

Ilmastokestävyys valuma-alueella

Elsi Kauppinen

Ilmastokestävyys tarkoittaa sitä, että ilmastonmuutoksen tuomat vaikutukset ja riskit tunnetaan sekä niihin on sopeuduttu. Valuma-alueella sopeutumisessa tulee huomioida sekä vesimäärät että veden laatu ja niihin vaikuttavat tekijät.

Haavoittuvuuden analysoinnissa tunnistetaan vaikutukset sekä arvioidaan niiden aiheuttama ilmatoriski joko valuma-alueelle suoraan tai valuma-alueella sijaitseville toimintoille. Tässä analyysiä varten on valittu kolme erityyppistä valuma-aluetta Varsinais-Suomen alueelta: Paimion-, Mynä- ja Sirppujoki.

Sektorianalyysi vs valuma-alueen analyysi

Sektorikohtainen haavoittuvuusanalyysi on esimerkiksi Sorvalin julkaisu vuodelta 2013¹, jossa on hyödynnetty IPCC:n toimialojen haavoittuvuuden arvioimiseksi kehittelemiä kriteereitä. Lisäksi tarkempia toimialakohtaisia haavoittuvuusanalyyskejä on tehty mm. vesihuollon², kunnallisen aluesuunnittelun³ ja maatalouden⁴ osalta. Ottamalla haavoittuvuusanalyysin lähestymistavaksi esimerkiksi vesistön voidaan erilaisia ilmastokestävyysprioriteetteja nostaa esille kuin toimialoittain tehdyssä tarkastelussa. Toimialakohtainen lähestyminen korostaa taloudellisia menetyksiä ja riskejä, kun taas maantieteellinen tai ekologinen alue lähtökohdaksi voidaan korostaa erilaisia ympäristövaikutuksia ja niiden kerrannaisvaikutuksia (kuva 1). Tällöin voidaan löytää erilaisia haavoittuvuuksia ja sopeutumisen prioriteetteja.

Tässä haavoittuvuusanalyysissä lähestytään ilmastokestävyyttä Varsinais-Suomesta esimerkeiksi valittujen vesistöjen näkökulmasta. Tällöin tutkimuskysymys on: ”kuinka ilmastonmuutos vaikuttaa vesistöön ja valuma-alueeseen”. Sektoreiden ilmastokestävyys huomioidaan tällöin vain sen kautta, kuinka sektorikohtaiset toiminnot vaikuttavat vesistön ja valuma-alueen ilmatoriskin suuruuteen tai millaisia epäsuoria vaikutuksia kohdistuu vesivaroista riippuvaisiin toimintoihin. Ilmastonmuutoksen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen jätetään tässä huomioimatta aiheen rajaamiseksi.

Mitta-asteikko haavoittuvuuden arviointiin on viisiasteinen (0-4), jossa pienet arvot kuvaavat pientä haavoittuvuutta tai vaikutusten laajuutta ja suuret arvot suurta haavoittuvuutta ja tai vaikutusten laajuutta. Arvot alustaviin arviointeihin on sijoitettu mitta-asteikolle tutkimuksesta etsittyjen tietojen, ilmastomallinusten sekä asiantuntija-arvion perusteella.

¹ Sorvali, J. 2013. Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus.

² Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. & Maunula, M. 2013. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2013.

³ Ympäristöministeriö 2015. Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus – Näkökulmia kuntakaavoitukseen. Suomen ympäristö 3/2015.

⁴ ILMAPUSKURI-hankkeen loppuraportti. 2016. Säävaihtelun ja ääri-ilmiöiden aiheuttamien riskien hallinta haavoittuvuuden vähentämiseksi ja puskurointi- ja palautumiskyvyn parantamiseksi. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535839/MMM%20ILMAPUSKURI%20loppuraportti_2016.pdf?sequence=1

Haavoittuvuusanalyysin tekotavat

Ilmastonmuutoksen vaikutukset	
Toimiala	Alue
<p>Alat, joihin ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan:</p> <ul style="list-style-type: none">• Maatalous- ja elintarviketuotanto• Metsätalous• Kalatalous• Porotalous• Riistatalous• Vesivarat• Luonnon monimuotoisuus• Energiantuotanto ja -jakelu• Liikenne ja tietoliikenne• Terveys• Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö• Yhdyskunnat ja rakennukset <p>Muut toimialat:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sopeutumisen keinoja sisältävät toimialat (esim. vakuutustoimiala)• Toimialat, joihin ilmastonmuutoksella on heijastevaikutuksia (esim. pelastustoimi)	<p>Maantieteelliset tai ekologiset alueet, joihin ilmastonmuutoksen vaikutukset kohdistuvat:</p> <ul style="list-style-type: none">- Valuma-alue- Elinympäristö- Ekologinen verkosto- Luontotyyppin alue- Kulttuurikohde- Maankäytöllinen alue- Hallinnollinen alue
<p>Onko tutkimuskysymys ”Toimintojen ilmastokestävyys alueen sisällä” vaiko ”Toimintojen vaikutus alueeseen ja ilmatoriskin suuruuteen”?</p>	

Kuva 1. Haavoittuvuusanalyysi on mahdollista tehdä joko sektorikohtaisesti tai alueellisista näkökulmista. Tällöin myös tutkimuskysymys voi painottua eri tavalla ja erilaiset haavoittuvuudet nousevat esille.

Taulukko 1. Haavoittuvuuksien tunnistaminen joko toimialuekohtaisesti (Sorvali 2013) tai valuma-alueen kautta. Toimialakohtainen haavoittuvuusanalyysi tarkastelee ilmastonmuutoksen suoria vaikutuksia toimialaan. Sen sijaan valuma-aluekohtaisessa analyysissä ilmastonmuutoksen vaikutuksia voi lähestyä kahdella eri tavalla: 1) ilmastonmuutoksen vaikutukset valuma-alueella sijaitsevien toimintojen vesitalouteen tai 2) toimialojen epäsuorat vaikutukset valuma-alueen haavoittuvuuteen.

