riippuvuus on erittäin hyvä ($r^2=0,97$). Siten muunnosyhtälöä on perusteltua käyttää vertailtaessa Kälkäjoen ja pienten valuma-alueiden TOC:n mittauksia. Kuvan 23 mukaan Kälkäjoen TOC:n havaintojen perustaso ja hajonta on pienempää kuin vastaavan suometsävaltaisen Huhtisuonojan tutkimusvaluma-alueen taso. Havaitaan myös, että maatalousvaltaisella alueella TOC:n taso on alhaisempi ja hajonta pienempää kuin metsävaltaisilla alueilla.

5.2.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin

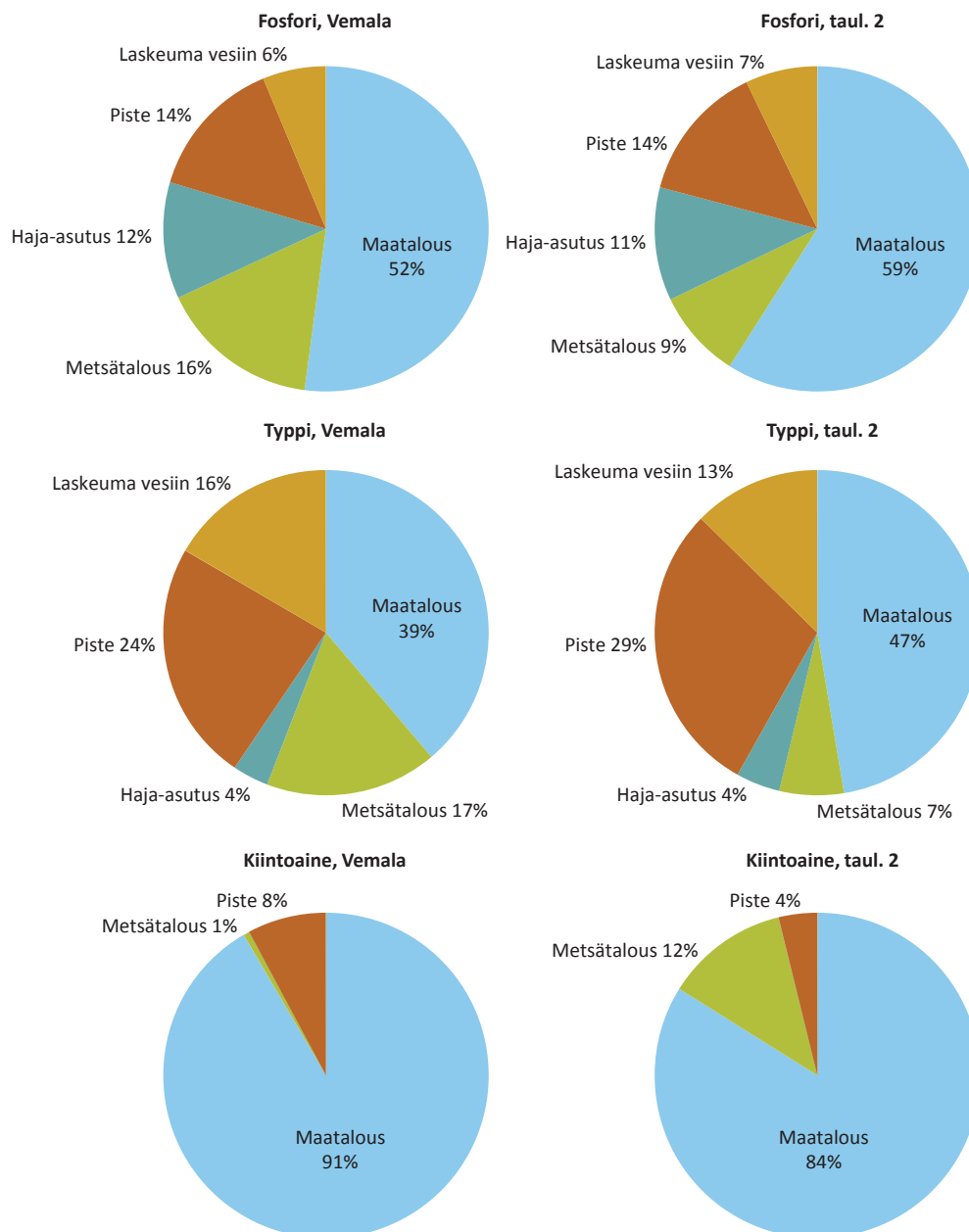
Kälkäjoen ravinne- ja kiintoainekuormaa on mallinnettu SYKEN VEMALA- mallilla. Kuvassa 23 kuormituksen jakautuminen eri ihmisperäisiin lähteisiin on laskettu myös taulukon 2 ominaiskuormitusarvoilla ja vastaavilla maankäytön pinta-alatiedoilla. Molempien laskentamenetelmien mukaan suurin typpi-, fosfori- ja kiintoainekuormittaja on maatalous. VEMALA mallilla laskettuna maatalouden osuus kokonaiskuormasta on hieman pienempi kuin käytettäessä taulukon 2 keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja. Tämä selittyy sillä, että metsätalouden osuus on jälkimmäisellä menetelmällä laskettuna pienempi, koska näissä arvioihin jo sisältyy laskennallisesti vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia ja kuormitusluvut ovat jo lähtökohtaisesti pienempiä. Turvetuotannon aiheuttama typpikuormitus (24-29 % kokonaiskuormituksesta) on suurempi kuin vastaava fosforikuormitus (14 %). Pääpiirteittäin kuormituksen jakaumakuvio (kuva 24) on kuitenkin samansuuntainen menetelmästä riippumatta.

Aiemmin tehdyn Roihan (2014) hetkellisten pitoisuusarvojen pääkomponentti- ja korrelaatioanalyysin mukaan maatalousmaa, rakennettu alue, metsäalue ja vesialue omasivat vahvat negatiiviset korrelaatiot veden ainepitoisuuksien kanssa. Em. tekijöillä olisi siten kuormitusta pienentävä vaikutus. Tämä on selvästi ristiriidassa aiempien tulosten kanssa (mm, Aakkula ym. 2010, Tattari 2015). Positiivinen merkitsevä korrelaatio löydettiin pitoisuuden ja soistuneiden maa-alueiden ja turvetuotantoalueiden välillä. Hetkittäisten vesinäytteiden tulosten käyttö tilastollisessa analyysissä on kuitenkin pulmallista, koska näytteenottohetken hydrologinen tilanne vaikuttaa veden laatuun ja näytteenottoa on vaikea suunnitella siten, että hydrologinen tilanne olisi kaikissa pisteissä samanlainen.

Kälkäjoen purkupisteessä (Kälkäjoki 1:ssä, V22) vuosien 2000–2014 keskimääräinen typpikuorma on VEMALA mallin mukaan $2,9 \text{ kg/ha}$ vuosi, fosforikuorma $0,09 \text{ kg/ha}$ vuosi ja kiintoainekuorma $11,8 \text{ kg/ha}$ vuosi. TOC:n vuosien 2000–2014 keskimääräinen kuorma on mallin mukaan $40,3 \text{ kg/ha}$. Tulosten tarkastelussa on huomattava, että TOC:in osalta mallin kalibrointiin oli käytössä vain vuoden 2011 havaintoja ja muidenkin muuttujien osalta vesinäytteiden määrä jäi vähäiseksi, joka heikentää mallitulosten oikeellisuutta.



Kuva 23. Orgaanisen kokonaishiilen pitoisuuden vaihtelu suomensävaltaisella Huhtisuonojan, maatalousvaltaisen Savijoen ja Kälkäjoen valuma-alueilla.



Kuva 24. Kalkäjoen typpi-, fosfori- ja kiintoainekuorma jaoteltuna ihmisperäisiin lähteisiin VEMALAn ja taulukon 2 ominaiskuormituslukujen mukaan v. 2000–2013.

Myös luonnonhuuhtouman osuus kokonaiskuormasta laskettiin kahdella eri menetelmällä, VEMALA- mallilla ja käyttäen taulukon 2 ominaiskuormituslukuja (taulukko 6). Luonnonhuuhtouman keskimääräinen osuus kokonaisfosforikuormasta vaihteli välillä 45–47 %, typpikuormasta 59–62 %, kiintoainekuormasta 3–18 %. Vaihteluväli on suhteellisen pieni erityisesti fosforille ja typelle, kun taas kiintoaineen osalta eri menetelmien välillä on huomattavia systemaattisia eroja. VEMALA mallin mukaan esim. kaikki TOC kuorma on peräisin luonnonhuuhtoumasta. Tämä johtuu mallin laskentamenetelmien puutteista kiintoaineen ja TOC:in osalta. Asia on tiedostettu ja mallin prosessikuvauksia kehitetään parhaillaan. .

Taulukko 6. Fosforin, typen ja kiintoaineen kokonaiskuormat (Σ kuorma), vastaavat luonnonhuuhtoumat (LH) sekä LH:n osuus kokonaiskuormasta laskettuna VEMALA-mallilla ja taulukon 2 ominaiskuormitusluvuilla Kälkäjoen valuma-alueilla.