MITTARI	SISÄLTÄÄ	
	Sorvali 2013, toimialakohtainen haavoittuvuustarkastelu	Valuma-alueen haavoittuvuustarkastelu
VAIKUTUSTEN MITTALUOKKA (magnitude)	<ul style="list-style-type: none"> - vaikutusten suuruus (alue tai ihmismäärä jota koskettaa) - vaikutusten voimakkuus (aiheutuneet kustannukset) 	<ul style="list-style-type: none"> - vaikutusten suuruus (<u>alue</u> jota koskettaa) - vaikutusten voimakkuus (<u>ympäristön tilassa tapahtuvien muutosten merkittävyys</u>) - vesivaroista riippuvaisiin toimialoihin kohdistuvien epäsuorien vaikutusten merkittävyys
VAIKUTUSTEN AJOITTUMINEN (timing)	<ul style="list-style-type: none"> - toteutuuko vaikutus lyhyellä vai pitkällä aikavälillä 	
VAIKUTUSTEN PYSYVYYS (persistence and reversibility)	<ul style="list-style-type: none"> - onko vaikutus pitkä- vai lyhytkestoinen, onko se peruuttamaton 	
VAIKUTUSTEN TODENNÄKÖISYYS (likelihood and confidence)	<ul style="list-style-type: none"> - vaikutusten todennäköisyys - vaikutukseen liittyvät epävarmuudet 	
VAIKUTUSTEN JAKAUTUMINEN (distribution)	<ul style="list-style-type: none"> - jakautuminen eri alueiden, ihmisryhmien, toimijoiden tms. välillä 	<ul style="list-style-type: none"> - jakautuminen <u>eri toimialueiden</u>, ihmisryhmien, toimijoiden tms. välillä
RISKIN KOHTEENA OLEVAN SYSTEEMIN MERKITTÄVYYS (importance of the vulnerable system)	<ul style="list-style-type: none"> - miten korkealle mikäkin yhteiskunta vaikutuksen kohteena olevan systeemin arvostaa 	
SOPEUTUMISPOTENTIAALI (potential for adaptation)	<ul style="list-style-type: none"> - yksilöiden, ryhmien, yhteiskuntien ja luonnon kyky sopeutua - huomioitava luonnollinen sopeutuminen, aktiiviset sopeutumistimet, sopeutumiseen tarvittavat ja käytettävissä olevat resurssit, sivuvaikutukset, olemassa oleva tieto, ajoitus ja soveltuminen yksilön mieltymyksiin ja kulttuuriin 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>valuma-alueen kyky sopeutua vaikutuksiin luontaisesti</u> - <u>valuma-alueen tai vesistön muokkaamisella</u> (esim. vesistöjen kunnostustyöt) saavutettavissa oleva sopeutumispotentiaali - <u>toimintojen muuttamisella</u> saavutettavissa oleva sopeutumispotentiaali - <u>toimintojen sijoittelun</u> muutoksilla saavutettavissa oleva sopeutumispotentiaali - käytössä olevat resurssit, olemassa oleva tieto, ajoitus ja soveltuminen mieltymyksiin ja kulttuuriin - sopeutumiskeinojen sivuvaikutukset toimialoihin, yhteiskuntaan, yksilöihin tai ryhmiin
HAAVOITTUVUUSLUOKKA	<ul style="list-style-type: none"> - kaikkien edellä esitettyjen mittareiden antama tulos on laskettu yhteen ja jaettu mittareiden lukumäärällä (7) - tuloksena karkea arvio ko. vaikutuksen merkittävydestä haavoittuvuuden suhteen 	

Taulukko 2. Ilmastonmuutoksen haitallisten vaikutusten ja haavoittuvuuksien arvioinnin mitta-asteikko (Sorvali 2013). Erona Sorvalin käyttämään mitta-asteikkoon riskin merkittävyyttä ja mittaluokkaa voi arvioida sekä toimialan että esimerkiksi valuma-alueen kannalta.

Mitta-asteikko	Vaikutusten mittaluokka	Vaikutusten ajoittuminen	Vaikutusten pysyvyys	Vaikutusten todennäköisyys	Vaikutusten jakautuminen	Riskin kohteena olevan systeemin merkittävyys / systeemin merkitys valuma-alueen haavoittuvuuden kannalta	Sopeutumispotentiaali	Haavoittuvuusluokka
0	pieni	2080	ei pysyvä	ei kovinkaan todennäköinen	keskittyy	ei kovinkaan merkittävä	hyvä	ei kovinkaan haavoittuva
1								
2	keskiverto	2040	jokseenkin pysyvä	todennäköinen	jokseenkin tasaisesti	merkittävä	keskiverto	jokseenkin haavoittuva
3								
4	suuri	2020	pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	hyvin merkittävä	huono	hyvin haavoittuva

Pamion-, Mynä- ja Sirppujoen valuma-alueet

Paimionjoki on vähäjärvinen (järvisyys 1,5 %) joki, jonka valuma-alue on suurelta osin tehokkaasti viljeltyä savikkoa (43 % alueesta)⁵. Maatalous on Paimionjoen suurin ravinnekuormittaja. Joki on ekologiselta tilaltaan välttävissä luokassa.

Mynäjoki on myös vähäjärvinen joki (järvisyys 0,33 %), joka virtaa latvaosiltaan suo- ja metsäalueiden läpi⁶. Maisema kuitenkin vaihtuu maatalousvaltaiseksi joen keskivaiheilla (noin viidennes joen valuma-alueesta on peltoa). Valuma-alueen maalajit vaihtuvat yläosan turpeesta ja moreenista alaosan saveen. Virtaamavaihtelut ovat suuria vähäjärvisyydestä ja yläosan suo- ja metsäalueiden ojituksista johtuen. Maatalous on myös Mynäjoen suurin kuormittaja.

Sirppujoen valuma-alueella on vähän järviä (1,9 %) ja runsaasti happamia sulfaattimaita (noin 11 % alueesta), joilla pohjaveden pinnan aleneminen voi aiheuttaa voimakkaan veden pH:n alenemisen⁷. Lisäksi happamat sulfaattimait vaikuttavat joen ravinnetasapainoon: happamat maat sitovat fosforia ja vapauttavat typpeä, mikä näkyy joen Varsinais-Suomen vesistöistä alhaisimpina fosforipitoisuuksina ja korkeimpina typpipitoisuuksina. Joen valuma-alueesta peltomaita on noin 30 % ja nämä sijaitsevat pääasiassa joen keskijuoksulla. Yli puolet jokeen kohdistuvasta typpikuormituksesta tulee maataloudesta. Kolmasosa tulee puolestaan luonnonhuuhtoumana. Vuoden 2009 jälkeen Sirppujokeen ei ole enää laskettu yhdyskuntien jätevesiä, joten puhdistettujen jätevesien aiheuttama ravinnekuormitus ja hygieniahaitat jokeen ovat vähentyneet. Sirppujoki laskee Uudenkaupungin makeanveden altaaseen, joka on merenlahdista patoamalla eristetty vesialue ja toimii ympäröivien kuntien raakavesilähteenä.

⁵ Varsinais-Suomen ELY-keskus. 2013. Varsinais-Suomen vesistöt tutuiksi - Paimionjoki. Näkymiä 2013.

⁶ Varsinais-Suomen ELY-keskus. 2013. Varsinais-Suomen vesistöt tutuiksi – Laajoki, Mynäjoki, Hirvijoki ja Puttaanjoki. Näkymiä 2013.

⁷ Varsinais-Suomen ELY-keskus. 2013. Varsinais-Suomen vesistöt tutuiksi – Sirppujoki, Velluanjoki ja Ihodenjoki. Näkymiä 2013.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Varsinais-Suomessa