	Vemala			Taulukko 2		
	Σ kuorma kg/v	LH kg/v	LH/ Σ kuorma %	Σ kuorma kg/v	LH kg/v	LH/ Σ kuorma %
Fosfori	2056	930	45	2149	1005	47
Typpi	63160	39450	62	44138	26133	59
Kiintoaine	226000	6000	3	559650	102522	18

5.2.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalinen arviointi

Puulan kuormitus selvitys esittää maatalouden kuormituksen vähentämiseksi suoja-
vyöhykkeitä, maanmuokkauksen käytännön muutoksia, talviaikaisen eroosion torjuntaa,
lannoituksen vähentämistä ja viljelykasvien muutosta. Kälkäjoen alueella lähes 70 %
peltopinta-alasta on nurmella, joten suojavyöhykkeiden lisäys on järkevää vain vil-
japelloilla.

Jos vesistöalueen ulkoinen ravinne- ja kiintoainekuormitus pysyy nykyisellä ta-
sollaan, alueella ei todennäköisesti ole tarvetta vähentää nykyistä kuormitusta ja
vesistön ekologinen ja kemiallinen tila säilyvät hyvänä. Kuormitusta voidaan toisaalta
jonkun verran vähentää ottamalla käyttöön parhainta vesiensuojelutekniikkaa maa-
ja metsätaloudessa, haja-asutuksen jätevesien käsittelyssä sekä turvetuotannossa.

Koska luonnonhuuhtouman osuus (taulukon 2 mukaan) alueen ainevirtaamista
on suuri (typpikuormasta 59 %, fosforikuormasta 47 %, TOC:sta 83 %), mahdollisten
parempien käytäntöjen vaikutus valuma-alueen purkupisteen vesien laadussa jää
joka tapauksessa vähäiseksi ellei toimenpidemäärät ole hyvin laaja-alaisia Vesistöi-
hin tulevaa kiintoaineksen määrää on kuitenkin mahdollista pienentää maatalouden
toimenpiteillä, koska sen osuus pienestä peltoalasta huolimatta on kokonaisainevir-
taamista 84–91 %. Kuvasta 22 nähdään että havaintojen mukaan TOC:in pitoisuudet
ovat kasvussa, joka voi olla seurausta joko turvetuotannosta tai metsien kunnostuso-
jituksista tai sitten taustalla voi olla muutokset sadannassa ja lämpötilassa.

5.2.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta

Vastaanottavan vesistön tila on luokiteltu hyväksi eikä tilassa myöskään ole tapah-
tunut muutosta vuosien 2006 ja 2012 välillä. Kiinnostava kysymys onkin kuinka
paljon ravinne- ja kiintoainekuormituksen pitäisi kasvaa, että Siikaveden tila laskee
alempaan luokkaan ”tydyttävä”. Laskennallinen arvio tästä kasvusta voidaan tehdä
esim. LLR – mallilla (Kotamäki ym. 2015).

Koko vesistöalueen tilaa pysyvästi muuttavat ympäristöriskit ovat lähinnä laa-
ja-alaiset maankäyttöä koskevat muutokset, loma-asutuksen voimakas laajeneminen
ja ilmastonmuutos. Kahta ensin mainittua riskiä voidaan pitää melko pienenä juuri
nyt. Sen sijaan ilmaston lämpenemisen seurauksena talvikausien lämpeneminen
johtaessaan roudan vähenemiseen lisää niin ravinteiden ja orgaanisten aineiden
huuhtoutumista kuin kiintoainekulkeumaa. TOC:in osalta kasvua on jo havaittavissa
(kuva 23). On mahdollista, että jo pienetkin maankäytön muutokset edelleen lisäävät
vesistökuormitusta ja vaikutukset näkyisivät vesistön tilassa.

5.3 Saarijärven reitin vesistöalue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta

5.3.1 Saarijärven reitin vesistöalue ja maankäyttö

Saarijärven reitti koostuu vaihtelevista joki-, koski- ja järviosuuksista. Vedet ovat tyyppillisesti karuja ja humuspitoisia ja vesikasvillisuus on yleensä niukkaa. Erinomaisessa ekologisessa tilassa reitin vesimuodostumista on 4 %, hyvässä tilassa 47 %, tyydyttävässä 44 % välttävässä tilassa 4 % ja huonossa tilassa 1 %. Saarijärven reitti koostuu kahdeksasta toisen jakovaiheen osavaluma-alueesta (taulukko 7). Järvisyys alueella on melko suurta, keskimäärin 9 %. Suurin järvi-% on alueella 14.68 (21 %) ja myös alueilla 14.61 ja 14.63 järvi-% ylittää kymmenen prosenttia.

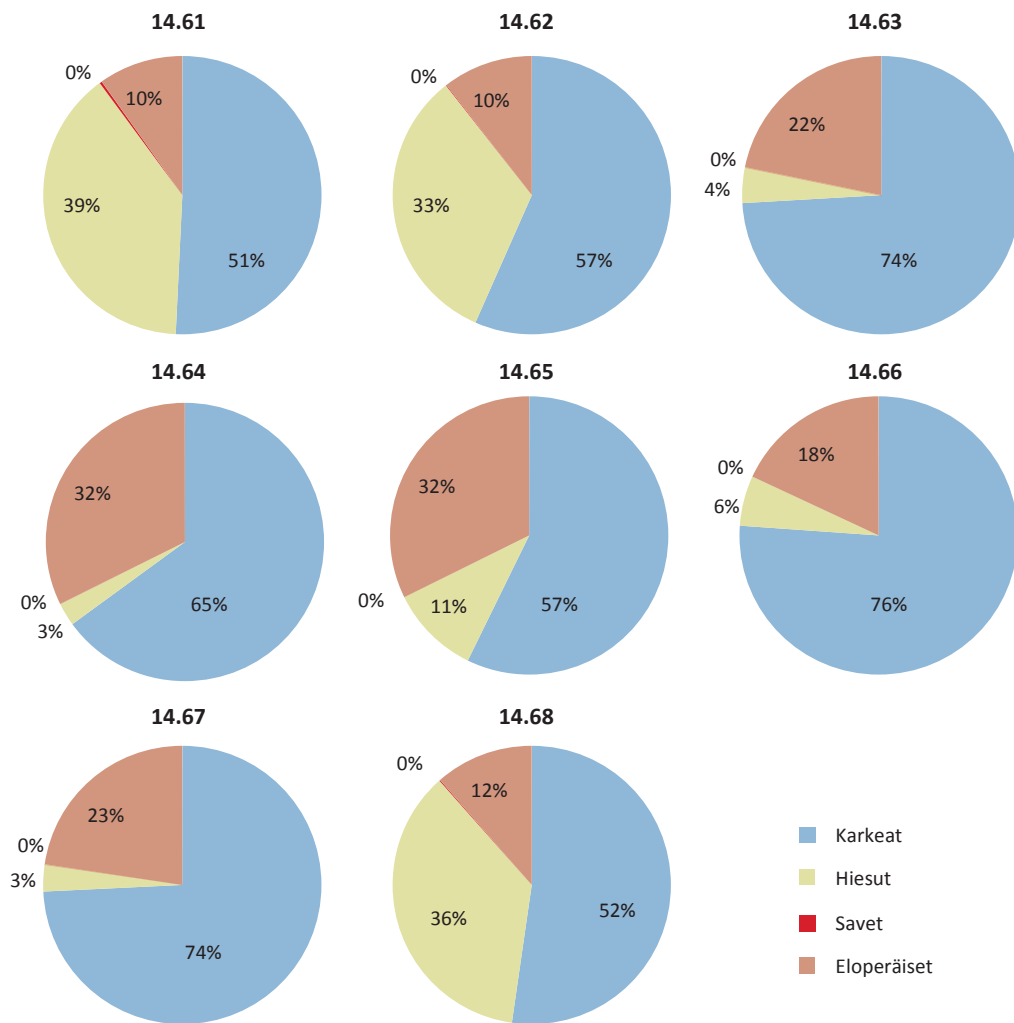
Maatalousmaata on Saarijärven reitin vesistöalueella on keskimäärin 7,3 %, eniten alueella 14.61 ja vähiten alueella 14.68. Kosteikkojen (luokka sisältää avosuot, turvetuotantoalueet, sisämaan kosteikot maalla ja vedessä) osuus maa-pinta-alasta on suurin alueilla 14.67 ja 14.64. Turvemaalla olevia metsiä on runsaasti lähes kaikilla alueilla lukuun ottamatta aluetta 14.61. Turvetuotantoa on suhteellisesti eniten alueella 14.67, jossa taas maatalouden osuus on vähäisin.

Saarijärven reitin peltojen vallitseva maalaji on karkea hiekka. Alueilla 14.61, 14.62 ja 14.68 on yli 30 % helposti erodoituvaa hiesumaata. Eloperäisiä maita on kaikilla alueilla yli 10 % peltopinta-alasta, eniten orgaanisia maita on alueilla 14.64 ja 14.65 (kuva 25). Kuten Kälkäjoen vesistöalueella, myös Saarijärven reitin peltojen vallitseva kasvityyppi on nurmet (69 %) ja seuraavaksi eniten alueella on kevätiljoja 30 % (kuva 26). Muiden kasvien osuus on merkityksetön. Alueen peltojen kaltevuus vaihtelee osa-alueittain. Tasaisinta on alueilla 14.64 ja 14.67 ja suurimmat kaltevuudet esiintyvät alueilla 14.62 ja 14.65 (kuva 27).

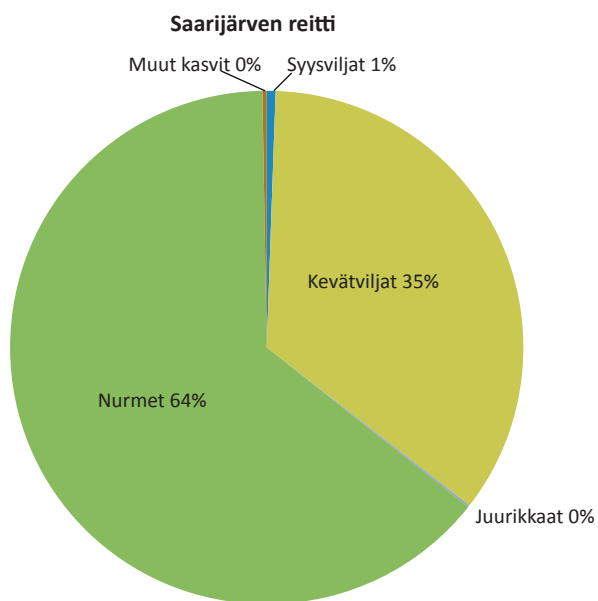
Taulukko 7. Saarijärven reitin vesistöalueen 2. jakovaiheen alueiden maan käyttö.

Jako-tunnus	Pinta-ala	Järvisyys	Maa-talous-maa	Kosteikot	Metsät turve-mailla	Metsät kaikki	Turvetuot.	Eläimet
	km ²	%	% maa-alasta				EY/ha*	
14.61	377,0	14,6	13,1	0,7	5,9	80,8	0,0	0,22
14.62	509,8	6,4	8,9	1,8	13,6	87,0	0,9	0,62
14.63	294,9	12,5	8,1	3,9	18,7	84,4	0,9	0,20
14.64	519,4	4,2	7,6	7,3	27,0	83,2	1,3	0,49
14.65	290,4	9,1	8,2	1,3	16,3	87,1	0,1	0,58
14.66	408,2	5,3	5,2	5,0	21,3	88,1	2,6	0,32
14.67	398,6	5,8	3,3	12,6	27,7	82,8	5,4	0,46
14.68	318,8	21,0	4,0	0,7	15,6	93,0	0,0	0,27
YHT.	3117,1	9,1	7,3	4,6	18,9	85,5	1,6	0,41

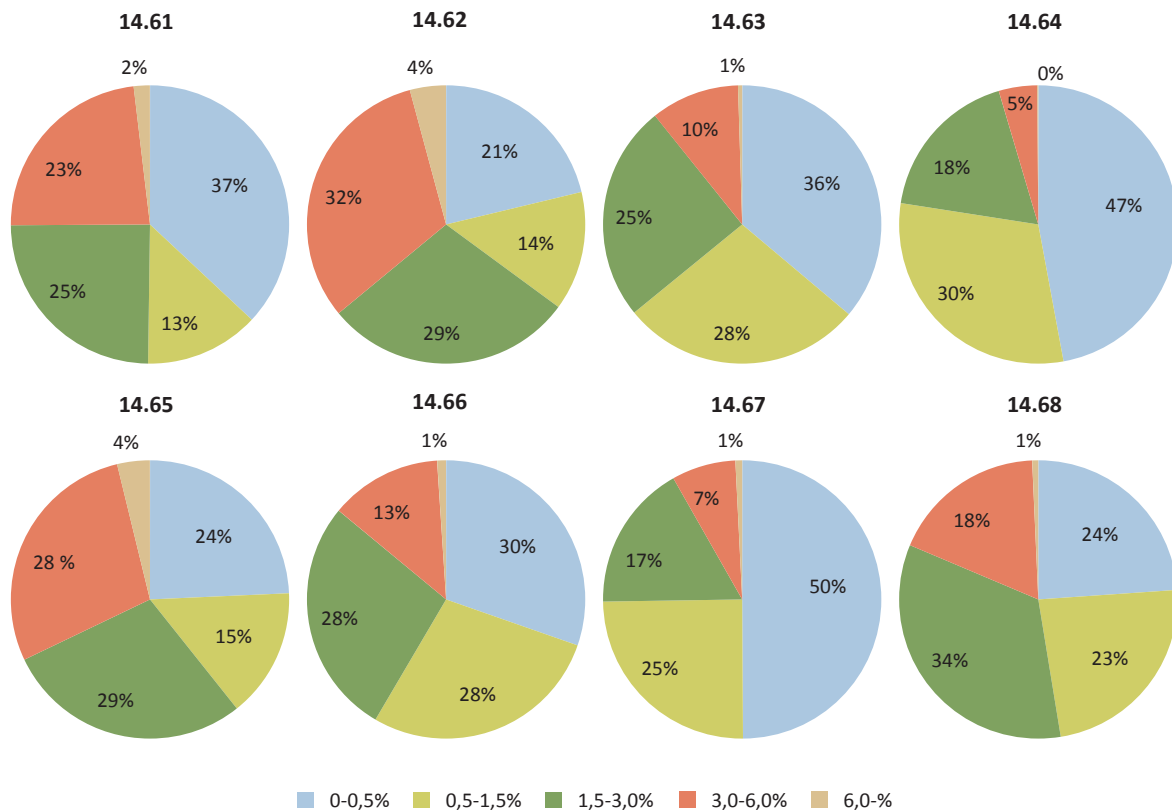
* Eläinyksikkö per maatalousmaa ha



Kuva 25. Saarijärven reitin 2. jakovaiheen alueiden peltöjen maalajit.



Kuva 26. Saarijärven reitin peltöjen vallitsevat kasvit.



Kuva 27. Saarijärven reitin 2. jakovaiheen vesistöalueiden peltöjen kaltevuusjakaumat.

Saarijärven reitin asutuksen jäteveden kuormitus on saatu kuriin siirtoviemäröinnillä (taulukko 8), kun vielä vuonna 2005 asutusjäteveden osuus koko pistekuormasta oli kiintoaineen osalta 11 %, fosforin osalta 46 % ja typen osalta 55 %. Pistekuormituksesta turvetuotannon osuus on lähes 100 %. Tosin kuormitus on myös turvetuotannon osalta vähentynyt verrattaessa vuosien 2005 ja 2013 tilanteita (taulukko 9).

Metsätalouden toimenpiteistä ei ole valtakunnallista paikkatietopohjaista aineistoa, joten tässäkin tapauksessa oletetaan, että toimenpiteitä on tehty 1,1 % metsäpinta-alasta. Saarijärven reitin alueella toimenpiteiden oletettiin kohdistuvan 29,3 km²:n pinta-alalle.

Yhteenvedona voidaan todeta, että Saarijärven reitin vesistöalueella kuormitusta aiheuttavasta ihmistoiminnasta merkittävin on maatalous (206,9 km²), seuraavaksi suurin maankäyttömuoto on turvetuotantoala (45,3 km²) ja metsätaloustoimenpiteitä on arviolta tehty 29,3 km²:n alalla. Eläintiheys on 0,41 eläinyksikköä per ha. Haja-asukkaita on 1,5 as/km².

Taulukko 8. Jäteveden puhdistamon (asutus) kiintoaine-, fosfori- ja typpikuormat v. 2005 ja 2013 Saarijärven reitin osavaluma-alueilla.

Alue	Kiintoaine (kg/vuosi)		Fosfori (kg/vuosi)		Typpi (kg/vuosi)	
	2005	2013	2005	2013	2005	2013
14.61	3423	0	233	0	19227	0
14.62	245	0	11	0	245	0
14.63	7118	0	162	0	7493	0
14.64	2023	0	98	0	3448	0
14.65	5289	0	369	0	3460	0
14.66	675	0	37	0	1190	0
14.67	0	0	0	0	0	0
14.68	0	0	4	0	0	0
Yht.	18 773	0	914	0	35 063	0

Taulukko 9. Turvetuotannon kiintoaine, fosfori ja typpikuormat v. 2005 ja 2013 Saarijärven reitin osavaluma-alueilla.