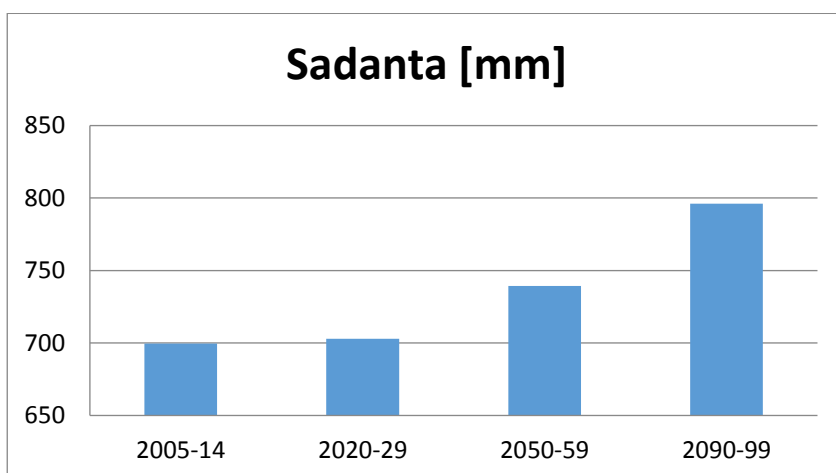
Suomen ympäristökeskus Paimion-, Mynä- ja Sirppujoelle laati ilmastonmuutoksen ennusteet, joissa käytetään ns. keskimääräistä mallia (mallia A1Bmean, jonka tulokset on saatu laskemalla A1B päästöskenaariolla 19 mallin keskiarvot). Mallissa olettaa talouskasvun olevan nopeaa, väestön alkavan vähentyä vuosisadan puolessa välissä, teknologian kehittyvän nopeasti ja energiatuotannossa käytettävän fossiilisten ja uusiutuvien sekoitusta. Tällä tavalla lähestymällä pystytään tarkastelemaan keskimääräisiä muutoksia, jotka ovat näillä näkymin todennäköisimmin lähellä tulevaisuudessa toteutuvaa ilmastoa. On kuitenkin muistettava, että tämäkin lähestymistapa on yksinkertaistus todellisuudesta, joten kaikki tulokset ovat vain suuntaa antavia. Lisäksi otettaessa tarkasteluun näinkin maantieteellisesti pieniksi rajatut alueet, nousevat epätarkkuudet moninkertaisiksi. Tekstissä on kommentoitu kuvaajien tarkkuutta ja sitä mitä kuvaajista pystyy tulkitsemaan suhteellisen luotettavalla tasolla.

Varsinais-Suomessa tärkeydeltään korostuu ilmastonmuutoksen ravinnehuuhtoumia lisäävä vaikutus. Lisääntyvä talviaikainen sadanta ja valunta lisäävät ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset lämpötilaan ja sadantaan

Olettaen että lämpeneminen pysyy ns. keskimääräisissä arvoissa, niin Varsinais-Suomessa ilmaston lämpeneminen tulee mahdollisesti lisäämään sadantaa ja valuntaa keskimäärin noin reilulla 10 %:lla vuosisadan loppuun mennessä (kuva 2). Sekä lämpötilan että sateisuuden kasvu painottuvat syksyyn ja talveen. Kesäkuukausina tapahtuvat muutokset ovat vähäisemmät muihin vuodenaikoihin verrattuna.

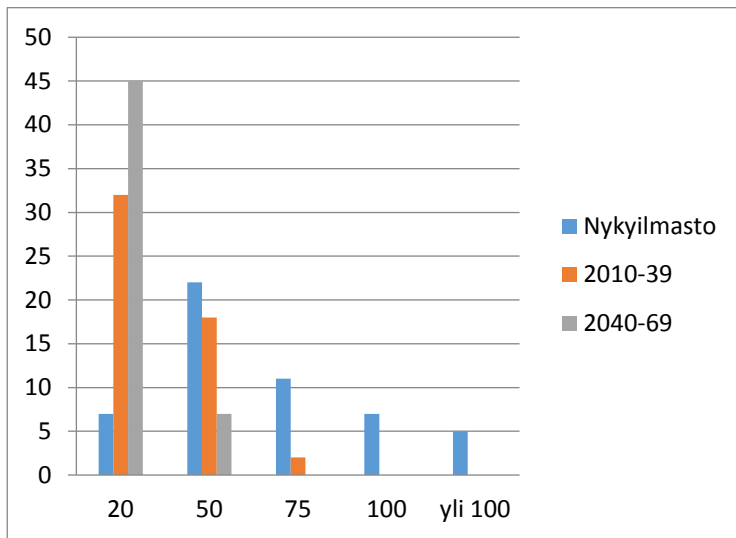
Vuosittainen ja vuoden sisäinen vaihtelu sadannan, haihdunnan ja valunnan määrissä on suurehkoa ja vaikuttaa voimakkaasti tuloksiin. Aikajakso 2005–14 on ollut poikkeuksellisen sateinen Varsinais-Suomessa. Tämä on voinut johtua joko ilmaston luontaisesta vaihtelusta tai ilmastonmuutoksen odotettua voimakkaammasta vaikutuksesta tällä alueella, tai näistä molemmista. Tästä poikkeuksellisen runsaasta sateisuudesta johtuen, ei sadannan vielä odoteta muuttuvan paljoakaan vuosiin 2020–29 mennessä. Tästä eteenpäin kuitenkin sekä sateisuus että valunta tulevat lisääntymään.



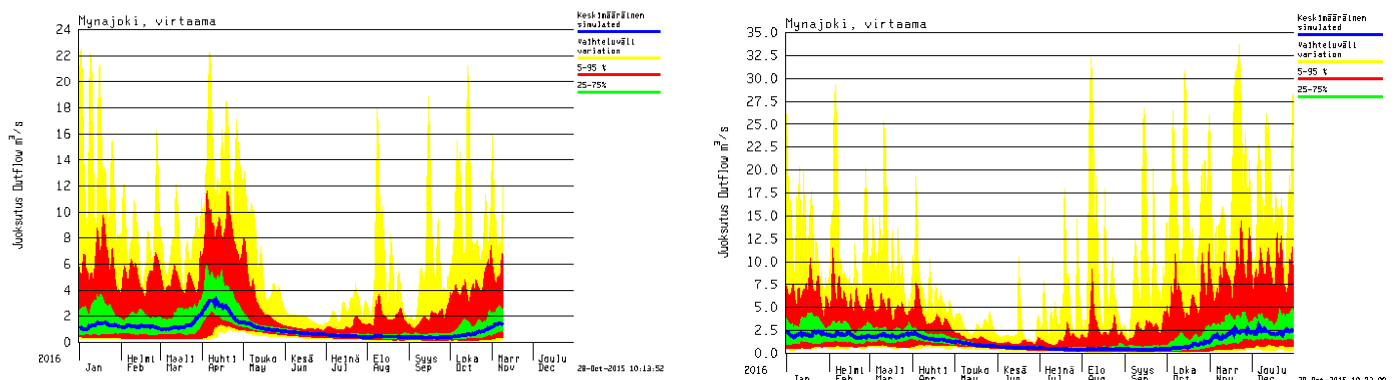
Kuva 2. Sadannan määrän muutokset Varsinais-Suomessa.

Lumipeitteen kesto lyhenee, jolloin vähälumisista ja jopa lumettomista talvista tulee tavallisia (kuva 3), jolloin sateet tulevat yhä useammin talvisaikaan vetenä. Samalla kun talven lumipeite ohenee katoavat myös

kevättulvat (kuva 4). Tulvahuippu tulee kevään sijaan syksyisin tai talvisin, mikä johtuu osittain myös sateiden painottumisesta yhä enemmän näihin ajankohtiin.

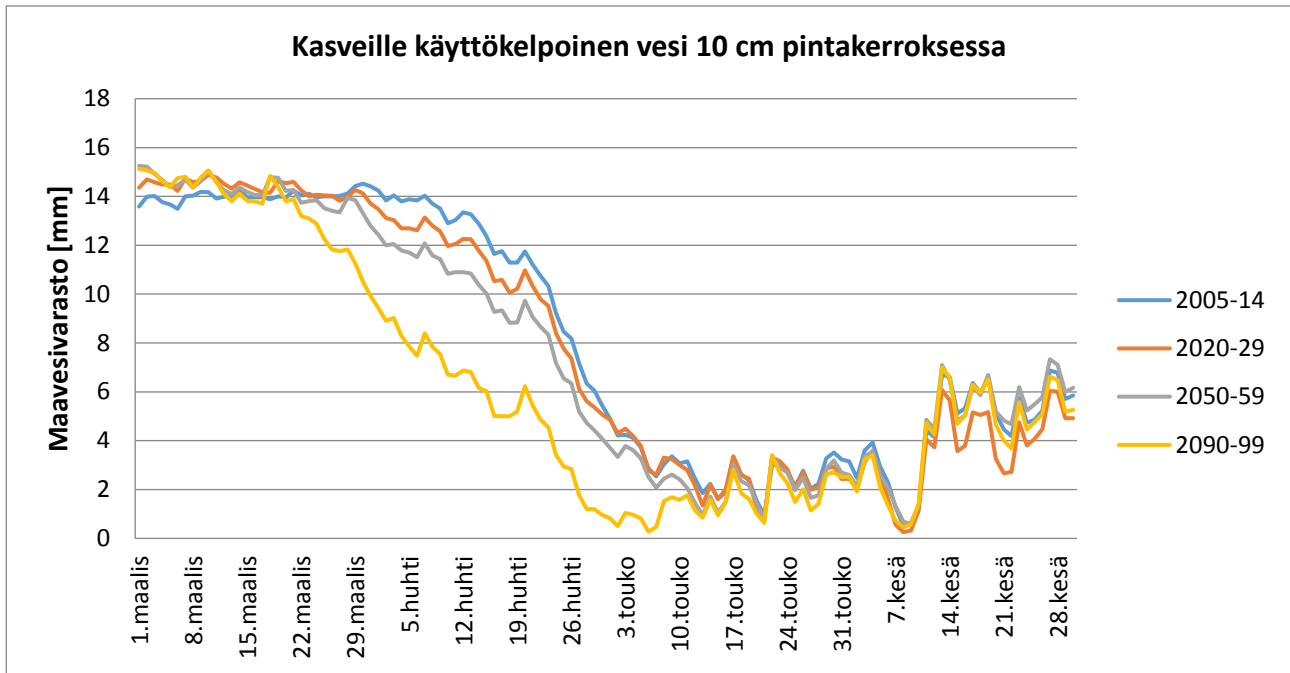


Kuva 3. Lumipeitteen keston ja syvyyden muutokset Mynäjoella.



Kuva 4. Mynäjoen virtaama vuosina 1961–2014 verrattuna simulointiin vuosille 2040–69. Keskivirtaama (ns. tyypillinen tilanne) on kuvissa merkattuna sinisellä viivalla, ja virtaaman vaihteluvälit harvinaisemmista tulvista (keltainen) yleisempiin korkean virtaaman tilanteisiin (punainen ja vihreä).

Lumipeitteisyyden pienentyessä huomattavasti alkaa myös maa kuivua yhä aikaisemmin keväällä. Kevät on vähäsateista ja lämmintä aikaa, jolloin lisäksi haihtuminen on voimakasta. Näistä syistä johtuen kasveille käyttökelpoisen veden määrä maaperässä maalis-toukokuun välisenä aikana tulee olemaan nykyistä vähäisempää ja voi aiheuttaa ongelmia viljelykasvien kasvuun lähdölle (kuva 5). Myös kesäisin haihdunta on suurta, joten maaperän vesimäärän odotetaan kesäkuukausina pienentyvän. Sen sijaan talvisin maaperä pysyy märkänä ja sulana aiempaa huomattavasti kauemmin.



Kuva 5. Kasveille käyttökelpoisen veden määrä keväisin tulee vähenevään.

Tärkeimmät hydrologiset muutokset Varsinais-Suomessa ovat siis:

- Mahdollinen sateisuuden nousu
- Lumipeitteisyys vähenee ajallisesti ja määrällisesti
- Sateet tulevat syys- ja talviakaan yhä enemmän vetenä
- Kevättulvat vähenevät huomattavasti
- Kevään aikainen kuivuus pahenee
- Maaperä on aiempaa kuivempi erityisesti keväisin, mutta myös kesäisin
- Syksyn ja talven aikana maaperä pysyy aiempaa märempänä ja kauemmin sulana

Näillä muutoksilla on kerrannaisvaikutuksia, joista merkittävin on se, että sateiden tullessa syksyisin ja talvi-
sin vetenä paljaaseen ja sulaan maahan, tulee eroosio lisääntymään. Tämä aiheuttaa lisääntyvää kivennäis-
aineen ja ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.

Lämpötilan nousu vaikuttaa suoraan myös vesistöihin. Vesien lämpiäminen suosii joitakin lajeja kuten sinile-
viä, ja haittaa toisia kuten lohikaloja. Vaikutus ulottuu myös ravinteisiin: lämpeneminen voi jo itsessään olla
rehevöittävä tekijä kun biogeokemiallinen aktiivisuus lisääntyy ja orgaanisen aineksen hajoaminen kiihtyy ja
tehostuu, jolloin suurempi prosenttiosuus orgaaniseen ainekseen sitoutuneista ravinteista tulee levien ja
kasvillisuuden saataville^{8,9}.

⁸ Winder, M. 2012. Limnology: Lake warming mimics fertilization. *Nature Climate Change* 2: 771-772.

⁹ Summers, J.C., Kurek, J., Kirk, J.L., Muir, D.C.G., Wang, X., Wiklund, J.A., Cooke, C.A., Evans, M.S. & Smol, J.P. 2016. Recent Warming, Rather than Industrial Emissions of Bioavailable Nutrients, Is the Dominant Driver of Lake Primary Production Shifts across the Athabasca Oil Sands Region. *PLoS One* 11: e0153987.

Vaikutus toimialoihin ja toimialojen vaikutus valuma-alueiden haavoittuvuuteen

Taulukko 3. Varsinais-Suomen yritysten lukumäärät seutukunnittain.

	<i>Vakka-suomi</i>	<i>Turun seutu</i>	<i>Tu-run-maa</i>	<i>Salon seutu</i>	<i>Loi-maan seutu</i>
A Maatalous, metsätalous ja kalatalous	956	1 959	506	1 706	1 727
B Kaivostoiminta ja louhinta	16	23	6	19	20
C Teollisuus	291	1 465	145	452	314
D Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto, jäähdytysliiketoiminta	13	53	5	13	16
E Vesihuolto, viemäri- ja jätevesihuolto, jätehuolto ja muu ympäristön puhtaanapito	33	72	11	22	9
F Rakentaminen	458	2 721	355	796	525
G Tukku- ja vähittäiskauppa; moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien korjaus	352	3 570	272	760	409
H Kuljetus ja varastointi	175	1 292	147	326	213
I Majoitus- ja ravitsemistoiminta	77	954	109	159	82
J Informaatio ja viestintä	33	596	35	73	27

Varsinais-Suomen yritystoiminta on painottunut maa-, metsä- ja kalatalouteen Turun seudun ulkopuolella (taulukko 3). Paimion-, Mynä- ja Sirppujoen valuma-alueilla sijaitsee vesistöihin jätevesiä tai turvetuotannon valumavesiä laskevia ympäristöluvan alaisia toimijoita yhteensä noin 20. Alueella sijaitsevia vesistöjen kuormitusta suoraan aiheuttavia toimijoita ovat jätevedenpuhdistamot, metalliteollisuus, kemianteollisuus, tiiliteollisuus ja turvetuotanto. Jätevesijärjestelmään yhdistettyjä toimijoita lisäksi ovat metsäteollisuuden tuotantolaitokset (saha, kylästämö), virvoitusjuomateollisuus (panimo) ja rehuteollisuus. Ympäristölupaa tarvitsemattomia toimintoja ei tarkemmin tässä eritellä.