Alue	Kiintoaine (kg/vuosi)		Fosfori (kg/vuosi)		Typpi (kg/vuosi)	
	2005	2013	2005	2013	2005	2013
14.61	166	135	1	0,5	29	16
14.62	15707	14279	100	329	2777	2251
14.63	7184	5298	46	24	1271	754
14.64	25218	15337	160	50	4460	2078
14.65	1340	1214	8	5	237	143
14.66	43397	26928	275	89	7675	3022
14.67	64676	45433	415	241	11771	9524
14.68	0	0	0	0	0	0
Yht.	157 688	108 624	1 005	739	28 220	17 788

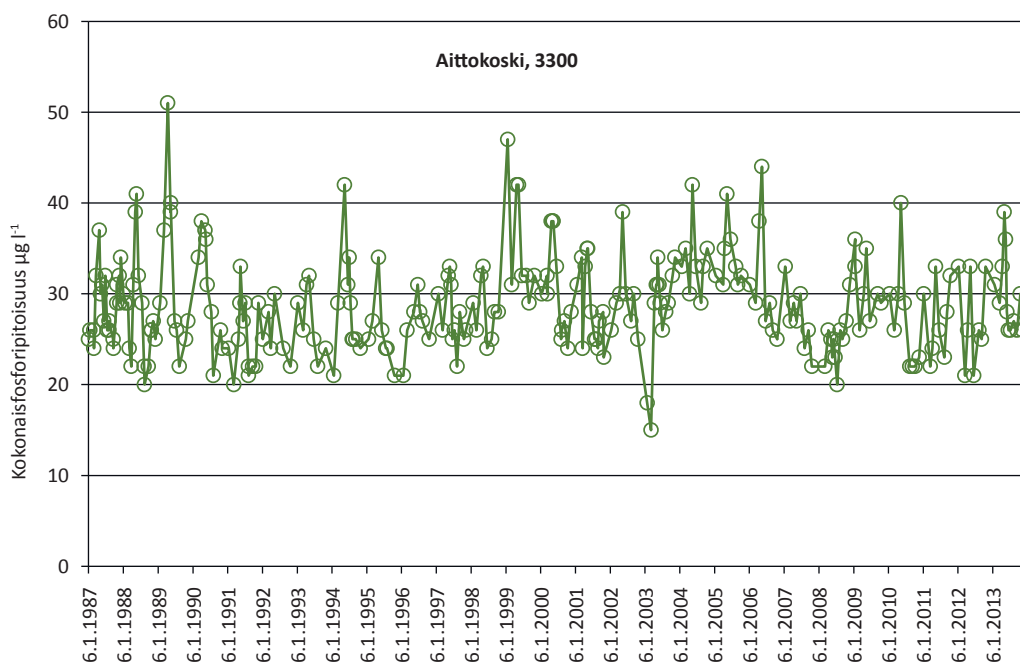
5.3.2 Veden laadun mittaukset

Saarijärven reitillä vedenlaadun mittauksia on tehty eniten valuma-alueella 14.61. Muun muassa Aittokosken pisteessä (sijainti merkitty kuvaan 31) otettiin vuosien 1987–2013 aikana 357 vesinäytettä, eli keskimäärin 14 näytettä vuodessa. Toiseksi suurin näytemäärä on samalla osa-valuma-alueella, Murronjoella, josta otettiin 124 näytettä vuosien 1995–2013 aikana, eli keskimäärin 7 näytettä vuodessa.

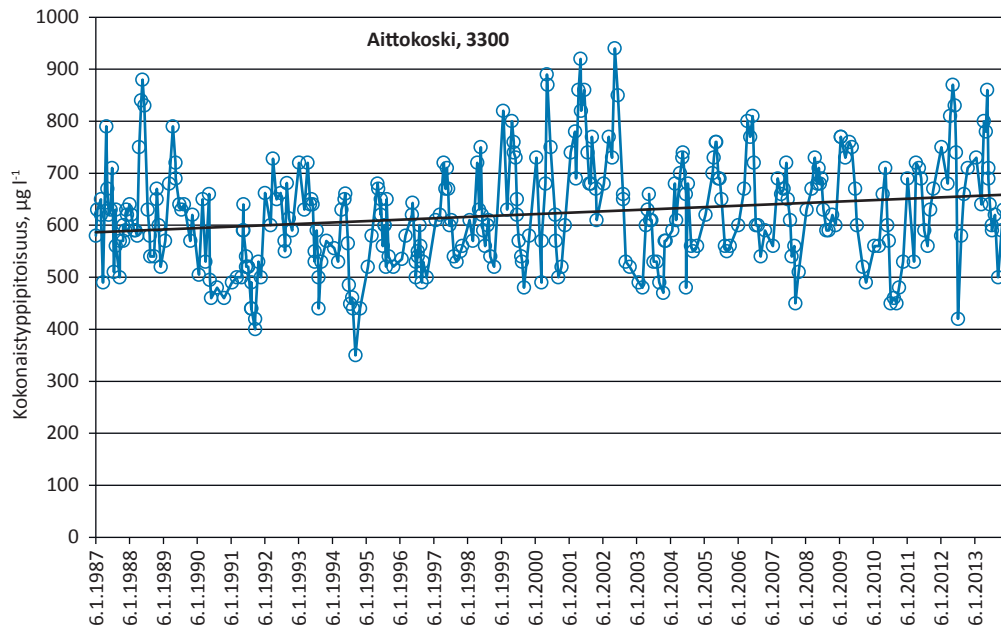
Aittokosken veden laadun pitkän jakson havaintojen perusteella nähdään, että fosforipitoisuudessa ei ole tapahtunut muutosta vuosien 1987–2013 aikana, mutta tyypessä, kiintoaineessa ja kemiallisessa hapen kulutuksessa havaitaan selvää nousevaa trendiä (kuvat 28–31). Keskimääräinen fosforipitoisuus jaksolla 1987–2013 on $29 \mu\text{g l}^{-1}$, vastaava typpipitoisuus $621 \mu\text{g l}^{-1}$ ja kiintoainepitoisuus hieman lyhyemmällä jaksolla $1,9 \text{ mg l}^{-1}$.

Luonnontilaisen alueen vastaavat pitoisuudet ovat typelle $344 \mu\text{g l}^{-1}$, fosforille $12 \mu\text{g l}^{-1}$ ja kiintoaineelle $0,53 \text{ mg l}^{-1}$. Saarijärven Aittokoskessa pitoisuudet ovat typelle 1,8 ja fosforille 2,4 kertaa suuremmat ja kiintoaineelle 3,5 kertaa suuremmat.

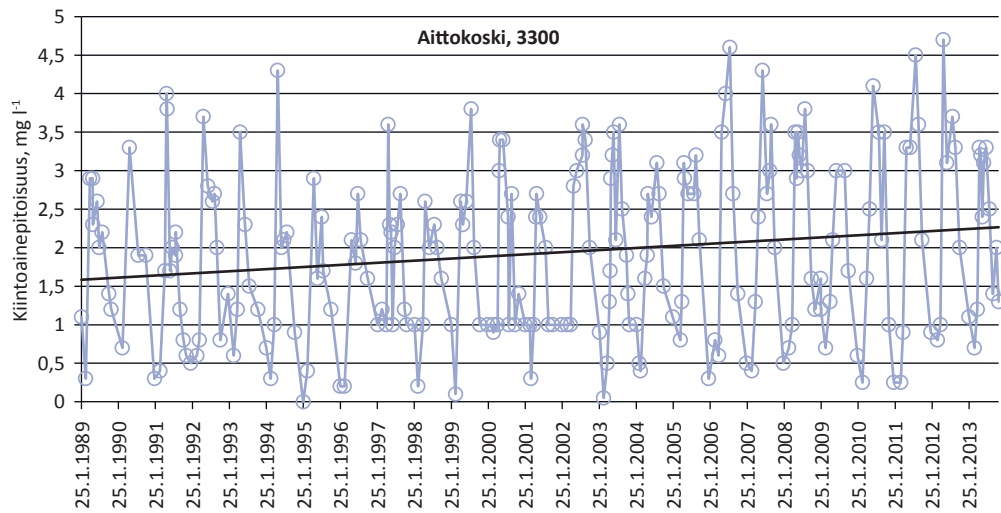
Kuvassa 32 on puolestaan esitetty kaikkien joki- ja järvihavaintojen kokonaisfosforin, -typen ja kemiallisen hapen kulutuksen tasoeroja alueen eri havaintopisteissä. Kuvasta havaitaan, että suurimmat yksittäisten havaintojen pitoisuudet esiintyvät alueella 14.64 ja 14.61. Pitoisuustasot ovat pienempiä järvien alapuolisissa joissa johtuen järvien hyvästä ravinteiden pidätyskyvystä. Saarijärven reitillä pitoisuustasot ovat hieman korkeampia kuin Kälkäjoella.



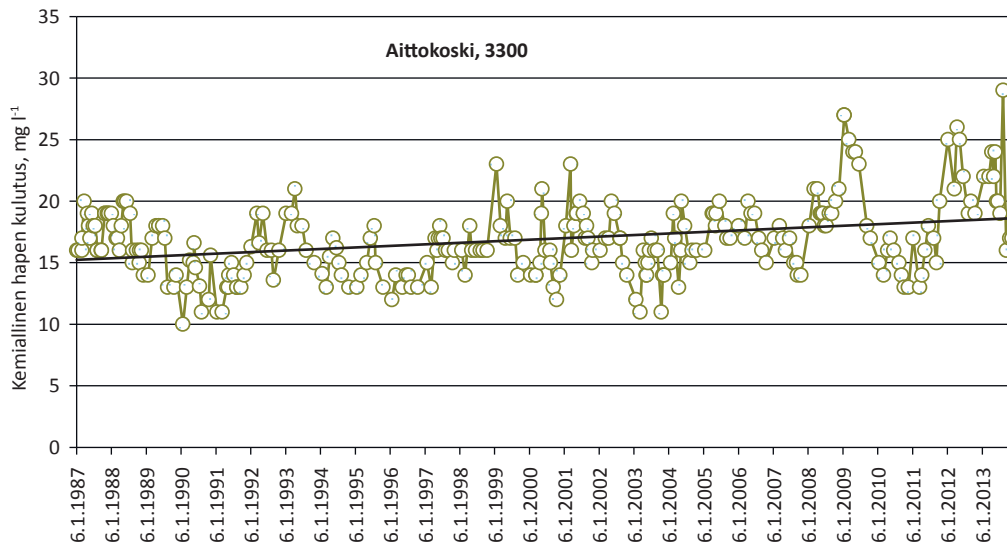
Kuva 28. Aittokosken kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu vuosina 1987–2013.



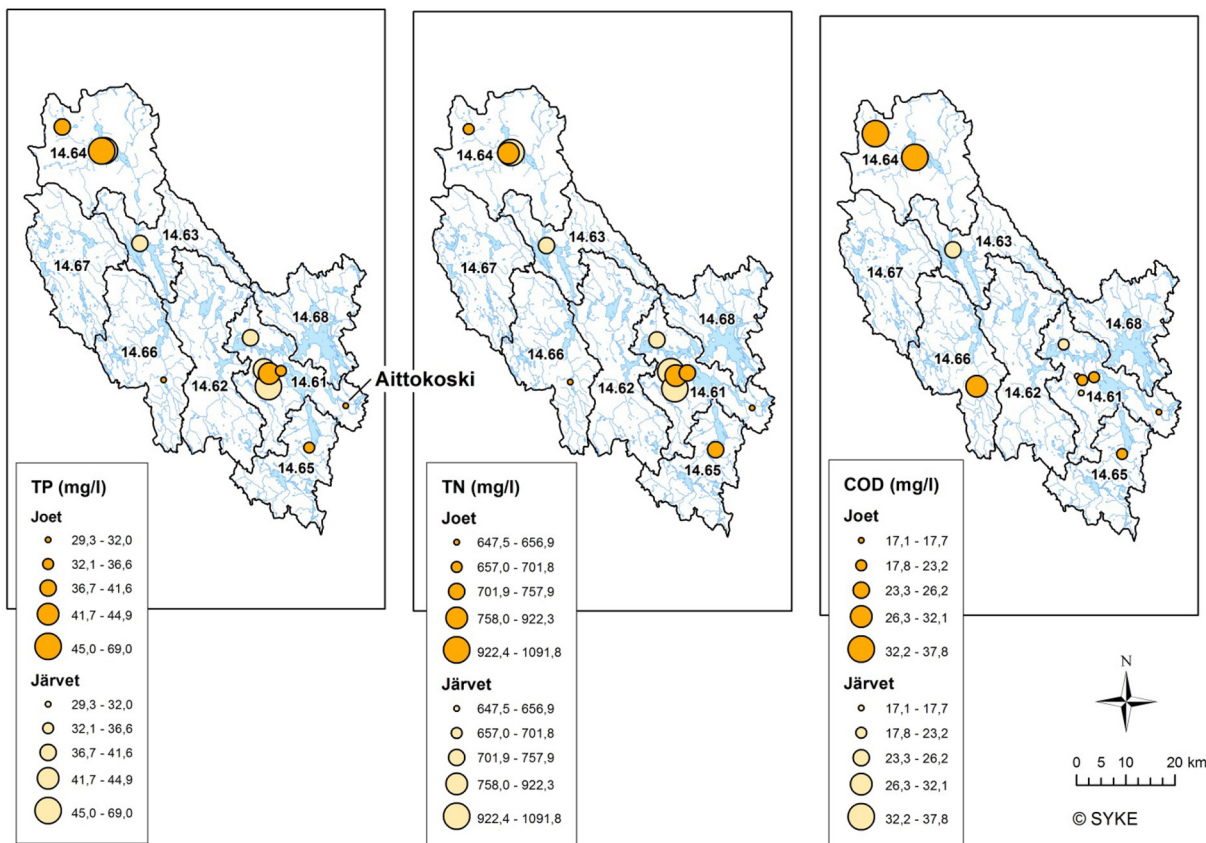
Kuva 29. Aittokosken kokonaistyyppiäytöisuuden vaihtelu vuosina 1987–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla.



Kuva 30. Aittokosken kiintoaineen vaihtelu vuosina 1989–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla (osa havainnoista määritysrajalla tai jopa alapuolella).



Kuva 31. Aittokosken kemiallisen hapen kulutuksen (COD_{Mn}) vaihtelu vuosina 1989–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla.



Kuva 32. Typpi- ja fosforipitoisuuden sekä kemiallisen hapen kulutuksen tasoeroja valuma-alueen joki- ja järviseurantapisteissä.

5.3.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin

Kuten Kälkäjoen tapauksessa, myös Saarijärven reitillä maatalous on suurin kuormittaja niin typen, fosforin kuin kiintoaineenkin osalta. Sen osuus kokonaiskuormasta on typen ja fosforin osalta selvästi suurempi kuin Kälkäjoen tapauksessa, jossa maatalousmaan osuus maapinta-alasta on pienempi. Kiintoaineen osalta Saarijärven VEMALA-arviossa metsätalouden osuus on suurempi kuin Kälkäjoella (kuva 33).

VEMALA mallin mukaan Saarijärven reitin pisteen Aittokoski (ks. kuva 31) vuosien 2000–2014 keskimääräinen typpikuorma on 2,3 kg/ha vuosi, fosforikuorma 0,09 kg/ha vuosi ja kiintoainekuorma 9,9 kg/ha vuosi (turvetuotanto sisältyy pistekuormaan).

Luonnonhuuhtouman osuutta kokonaiskuormasta arvioitiin kahdella eri menetelmällä, VEMALA- mallilla ja käyttäen Taulukon 2 ominaiskuormituslukuja (taulukko 10). Luonnonhuuhtouman keskimääräinen osuus kokonaisfosforikuormasta vaihteli välillä 31–33 %, typpikuormasta 44–52 % ja kiintoainekuormasta 10–41 %. Erot eri menetelmien välillä ovat pieniä fosforille, jonkin verran suurempia typelle. Ero on siis vastaava kuin Kälkäjoen arvioissa. Erityisesti kiintoaineen osalta eri menetelmien välillä on systemaattisia eroja.



Kuva 33. Saarijärven reitin valuma-alueen (14.6) kokonaistyyppi- ja -fosforin sekä kiintoaineen jakautuminen eri ihmisperäisiin kuormituslähteisiin laskettuna sekä VEMALA- mallilla että käyttäen taulukon 2 ominaiskuormituslukuja.

Taulukko II. Fosforin, typen ja kiintoaineen kokonaiskuormat (Σ kuorma), vastaavat luonnonhuuhtoumat (LH) sekä LH:n osuus kokonaiskuormasta laskettuna VEMALA-mallilla ja taulukon 2 ominaiskuormitusluvulla Saarijärven reitin valuma-alueilla.

Jakotunnus	Vemala			Taulukko 2		
	Σ kuorma t v ⁻¹	LH t v ⁻¹	LH/ Σ kuorma %	Σ kuorma t v ⁻¹	LH t v ⁻¹	LH/ Σ kuorma %
Fosfori	48	16	33	45	14	31
Typpi	1173	610	52	839	368	44
Kiintoaine	17819	7292	41	15107	1445	10

5.3.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi

Saarijärven reitin vesistöalueella ulkoista ravinne- ja kiintoainekuormitusta on vähennettävä, jotta vesien hyvä tila saavutetaan. Vesienhoitosuunnitelmassa ehdotettuja toimenpiteitä vesimuodostumien tilan parantamiseksi vuosille 2016–2021 ovat mm.

Maatalous

- maatalouden suojavaoähykkeet, kosteikot ja laskeutumisaaltaat
- talviaikainen eroosion torjunta
- ravinteiden käytön hallinta
- lannan ympäristöystävällinen käyttö

Metsätalous

- metsien kunnostusojituksen perusrakenteet
- metsälannoituksen suojakaistat
- ojitettujen, mutta jatkokasvatuskelvottomien soiden jättäminen ennallistumaan
- uudistushakkuiden suojakaistat

Haja-asutus

- keskitetyn viemäroinnin toteuttaminen haja-asutusalueille
- kiinteistökohtaisten jäteveden käsittelyjärjestelmien käyttö ja ylläpito, vakituiset asunnot & vapaa-ajanasunnot

Turvetuotanto

- turvetuotannon vesiensuojelun perusrakenteet
- virtaaman säätö
- kemiallisen käsittelyn lisäys, pienkemikalisointi - ympärivuotinen
- ojitettu (ja ojitamaton) pintavalutuskenttä pumppaamalla
- kasvillisuuskenttä/kosteikko, ei pumppausta

Vesienhoitosuunnitelmissa esitetään maatalouden kuormituksen vähentämiseksi suojavaoähykkeitä, talviaikaisen eroosion torjuntaa, lannoituksen vähentämistä ja viljelykasvien muutosta. Saarijärven reitin alueella lähes 70 % peltopinta-alasta on nurmella, joten suojavaoähykkeiden lisäys on järkevää vain viljapelloilla. Perinteisten vesiensuojelumenetelmien lisäksi alueella voisi hyödyntää myös uusia innovatiivisia menetelmiä, kuten erilaisten kalkkipohjaisten aineiden ja biopolymeerien testausta lisätoimenpiteenä riskialttiimmilla pelloilla. Kerääjäkasvien käyttöä kannattaisi myös lisätä ja harkita biomassan hyödyntämistä muutenkin kuin lisäämällä eloperäisen aineksen määrää maahan.

Saarijärven reitillä melko pienestä peltoprosentista huolimatta maatalouden kuormituksen alentamiselle on paremmat edellytykset kuin Kälkäjoella. Vaikka Saarijärven reitillä taustakuormituksen osuus kokonaisainevirtaamisissa on pienempi kuin

Kälkäjoella, on sen osuus kuitenkin niin suurta, että merkittäväkin kuormittajakohdainen kuormituksen leikkaaminen vaikuttaa kokonaisainevirtaamiin suhteellisen vähän. Niinpä maatalouden ohella talkoisiin täytyy osallistua myös muiden kuormittajien pienestä suhteellisesta kuormitusosuudesta huolimatta. Myös lisääntyvät kunnostusojitukset, metsänlannoitukset ja kantojen nosto bioenergian tuotannossa voivat potentiaalisesti kääntää kuormituksen uudelleen nousuun.