Toimialoja tarkastellaan kahdelta eri kantilta:

- niiden haavoittuvuus ilmastonmuutoksen vesitaloudelle aiheuttamille muutoksille
- toimialan vaikutus vesistön haavoittuvuuteen

Maataloudella on selkeästi suurin vaikutus vesistöjen haavoittuvuuteen tarkastelun kohteena olevilla valuma-alueilla. Tästä syystä maataloutta käsitellään toimialoista viimeisimpänä ja siihen kiinnitetään enemmän huomiota kuin muihin aloihin.

Toimialan vaikutus vesistöjen haavoittuvuuteen realisoituu kahdella eri tavalla:

- suorat päästöt vesistöihin (hajanaisena tai pistemäisenä kuormituksena)
- epäsuorasti vaikuttamalla alueella kiertäviin ravinnevirtoihin (esim. ruokateollisuuden alueelle tuomat ravinnemäärät ruuan mukana)

Näistä epäsuoraa vaikutusta on vaikea todentaa ja ilmastonmuutoksen vaikutus tässä kokonaisuudessa on vähäistä.

Metsätalous

Metsätalouden aiheuttama ravinnekuormitus on yleisesti ottaen noin 5-10 % (?) valuma-alueiden kuormituksesta. Metsätalouden aiheuttama kuormitus on lähinnä kiintoainesta. Metsätalouden vesiensuojelua

varten on laadittu suosituksia, jotka sisältävät mm. suojavaistat erilaisille toimille vesistöjen varsilla¹⁰. Kuvien kausien lisääntymisen ei ole arvioitu vaikuttavan metsien kasvuun¹¹.

Metsätalouden ravinnehuuhtouma voi lisääntyä suoraan ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Avohakattua aluetta voi huuhtoutua aiempaa enemmän ravinteita vesistöihin erityisesti talviaikaan, kun lumipeitettä ja routaa ei ole suojelemassa muokattua alaa sateilta ja niiden aiheuttamalta eroosiolta.

Ilmaston muuttuminen vaikuttaa myös metsätaloudellisiin toimintatapoihin ja mm. uudistusmenetelmien toimivuuteen: pintakasvillisuuden rehevöityminen ja metsien nopeutuva kehitys lyhentävät uudistusikkunaa avohakkuiden jälkeen. Etelä-Suomessa on suositeltu siirryttäväksi yhä enemmän istutukseen ja voimaperäiseen maanpinnan muokkaukseen. Myös eriäviä mielipiteitä on esitetty, koska voimakas maanmuokaus vapauttaa ravinteita sekä vesistöihin että heinien, horsmien ja vadelmien käyttöön ja siten voi hidastaa puuntaimenten kasvuun lähtöä¹².

Koska metsätalouden suurimmat vesistövaikutukset syntyvät juuri päätehakkuiden ja ojitusten uudistamisen yhteydessä, olisi järkevää muuttaa metsänhoitotapoja niin, että päätehakkuiden väliä voidaan pidentää. Tämä on mahdollista tekemällä harvennukset ylipuun poistoina alaharvennuksen sijaan. Tällöin metsän tuottavuuskin voi nousta, koska jo harvennushakkuista saadaan suurempi tuotto. Joissakin Euroopan maissa (Slovenia ja Saksa) on jopa luovuttu täysin päätehakkuista¹³. Ei ole kuitenkaan arvioitu kuinka tämä vaikuttaisi vesistöjen kuormitukseen, mutta on todennäköistä että kuormitus vähenisi, mikäli metsän ja ojituksen uudistamisväli myös pitenee. Varsinais-Suomessa ylaharvennuksina tehdään noin 10–20 % kaikista harvennuksista¹⁴. Päätehakkuista taas 60–80 % tehdään avohakkuina.

Energiapuun korjuulla (esimerkiksi kantojen poisto) puunkorjuun vesistövaikutukset voivat jopa pienentyä, kun hajoavaa orgaanista ainesta jää alueelle vähemmän. Energiapuun korjuulla ei ole myöskään havaittu olevan vaikutuksia metsän kasvuun tai maaperän ravinteisuuteen avohakkuun jälkeen¹⁵. Kuitenkin energiapuunkorjuuta varten tarvitaan useampia metsäkoneiden käyntikertoja ja lisäksi kantojen nosto rikkoo maanpintaa huomattavasti tavallista päätehakkuuta enemmän. Sen sijaan harvennushakkuiden yhteydessä tehtävä hakkuutähteen korjuu muuttaa maaperän orgaanisen aineksen koostumusta sekä heikentää typen saatavuutta, mutta ei oleellisesti silloinkaan vaikuta orgaanisen aineksen, hiilen ja ravinteiden kokonaisuuteen¹⁶.

¹⁰ TASO-hanke: Toimintaohje vesiensuojeluun kunnostusojituksessa, kannonnostossa, maanmuokkauksessa ja puunkorjuussa.

¹¹ Jylhä, K., Laapas, M. & Ruosteenoja, K. 2011. Ilmastoskenaariot. Julk.: Bergström, I., Mattsson, T., Niemelä, E., Vuorenmaa, J. & Forsius, M. (toim.). Ekosysteemipalvelut ja elinkeinot – haavoittuvuus ja sopeutuminen muuttuvaan ilmastoon. VACCIA-hankkeen yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristö 26/2011. S. 46-51.

¹² Pukkala, T. Kuinka saan metsäni nielemään hiiltä. Blogi-kirjoitus. <http://www.uef.fi/documents/287336/902833/Kuinka+saan+mets%C3%A4ni+niele%C3%A4n+hiilt%C3%A4.pdf/4b3dc08f-31b1-438c-81e6-2919ef1bc49c>

¹³ Pukkala, T. Jatkuva kasvatus – pelottava ajatus. Blogi-kirjoitus. <https://weaducate.wordpress.com/2016/06/27/jatkuva-kasvatus-pelottava-ajatus/>

¹⁴ Luke Tilastotietokanta. <http://stat.luke.fi/>

¹⁵ Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Lindroos, A.-J. & Kukkola, M. 2014. Energiapuun korjuun vaikutus metsämaan ominaisuuksiin ja prosesseihin sekä puuston kasvuun. Metlan työraportteja 289. Bioenergiaa metsistä – Tutkimus- ja kehittämisohjelman keskeiset tulokset.

¹⁶ Ilvesniemi, H., Hartman, M., Hytönen, J., Lauren, A., Kaila, A., Kantola, M., Kiiikkilä, O., Kremsa, J., Kubin, E., Lindgren, M., Lindroos, A.-J., Moilanen, M., Murto, T., Nieminen, M., Nieminen, T.M., Penttilä, T., Piispanen, J., Saarsalmi, A., Smolander, A., Tamminen, P. & Ukonmaanaho, L. 2012. Energiapuun korjuun vaikutukset metsiin ja vesistöihin. Metlan työraportteja 240.