5.3.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta

Kuten Kälkäjoen tapauksessa, vesistöalueen tilaa pysyvästi muuttavat ympäristöriskit ovat lähinnä laaja-alaiset maankäyttöä koskevat muutokset, loma-asutuksen voimakas laajeneminen ja ilmastonmuutos. Esimerkiksi maataloudessa vallitsevan tuotantosuunnan muutos johtaessaan laajan nurmialan säännölliseen vuosittaiseen muokkaukseen (kyntö) on riski. Ilmaston lämpenemisen seurauksena haitalliset vaikutukset olisivat moninkertaiset. Lisäksi ilmaston muutoksen vaikutukset Saarijärven reitin kaltaisilla turvemaapitoisilla vesistöalueilla lisäävät mineralisaatiota ja näin ollen hiilen ja typen huuhtoutumista. Tästä johtuen maankäyttömuutokset voivat olla suuri riski.

Saarijärven reitin vesien hyvä tila saavutetaan vesienhoitosuunnitelmien mukaan vasta vuonna 2027. Kuormituksen vähentäminen edellyttää tehokkaiden ja laajamittaisten vesiensuojelutoimien välitöntä käyttöönottoa, joiden vaikutukset näkyvät kuitenkin vasta hitaasti. Niissä tilanteissa, joissa ihmisperäisen kuormituksen osuus kokonaisainevirtaamasta on suuri, toimenpiteiden vaikutukset näkyvät nopeammin erityisesti paikallisissa pistekuormitustilanteissa.

5.4 Yhteenveto alueista

Tässä esimerkkinä toimineen kahden vesistöalueen tarkastelu nostaa monia vesienhoitoon ja sen suunnitteluun liittyviä kysymyksiä esille. Erityisesti vesistöjen luokittelun taustalla olevien ravinnevirtojen merkityksen arviointi suhteessa tarvittaviin vesienhoitotoimenpiteisiin ja niiden kustannustehokkuuteen nousevat keskiöön.

Vesienhoidon suunnittelussa lähtökohtana on paineiden tunnistus, jonka perusteella tarvittavat toimenpiteet voidaan kohdentaa kuormituksen alkulähteille. Yksi käytetyimpiä ainevirtaamien alkuperää kuvaavia menettelyjä on esittää vuosikuormitus vesistöalueilla tai tapauskohtaisesti pienemmällä valuma-alueilla kuormituksen suhteellisina jakaamina. Tässä on huomattavaa se, että varsinkin hajakuormituksen osalta jakaumat ovat yleensä hyvin samantapaisia riippumatta absoluuttisesta kuormitustasosta tai vesistöjen tilasta. Tämä tulee esille erityisesti maatalousperäisen kuormituksen suurena osuutena, vaikka viljellyn maan pinta-ala olisi vain muutama prosentti valuma-alueen pinta-alasta. Tilanteissa, joissa vesistöön tulevien ainevirtaamien määrä on pieni ja vesistön tila on hyvä, ei kuormituksen suhteellisella jakaumalla vesienhoidon suunnittelussa ole enää käyttöä. Kuormitusta voidaan pienentää kustannustehokkaasti vain silloin, kun sitä on todennetusti olemassa.

Vesienhoidossa edellytetään kuormituslähteille varmentavia toimenpiteitä, jotta vesientila ei heikentyisi tulevaisuudessakaan. Varmuuden vuoksi suunniteltavien toimenpiteiden sijaan tulisi kullekin vesistön esittää kuormituksen raja-arvot, joiden alapuolella kaikkien aktiivisten maankäyttö- ja tuotantomuotojen tulisi olla pysyvästi. Kuormittuneiden vesistöjen kohdalla tämä merkitsee aktiivisia vesienhoitotoimenpiteitä ja hyvässä tilassa olevien vesistöjen kohdalla varautumista niiden toteuttamiseen sekä jatkuvaa valppaana oloa erityisten riskien esim. uusien tuotantomuotojen aiheuttamien kuormituslisäysten varalle. Tämän lisäksi myös ilmastonmuutos aiheuttaa todellisen riskin vesistöjen tilaan.

Vesistöjen tila muuttuu pitkällä aikavälillä siihen tulevien ravinnemäärien mukaan, mikä koskee sekä ravinnevirtojen kasvua että alenemista. Yksittäisen kuormittajan tai kuormittajien laajamittaisilla vesiensuojelutoimenpiteillä saadaan aikaiseksi vesistövaikutuksia, mikäli kokonaisainevirtaamat pienenevät. Pieniä muutoksia ei mittauksilla pystytä todentamaan. Käytännössä yksittäisen kuormituslähteen omat toimenpiteet usein tahtovat jäädä vaikutuksiltaan vaatimattomiksi. Aiheuttaako sitten samansuuruinen kuormituksen lisäys herkemmin näkyviä vesistömuutoksia huonompaan suuntaan - tätä ei tiedetä.

Esimerkkialueista Kälkäjoella vesistön tila on hyvä, eikä välittömille vesiensuojelutoimenpiteille ole tarvetta. Kysymys on lähinnä siitä, muuttuuko vesistöjen tila pidemmällä aikavälillä nykyisten maankäyttömuotojen pysyessä ennallaan esim. ilmastonmuutoksen paineissa. Saarijärven reitin varrella on selkeämmin tarvetta kaikkien sektoreiden vesiensuojelutoimenpiteille, joita on myös esitetty vesienhoidon toimenpideohjelmissa.

Erityisesti orgaanisen hiilen ja kiintoaineen kuormitusarviot ovat molemmilla laskentamenetelmillä epävarmoja, koska veden laatuhavaintojen määrä on molemmilla alueilla liian pieni. Tarkemmat vesistöjen tila-arviot edellyttävät tiheämpää vesinäytteiden analysointia, joista voi seurata myös luokittelun muutos, vaikka vesistön ulkoisessa kuormituksessa ei olisi tapahtunutkaan muutosta.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli koota keskitetysti vesistökuormitusta kuvaavia kuormittajakoh-
taisia ominaiskuormituslukuja ja selvittää niiden perusteella eri maankäyttömu-
tojen alueellisia kuormitusosuuksia. Raportissa kuvataan laajalti eri kuormittajien
taustatietoja, niissä tapahtuneita muutoksia, kuormitusvertailujen vaikeutta ja ennen
kaikkea käytettävissä olevan tiedon epävarmuutta. Työssä annetaan myös selonteko
ihmistoiminnon aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvite-
tään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla
ja tarkemmin muutamalla valitulla vesistöalueella

Kuormitusluvut tarkentuvat sitä mukaa kun uutta kattavampaa ja tarkempaa tut-
kimustietoa saadaan julkaistua. Esim. maatalouden kuormitusluvut perustuvat pien-
ten valuma-alueiden seurantoihin, joista 30 vuoden ajalta kertyneestä aineistosta on
parhailaan valmistumassa uusin, päivitetty tieteellinen artikkeli. Aikaisempi artik-
keli samasta aiheesta on vuodelta 2002. Vastaavanlaista seuranta-aineistoa kokoavaa
menetelmää ja tulosten tieteellistä julkaisumenettelyä on sovellettu metsätalouden
kuormituksen sekä luonnonhuhuhtouman arvioinnissa. Luonnonhuhuhtouman osalta
ominaiskuormituslukujen laskentaan käytetty havaintojakso jäi lyhyeksi, mikä hei-
kentää tuloksen luotettavuutta. Pistemäistä kuormitusta kuvaavat tunnusluvut ovat
luotettavampien mittausjärjestelmien vuoksi hajakuormituslukuja tarkempia. Tässä
työssä esitetyt kuormitusluvut ovat luonteeltaan keskimääräisiä lukuja. Maankäyttöä
tarkastellaan koko Suomen tasolla, vesienhoitoalueilla ja tarkemmin kahdella vali-
tulla vesistöalueella. Mm. maatalous ja rakennettu alue keskittyvät Suomenlahden ja
Kokemäenjoen-Saaristomeren ja Selkämeren vesienhoitoalueille ja ojitetut turvemaat
Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueelle.

Työssä tarkastellaan myös malleja joiden avulla voidaan saada monipuolisem-
pi käsitys kuormituslukujen virhelähteistä. Valtakunnallisten kuormitusarviointien
tarkkuus riittää kuormituslähteiden kokonaistarkasteluun. Rajatummassa alueel-
lisissa tarkasteluissa lopputulos voi jäädä epäselväksi. Tällaisessa tilanteessa esiin
nousevia kysymyksiä ovat kuormituslähteen suhde toiseen kuormituslähteeseen
tai luonnonhuhuhtouman osuus kokonaisainevirtaamassa. Esimerkiksi maatalouden
keskimääräinen kuormitusluku sisältää myös luonnonhuhuhtouman. Todellisuudessa
tällä ei ole juurikaan merkitystä lähdekohtaiseen kuormitusjakaumaan sen vuoksi,
että maatalouden pinta-alkohtainen typpi- ja fosforikuorma (fosfori $1,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$,
typpi $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$) on kymmen–kaksikymmenkertaista luonnonhuhuhtoumaan (fos-
fori $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$, typpi $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$) verrattuna. Sen sijaan luonnonhuhuhtoumaa
kuvaavaan kuormituslukuun sisältyvä, esim. 20 %:n virhe, vaikka olisikin absoluuttisena
arvona mitättömän pieni, aiheuttaisi koko maa-alueelle (30,4 milj. ha) laskettuna
suuren muutoksen ainevirtaamien jakaumiin. Orgaanisen aineksen heikommasta
seuranta- ja tutkimustaustasta johtuen vain osalle kuormituslähteistä voidaan esittää
arvio orgaanisen kuormituksen suuruudesta.