Metsätalouden ravinnehuuhtoumassa todennäköisesti suurin muutos tulee lähivuosikymmeninä olemaan 60- ja 70-luvuilla ojitettujen soiden metsien tuleminen hakkuuikään (kokonaisuudessaan lähes miljoona ojitushehtaaria). Metsän uudistaminen näille alueille vaatii uudisojituksen, josta tulee lisää ravinnepäästöjä vesistöihin. Toisaalta metsäojitus on vähentänyt näiden alueiden hiilipäästöjä, kun metaanipäästöt ovat laskeneet ja hiiltä on sitoutunut puustoon. Hiilipäästöjen kannalta varsinkin ohutturpeisten metsäojitettujen alojen uudistamista takaisin metsäksi onkin pidetty hyödyllisenä, vaikkakin kuivatussyvyys olisi hyvä pitää niin pienenä kuin mahdollista¹⁷. Sen sijaan paksuturpeiset suot olisi hyvä ennallistaa, koska jo muutaman kymmenen senttimetrin turvekerroksesta vapautuu enemmän hiiltä kuin puusto pystyy sitomaan itseensä. Lähiaikoina tulisivat ratkaista millaiset ojitettavat metsätalousalueet kannattaa viedä toiselle kierrokselle, ja mitkä ovat kustannustehokkaat menetelmät erityisesti taloudellisella kannattavuusrajalla olevien kohteiden uudistamiseen ja ravinnetalouden hoitoon.

Metsätalouden ilmastokestävyyden kehitys vesistöjen kannalta riippuu pitkälti metsänhoidon muutoksista. Tulevat uudisojitukset sekä eroosioherkkyyden lisääntyminen ovat joka tapauksessa suurehkoja riskejä. Sopeutumispotentiaalia metsätalouden aiheuttamaan vesistöjen haavoittuvuuteen on kuitenkin olemassa, mutta se vaatii toimintatapojen muuttamista suhteellisen radikaalisti.

Varsinais-Suomen vesistöjen kannalta metsätaloudella on suurin merkitys vesistöjen latvaosuuksilla, joilla ei ole paljoa muita kuormittavia lähteitä. Metsät ovat myös alueellisesti keskittyneet valuma-alueiden reunoille, kun matalat ja tasaiset alueet on pitkälti otettu maatalouden käyttöön. Metsätaloudella voi siis olla paikallisesti merkittäviäkin vaikutuksia vesistöjen tilaan ja haavoittuvuuteen.

Taulukko 4. Metsätalouden haavoittuvuus.

Haitallinen vaikutus	Vaikutusten mittaluokka	Vaikutusten ajoittuminen	Vaikutusten pysyvyys	Vaikutusten todennäköisyys	Vaikutusten jakautuminen	Riskin kohteena olevan systeemin merkittävyys	Sopeutumispotentiaali	Haavoittuvuusluokka
Ravinnehuuhtouman lisääntymisen ilmastonmuutoksen suorien vaikutusten kautta	keskiverto	2020	pysyvä	hyvin todennäköinen	tasainen	merkittävä	keskiverto	haavoittuva
Metsän uudistaminen aiempaa voimakkaammin maata muokkaavilla keinoilla	suuri	2020	jokseenkin pysyvä	hyvin todennäköinen	tasainen	merkittävä	hyvä	haavoittuva
Uudisojitukset	suuri	2020	jokseenkin pysyvä	hyvin todennäköinen	tasainen	merkittävä	hyvä	haavoittuva

¹⁷ Ojanen, P. 2015. Metsäojituksen vaikutuksesta ilmastoon. Suo 66: 49-55. https://tuhat.halvi.helsinki.fi/portal/files/59537810/Ojanen_2015.pdf

Turvetuotanto

Turvetuotanto on hyvin riippuvaista sääolosuhteista. Tuotannon käynnistäminen vaatii riittävän kuivat olosuhteet, mutta toisaalta pölypäästöt pahentuvat mitä kuivempaa on. Kuivan jakson jälkeen tulevat sateet voivat huuhtoa kuivunutta turvetta vesistöihin, niin että turve kulkeutuu veden pinnalla. Tällainen valunta voi jäädä huomaamatta erityisesti näytteenotolla tehtävässä seurannassa. Turvetuotannon toimintaedellytykset voivat tulla aiempaa ennalta-arvaamattomimmiksi ilmastonmuutoksen seurauksena, mikäli kuivien ja märkien jaksojen vaihtelun voimistuminen on riittävä häiritsemään tuotantoa. Toisaalta kuivat kevät voivat mahdollistaa toiminnan aloittamisen aiemmin keväällä.

Turvetuotanto voi lisätä vesistöjen haavoittuvuutta. On mahdollista, että turvetuotannon vesistöpäästöt lisääntyvät, mikäli lisääntyvät rankkasateet huuhtovat aiempaa enemmän kiintoainesta vesistöihin. Turvetuotannossa on kuitenkin panostettu vesistövaikutusten pienentämiseen viime vuosikymmeninä.

Turvetuotannon vesistövaikutuksia arvioiva hanke on meneillään¹⁸. Hankkeen tulosten julkistamisen jälkeen on mahdollista arvioida turvetuotannon haavoittuvuutta ja vaikutusta vesistöihin tarkemmin. Lisäksi lainsäädäntö on uudistunut turvetuotannon osalta niin, että aiempaa pienemmät turvetuotantoalueet ovat tulleet ympäristöluvan piiriin. Pienten tuotantoalueiden vesistövaikutukset tulevat siis jatkossa paremmin tutkituiksi ja tunnetuiksi.

Paimionjoen valuma-alueella sijaitsee nykyisin neljä ympäristöluvan alaista turvetuotantoaluetta (yli 10 ha). Paikallisesti ne ovat pistemäisiä päästölähteitä, joiden vaikutus Paimionjoen sivuhaarojen haavoittuvuuteen voi olla suurikin. Kuitenkin turvetuotantoalueen välittömässä läheisyydessä vaikutus muille vedenkäyttäjille, kuten maatiloille jotka hyödyntävät vesistöä kasteluvedenlähteenä, voi haitta olla merkittävä.

Teollisuus ja yhdyskunnat

Teollisuuden haavoittuvuus vesitalouden näkökulmasta liittyy käyttövedentarpeeseen ja syntyviin jätevesiin. Teollisuudessa käyttöveden luotettava saatavuus on tärkeää, mutta voi tulevaisuudessa vaarantua. Kevään ja kesän kuivien kausien ennustetaan pahentuvan erityisesti vuosisadan loppupuolella, mutta niin pitkälle yltävien ennustusten toteutumistodennäköisyys on epävarmaa. Sirppujoen alueella haastateltiin teollisuuden vedenkäyttäjii. Heistä osa kertoi vedentarpeen olevan sesongeista riippuvaista ja huippujen aikaan veden riittävyys kanssa on ollut ongelmia (Ahopelto ja Aaltonen, 2015).

Teollisuuden vesistöihin kohdistuvat vaikutukset voivat muuttua jätevesien puhdistuksen tehokkuuden muuttuessa esim. tulvien ja rankkasateiden aiheuttamien ongelmien vuoksi.

Metsätalouden toimialalla on valuma-alueilla sijaitsevia vesistöihin päästöjä laskevia ympäristöluvan alaisia teollisia toimijoita yhteensä kaksi: saha Paimionjoen ja kyllästämö Sirppujoen valuma-alueella. Muita teollisuusaloja alueella ovat panimo, kemianalan yritykset (2 kpl), metallialan pintakäsittelylaitos, tiilitehdas sekä soijajalostamo. Näistä suurin osa on kytketty jätevesiverkostoon, mutta osalla on oma puhdistuslaitteisto.

Yhdyskuntien käyttöveden tarve ja saatavuus, tulvaherkkyys, hule- ja jätevesien hallinta ovat kaikki haavoittuvia ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Sateisuuden määrän ja ajankohdan muutokset aiheuttavat ongelmia erityisesti hulevesien hallinnassa, mikä voi näkyä myös jätevedenpuhdistamoilla liiallisena veden mää-

¹⁸ <http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimushankkeet/pages/2162004.html>

ränä ja jätevesien laimenemisena mikäli hulevesiä pääsee järjestelmään. Hulevesien hallintaan on panostettu viime vuosina eriyttämällä hule- ja jätevesiputkistot sekä ottamalla luonnonmukaiset hulevesienhallinnan menetelmät käyttöön kaupunkialueilla.