Tässä esitetyt kuormitusluvut ovat työväline mm. vesienhoidon suunnitteluun
tai tuotannollisen toiminnan vesistövaikutusten arviointiin (taulukko 2). Lukuihin
liittyvän epävarmuuden vuoksi niiden käyttö ja tulosten merkityksen arviointi edel-
lyttää perehtymistä itse kuormituslukuihin ja niiden taustoihin. Keskimääräiset luvut
eivät välttämättä kuvaa todellista kuormitusta kaikissa olosuhteissa, mikä ilmenee jo
lukujen suurena vaihteluvälinä (liite1). Kuormituslukujen ohella on oleellista tietää
tarkasti myös tuotannollinen pinta-ala, jolla kuormitusta muodostuu. Eri aikoina ja
eri lähdeaineistoihin perustuvat valtakunnalliset tai alueelliset kuormitusjakaumat
eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Kokonaisuutta on aina tarkasteltava vastaan-
ottavan vesistön näkökulmasta. Huomioitava on myös se, että vesistön tila-arvio
voi muuttua tarkemman vesistöseurannan tuloksena, mikä taas vaikuttaa arvioon
vesistön kuormituksen sietokyvystä.

KIRJALLISUUS

- Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta tutkimus (MYTVAS 3) – Väiliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2010. 145 s.
- Aakkula, J., Leppänen, J. (Eds.) 2014. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta tutkimus (MYTVAS 3) : loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3: 265 p. Maa- ja metsätalousministeriö [url]
- Berninger, K., Koskiahio, J. & Tattari, S. 2012. Constructed wetlands in Finnish agricultural environments: balancing between effective water protection, multi-functionality and socio-economy. *Journal of Water and Land Development* 17: 19–29.
- Bärlund, I., Tattari, S., Puustinen, M., Koskiahio, J., Yli-Halla, M., Posch, M. 2009. Soil parameter variability affecting simulated field-scale water balance, erosion and phosphorus losses. *Agricultural and Food Science* 2009; 18 (3-4): 402-416.
- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahio, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen Ympäristö 10. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 33 s. <http://hdl.handle.net/10138/37973>.
- Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V. & Regina K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469.
- Huhta, H. & Jaakkola, A. 1993. Viljelykasvien ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 20/93.
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. 2015 (accepted). A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. *Environmental Modeling and Assessment*. DOI 10.1007/s10666-015-9470-6.
- Ikonen, U. 2012. Suomen kemiallisen metsäteollisuuden päästökehitys vuoteen 2020. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Ympäristötekniikka. Diplomityö. 137 s
- Joensuu, S., Makkonen, T., Vuollekoski, M., Leinonen, A., Sarkkola, S. 2008. Metsätalouden vesiensuojelu. *Vesitalous* 6: 19–25.
- Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S & Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - kouluttajan aineisto. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki 137 s.
- Järvenpää, L. & Savolainen, M. (toim.) 2015. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 191 s.
- Kenttämies, K., Mattsson, T. (toim.) 2006. Metsätalouden vesistökuormitus MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816, 160 s.
- Kløve, B., Saukkoriipi, J., Tuukkanen, T., Heiderscheidt, E., Heikkinen, K., Marttila, H., Ihme, R., Depre, L. & Karppinen, A. 2012. Turvetuotannon vesistökuormituksen ennakointi ja uudet hallintamenetelmät. Suomen ympäristö 35/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 31 s.
- Kløve, B., Tuukkanen, T., Marttila, H., Postila, H. & Heikkinen, K. 2013. Turvetuotannon kuormitus – kirjallisuuskatsaus ja asiantuntija-arvio turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä. TASSO-hankkeen raportti 29 s. (PDF).
- Koistinen, A. 2012. Keski-Suomen vesien tila. Maakuntavaltuusto, Saarijärvi 6.6.2012. Keski-Suomen ELY-keskus.
- Kortelainen, P., Mattsson, T., Finér, L., Ahtiainen, M., Saukkonen, S. & Sallantausta, T. 2006. Controls on export of C, N, P and Fe from undisturbed boreal catchments, Finland. *Aquatic Sciences* 68: 453–468.
- Koskiahio, J. 2006. Retention performance and hydraulic design of constructed wetlands treating runoff waters from arable land. *Acta Univ. Oul. C* 252. (Väitöskirja).
- Koskiahio, J., Puustinen, M. & Kotamäki, N. 2009. Retention performance of a constructed wetland as measured automatically with sensors. Proceedings of the International Symposium on Environmental Science and Technology, June 02-05, 2009 Shanghai, China. *Progress in Environmental Science and Technology*, Vol. II, Part A, 21–30.
- Koskiahio, J. & Puustinen, M. 2015. Retention performance of two constructed wetlands as determined from 7- and 4-year continuous time series recorded automatically with sensors. *Ecological Engineering* (käsikirjoitus).
- Kotamäki, N., Pätynen, A., Taskinen, A., Huttula, T. & Malve, O. 2015. Statistical Dimensioning of Nutrient loading reduction: LLR Assessment Tool for Lake Managers. Environmental management. Published online: 30 April 2015.
- Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla, osa 2: koealuetutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Teknillinen korkeakoulu, Espoo. 203 s.
- Launiainen, S., Sarkkola, S., Laurén, A., Puustinen, M., Tattari, S., Mattsson, T., Piirainen, S., Heinonen, J., Alakukku L. & Finér, L. 2014. KUSTAA -työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2014. Suomen ympäristökeskus (SYKE), Helsinki. 55 s.
- Lepistö, A., Futter, M.N. & Kortelainen, P. 2014. Almost 50 years of monitoring shows that climate, not forestry, controls long-term organic carbon fluxes in a large boreal watershed. *Global Change Biology* 20: 1225–1237.

- Leskelä A., Pienimäki, M. & Pekkala, M. 2010. Selvitys turvetuotannon humuspäästöistä ja humuksen merkityksestä vesistöissä. Pöyry Finland Oy.
- Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Tamminen, P. 2009. Suomen maan-
nostietokanta. Käyttöopas versio 1.0. MTT Tiede 6, 71 s.
- Lundin, L. 1999. Effects on hydrology and surface water chemistry of regeneration cuttings in peatland
forests. *International Peat Journal* 9: 118–126.
- Manninen, N., Soenne, H., Lemola, R., Hoikkala, L. & Turtola, E. 2015. Concentrations and fluxes of
Dissolved Organic Matter in Drainage water from Agricultural land. Som 2015: 5th International
Symposium on Soil Organic Matter. September 20-24, 2015. Göttingen, Germany. Poster.
- Mattsson, T., Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. 2003. Brook water quality and background leach-
ing from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 147: 275–297.
- Mattsson, T., Finér, L., Joensuu, S., Tattari, S., Penttinen, J., Ilvesniemi, H., Hiltunen, T., Makkonen, T.,
Seppälä, M., Hilska-Aaltonen, M. 2014. Metsätalouden vesistöille aiheuttamaa kuormitusta seura-
taan. *Vesitalous* 5/2014, s. 29-32.
- Metsätalustollinen vuosikirja –Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2012. Metsäntutkimuslaitos. Vam-
malan kirjapaino Oy, Sastamala. 452 s.
- Myllys, M., Lilja, H., Regina, K. 2012. The area of cultivated organic soils in Finland according to GIS
datasets. In: Proceedings of the 14th International Peat Congress, Peatlands in Balance, Stockholm,
Sweden, June 3-8, 2012. 5 p.
- Nieminen, M. 2004. Export of dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorous following clear-cut-
ting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in southern Finland. *Silva Fennica*
38(2): 123–132
- Niskanen, O. & Lehtonen, E. 2014. Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla.
MTT:n raportti 150.
- Nyroos, H., Partanen-Hertell, M., Silvo, K. & Kleemola, P. (toim.). 2006. Vesiensuojelun suuntaviivat
vuoteen 2015 - Taustaselvityksen lähtökohdat ja yhteenvedo tuloksista. Suomen ympäristö 55, 68 s.
- Ojanen, P. 2008. Vesistökuormituksen kehitys ja metsäteollisuudelta vaadittavat vesiensuojelutoimenpi-
teet Kaakkois-Suomessa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2008. Kaakkois-Suo-
men ympäristökeskus, Kouvola. 74 s.
- Peltola-Thies, J. 2005. Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. Vakkilainen, P., Kotola, J. &
Nurminen, J. (toim.). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö,
Helsinki. Suomen ympäristö 776. 116 s.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiahho, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. 2010. VIH-
MA - A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricul-
tural catchments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138(3–4): 306–317
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormituk-
seen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A.
Helsinki 1994.
- Pöyry Finland Oy. 2014. Turvetuotantoalueiden ominaiskuormitus selvitys – Vedenlaatu- ja kuormitus-
tarkastelu vuosien 2008–2012 tarkkailuaineistojen perusteella. Bioenergia ry. 78 s. + liitteet.
- Roiha, T. 2014. Puulan länsiosan kuormitus selvitys - Kuormituslähteiden ja kuormituksen ajallisen ja
paikallisen vaihtelun tunnistaminen. 78 s. (selvitystyö).
- Rontu, M. & Santala, E. 1995. Haja-asutuksen jätevesien käsittely. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisu-
ja 584. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. 64 s.
- Savolainen, M., Heikkinen, K. & Ihme, R. 1996. Turvetuotannon vesiensuojeluohjeisto. Ympäristöopas 6.
Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 84 s.
- Schelker, J., K. Eklöf, K. Bishop, & H. Laudon. 2012, Effects of forestry operations on dissolved organic
carbon concentrations and export in boreal first-order streams, *Journal of Geophysical Research* 117(G1).
DOI: 10.1029/2011JG001827.
- Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H-R. & Yli-Halla, M., 2001.
Modeling sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. *Transactions of ASAE* 44:
297–307.
- Tattari, S. & Linjama, J. 2004. Vesistöalueen kuormituksen arviointi. *Vesitalous* 3: 26–30.
- Tattari, S., Lepistö, A., Koskiahho, J., Linjama, J. & Puustinen, M. 2015. Maa- ja metsätalouden aiheuttama
hajakuormitus – havaintaanko muutoksia pitkällä jaksolla? *Vesitalous* 2:19–24.
- Toivikko, S-R. 2009. Typpihaasteen jälkimainingit (pääkirjoitus). *Vesitalous* 6, s. 5.
- Trowsdale, S.A. & Simcock, R. 2011. Urban stormwater treatment using bioretention. *Journal of Hydrology*
397(3–4): 167–174.
- University of Technology Hamburg-Harburg. LESSON A1: CHARACTERISTIC, ANALYTIC AND
SAMPLING OF WASTEWATER > Definition and measurement of wastewater parameters > Chem-
ical Parameters > Interrelationship between BOD, COD and TOC. (online: [http://cgi.tu-harburg.
de/~awwwweb/wbt/emwater/lessons/lesson_a1/lm_pg_1068.html](http://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/lessons/lesson_a1/lm_pg_1068.html))
- Valtanen, M. 2015. Effects of urbanization on seasonal runoff generation and pollutant transport under
cold climate. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. (Väitöskirja). [https://helda.helsinki-
fi.fi/bitstream/handle/10138/153832/Effectso.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153832/Effectso.pdf?sequence=1).
- Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K., Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and
phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental
Monitoring and Assessment* 76: 213–248.

- Vuorenmaa, J. 2004 Long-term changes of acidifying deposition in Finland (1973–2000). *Environmental Pollution* 128: 351–362.
- Väisänen S. & Puustinen M. (toim.) 2010. Maatalouden vesistökuormituksen hallinta. Seuranta, mallit ja kustannustehokkaat toimenpiteet vesienhoidon toimenpideohjelmassa. Suomen Ympäristö 23. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 26 s.
- Väyrynen, T., Aaltonen, R., Haavikko, H., Juntunen, M., Kalliokoski, K., Niskala, A-L. & Tukiainen, O. 2008. Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas. Ympäristöopas, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, 87s.
- Ympäristöministeriö, 2011. Haja-asutuksen jätevedet. lainsäädäntö ja käytännöt. Ympäristöopas, 125 s.
- Ympäristötilasto. 2013. Ympäristö- ja luonnonvarat 2013. Tilastokeskus. Edita Prima, Helsinki, ISBN 978-952-244-442-4 (pdf).

Liite 1. Ominaiskuormituslukujen vaihteluväljä. Lähde: KUSTAA-työkalu (Launiainen ym. 2014).

	Kiintoaine (kg/ha/v)			Kokonaisfosfori (kg/ha/v)			Kokonaistyyppi (kg/ha/v)		
	Minimi	Keskiarvo	Maksimi	Minimi	Keskiarvo	Maksimi	Minimi	Keskiarvo	Maksimi
Taustakuorma ja laskeuma									
Taustakuorma	0,9	5,1	47	0,018	0,049	0,146	0,29	1,25	2,3
Laskeuma	0,0	0,0	0	0,070	0,100	0,150	2,00	3,00	4,0
Metsätalous									
Uudistushakkuu + maanmuokkaus, kivennäismaat	0	0	0	0,00	0,03	0,08	0,0	0,5	1,0
Uudistushakkuu, turvemaat	0	0	0	0,03	0,06	0,09	1,2	2,6	4,0
Uudisojitus	17	246	855	0,00	0,17	0,39	1,2	2,3	3,4
Kunnostusojitus	50	97	150	0,00	0,10	0,22	0,0	0,0	0,0
Lannoitus, kivennäismaat	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,0	1,5	3,0
Lannoitus, turvemaat	0	0	0	0,00	0,14	0,28	0,0	0,0	0,0
Peltoviljely¹⁾									
Syyskylvä tai sitä vastaava muokattu paljas maa	720	925	1090	0,92	1,24	1,66	15,0	17,9	20,0
Syysvilja	540	690	815	0,74	1,01	1,35	17,2	21,4	21,4
Syvä sänkimuokkaus 10-15 cm (kultivaattori)	605	775	910	0,83	1,15	1,58	10,6	11,9	12,7
Matala sänkimuokkaus alle 10 cm (äes)	485	625	735	0,71	1,02	1,51	5,1	9,9	15,5
Talviaikainen sänki	470	605	710	0,74	1,11	1,58	9,3	12,1	14,3
Suorakylvä, syysvilja	290	330	355	0,96	1,67	2,75	9,0	9,9	11,1
Suorakylvä, kevätilja	290	330	355	0,87	1,29	1,85	9,0	9,9	11,1
Pysyvä nurmipeite	290	305	320	0,76	1,07	1,50	5,2	7,2	8,2
Karjatalous									
Siiplikarja					0,002			0,013	
Nautakarja					0,44			2,5	
Lihakarja					0,22			1,3	
Sikala					0,07			0,4	
Porotarha					0,06			0,4	
Yhdyskunnat ja haja-asutus									
Taajama-asutus, jätevedet puhdistettu	0,003	0,4	0,88	0,01	0,03	0,18	0,6	2,4	4,4
Taajama-asutus, käsittelemättömät jätevedet		27,8			0,90			5,3	
Haja-asutus, jätevedet puhdistettu		3,7			0,25			1,0	
Haja-asutus, jätevesiasetuksen minimitaso		3,7			0,24			3,6	
Kesämökki (rannalla)	0,003	3,7	10,08	0,01	0,07	0,19	0,1	0,4	1,1
Hulevedet (rakennettu ympäristö keskimäärin (kg/ha/v))	110	372	790	0,24	0,66	1,36	2,9	5,6	8,8

Turvetuotanto	Kiintoaine (kg/ha/v)		Kokonaisfosfori (kg/ha/v)		Kokonaistyppi (kg/ha/v)				
	0	17	34	0,00	0,23	0,46	0,0	7,8	17,6
Kuntoonpanovaihe, pintavalutuskenttä	0	47	148	0,00	0,41	0,81	0,0	10,1	20,2
Perustaso	0	53	106	0,00	0,30	0,60	0,0	8,6	17,1
Virtaamansäätö	0	42	84	0,00	0,22	0,44	0,0	9,1	18,2
Kasvillisuuskenttä	0	24	48	0,00	0,27	0,54	0,0	5,7	11,4
Pintavalutus, ympärivuotinen	0	11	22	0,00	0,11	0,22	0,0	4,6	9,2
Pintavalutus, sulan maan aika	0	35	35	0,00	0,24	0,48	0,0	5,7	11,4
Kemikalointi, sulan maan aika	0	48	96	0,00	0,22	0,44	0,0	6,4	12,8
Muut kuormituslähteet	Kiintoaine (kg/tuotettu t/v)		Kokonaisfosfori (kg/tuotettu t/v)		Kokonaistyppi (kg/tuotettu t/v)				
Selluntuotanto	0,0	0,60	2,6	0,007	0,015	0,040	0,01	0,18	0,45
Paperintuotanto	0,1	0,40	0,7	0,003	0,008	0,017	0,03	0,14	0,31
Kalanviljelylaitokset, maalla					7,2			39,0	
Kalanviljelylaitokset, vesiviljely					7,0			44,0	
Lannoitevalmistus					0,001			0,06	
Turkistarhaus					27			253	

¹⁾ Ominaiskuormitusluvut kuvaavat savimaan pelloin kuormitusta, jonka kaltevuus on 1,5 - 3,0%, minimi ja maksimiarvot on keskimääräistä hydrologisen vuoden aiheuttamaa vaihtelua. Kokonaisfosforin ominaiskuormitusluku sisältää liukoista fosforia, jonka minimi ja maksimiin vaikuttaa myös pelloin fosforitila (P-luku alle 8 mg – yli 14 mg litrassa maata). Muita kaltevuusluokkia ja maalajeja vastaavat menetelmäkohtaiset ominaiskuormitusluvut on esitetty KUSTAA-raportissa (Launiainen ym. 2014).



ISBN 978-952-11-4534-6 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokj.)