Pohjaveden saatavuuden kanssa voi tulla ajoittaisia ongelmia paikallisesti ilmastonmuutoksen myötä. Vaikutukset näkyvät varsinkin haja-asutusalueen kaivoissa. Varsinais-Suomessa on esiintynyt ajoittaisia ongelmia käyttövedensaataavuuden kanssa (vuonna 2015 Maskun ja Nousiaisten alueella vedenottamoista ja verkostosta löydettiin enterokokki-bakteeria), mutta ongelmien yhteydestä sääolosuhteisiin ei ole tietoa. Yhdyskunnissa veden saatavuutta on viime vuosina varmistettu siirtymällä käyttämään tekopohjavettä pintaveden sijaan, uusilla vedenottamoilla ja lisäämällä kuntien välisiä yhteyksiä. Suomen vesihuollon haavoittuvuudesta on tehty julkaisu vuonna 2013¹⁹.

Varsinais-Suomessa useita jätevedenpuhdistamoita on viime vuosina suljettu ja jätevedet johdettu Turkuun. Pieniä Paimion-, Mynä- ja Sirppujoen valuma-alueilla sijaitsevia kuntia, joilla on vielä oma puhdistamo, ovat Kosken Tl, Laitila, Marttila, Mietoinen, Paimio, Kyrö, Somero ja Tarvasjoki. Pienten yksiköiden puhdistustehokkuus on yleensä heikompi kuin suurissa laitoksissa. Vesistöjen haavoittuvuuden kannalta jätevesien sisältämien ravinteiden kierrätettävyys lannoitteiksi pellolle on tulevaisuudessa yksi merkittävistä kysymyksistä.

Maatalous

Maatalous on sekä hyvin riippuvainen vesitaloudesta että vaikuttaa suoraan vesistöjen haavoittuvuuteen ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Maatalouden haavoittuvuutta on selvitetty aiemmin mm. VACCIA²⁰, FINADAPT²¹, ILMASE ja VILMA²² -hankkeissa.

Varsinais-Suomessa maatalouskäytössä on noin neljännes pinta-alasta ja noin xxxx % ravinnepäästöistä vesistöihin tulee maataloudesta. Maatalouden vesistövaikutukset ovat osittain riippuvaisia ilmastosta ja sääolosuhteista, joten valuma-alueiden haavoittuvuus on myös riippuvainen näistä samoista tekijöistä. Näihin tekijöihin kuuluvat tärkeimpinä:

- ravinnehuuhtouma pelloilta lisääntyä sateisuuden lisääntyessä sekä talvien lumipeitteisyyden vähentyessä
- sateisuuden aiheuttama mahdollisesti jopa lisääntyvä tarve peltojen kuivatukselle ja sen aiheuttamat päästöt vesistöihin
- varsinkin keväisin toistuva kuivuus, joka pahenee ilmastonmuutoksen myötä sekä sen aiheuttamat vaikutukset satovahinkoina ja vesistöissä muutoksina veden määrässä sekä happamien sulfaattimaiden alueilla mahdollisina happamina päästöinä vesistöihin

¹⁹ Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. & Maunula, M. 2013. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2013.

²⁰ Jylhä, K., Laapas, M. & Ruosteenoja, K. 2011. Ilmastoskenaariot. Julk.: Bergström, I., Mattsson, T., Niemelä, E., Vuorenmaa, J. & Forsius, M. (toim.). Ekosysteemipalvelut ja elinkeinot – haavoittuvuus ja sopeutuminen muuttuvaan ilmastoon. VACCIA-hankkeen yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristö 26/2011. S. 43-46.

²¹ Hildén, M., Lehtonen, H., Bärlund, I., Hakala, K., Kaukoranta, T. and Tattari, S. 2005. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. FINADAPT Working Paper 5, Finnish Environment Institute Mimeographs 335, Helsinki.

²² ILMASE ja VILMA-hankkeet: <http://www.ilmase.fi/site/hanke/>

- sääilmiöiden aiheuttamat satovahingot voivat yleistyä, millä voi olla heijastevaikutuksia vesistöihin saakka

Nämä vaikutukset voivat lieventyä tai pahentua riippuen maanviljelyn käytännöistä, kuten lannoituksen intensiivisyydestä, peltomaan kunnosta huolehtimisesta, kasvipeitteisyyden kattavuudesta ja muiden vesien-suojelullisten keinojen käytöstä.

On arvioitu, että Etelä-Suomen kesäaikaisella sadannalla (100 mm) ja savimaalla sijaitsevan heikkorakenteisen vehnäpellon varastoiman veden (100 mm) perusteella, on maksimisarotaso käytettävissä olevan veden perusteella noin 4 tonnia²³. Mikäli pellon multaisuutta nostetaan ja juuriston käytettävissä olevaa tilaa lisää, lisääntyy käyttökelpoinen vesivarasto (250 mm:iin), jolloin noin 7,5 tonnin sarotaso on saavutettavissa. Tämä heikkokuntoisen ja vähämultaisen pellon satokuilu heijastuu suoraan myös ravinnehuuttoumaan, koska hyvämultainen pelto pidättää veden lisäksi myös ravinteita. Hyvämultainen pelto on siis ilmastokestävän maanviljelyn perusta: puskurointikyky sääilmiöitä vastaan (tulvat ja kuivuus) paranee multavuuden parantuessa. Suomessa kivennäismaiden peltujen multavuus on laskenut noin 200–300 kg C/ha vuodessa (Heikkinen 2016: n 220 kg c/ha/v)²⁴ ja Etelä-Suomessa muutos on ollut vielä nopeampaa. Eloperäisen maaperän pelloilta hiilipäästöt ovat taas moninkertaiset (3200–5900 kg C/ha vuodessa). Maaperän kunnan oletetaan yleisesti rapistuneen, mutta kunnollisia tilastoja asiasta ei ole.

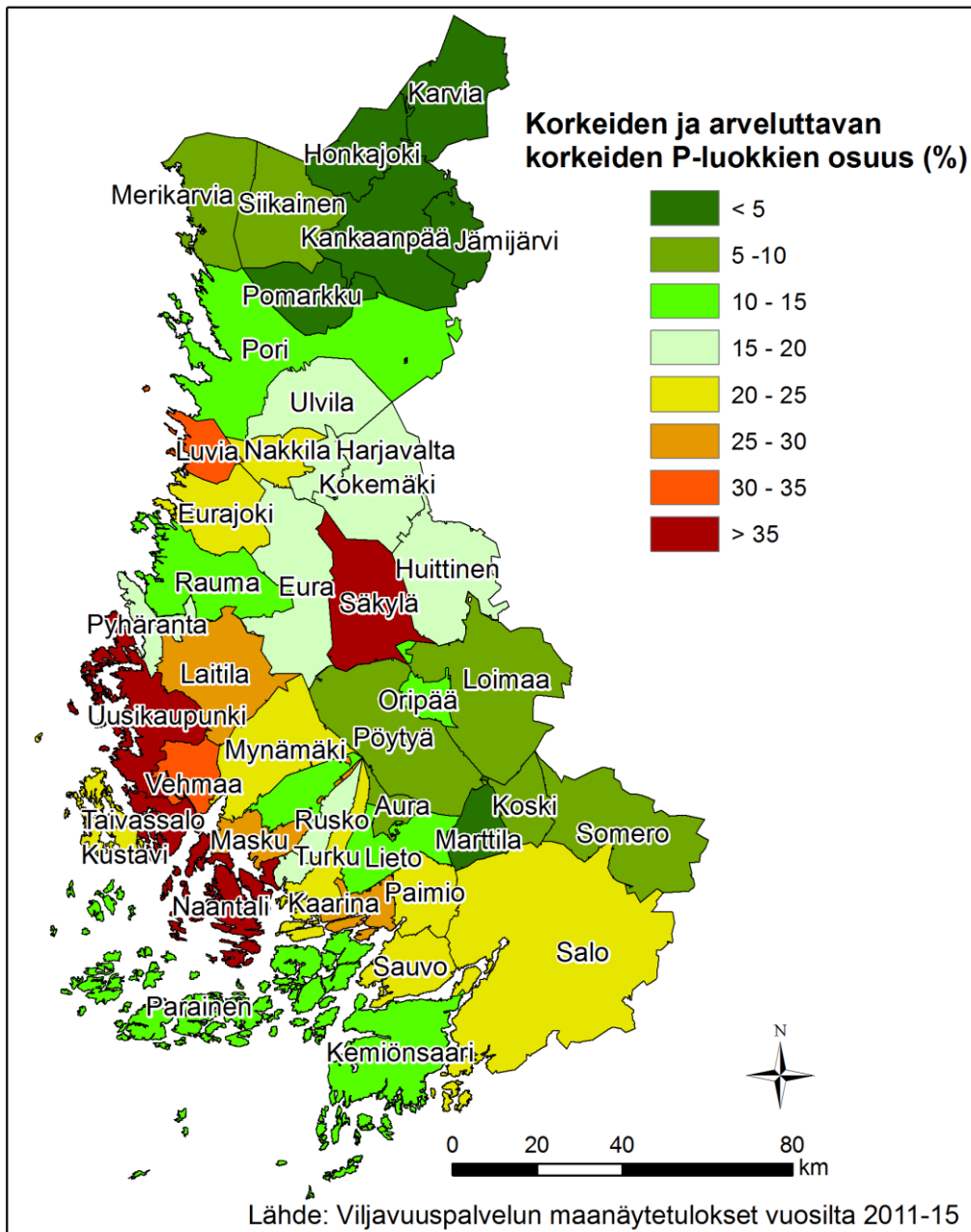
Ravinnehuuttouma maataloudesta

Maatalouslaskennan 2010 tulosten mukaan Varsinais-Suomen pelloista oli noin 60 % kasvipeitteistä (viljely- tai kesantokasvia, sänkeä ja/tai kasvinjätteiden peittämää), vajaat 20 % kevennetysti muokattua ja loput paljasta/kynnettyä maata.

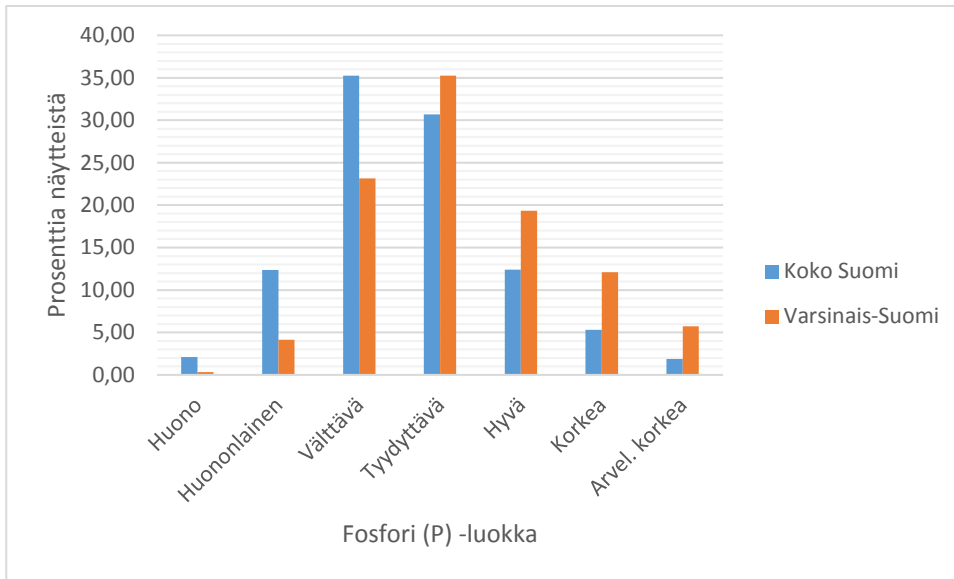
Varsinais-Suomessa on koko Suomeen verrattuna suuremmalla osuudella pelloista arveluttavan korkea pitoisuus fosforia (Viljavuuspalvelun näytteistä alle 1,9 % koko Suomessa ja 5,8 % Varsinais-Suomessa). Varsinais-Suomessa fosfori-luvut ovat kuitenkin laskeneet viime vuosina. Tämä kehitys ei ole kuitenkaan ollut tasaista kaikkialla, vaan joillakin alueilla ovat peltujen fosforipitoisuudet nousseet.

²³ Ravinnehuuttoumien hallinta (RaHa) 2014. Veden varastointi peltoon. Fakta 6: huhtikuu 2014.

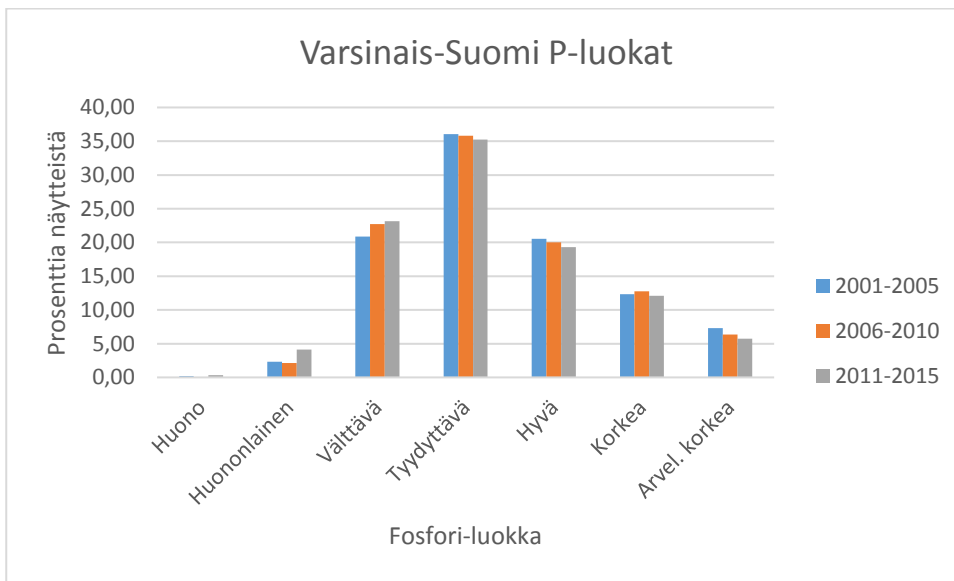
²⁴ Heikkinen / Regina??!



Kuva 6. Fosfori-arvoiltaan korkeassa ja arveluttavan korkeassa luokassa olevien peltojen osuus Varsinais-Suomen ja Satakunnan kunnissa.

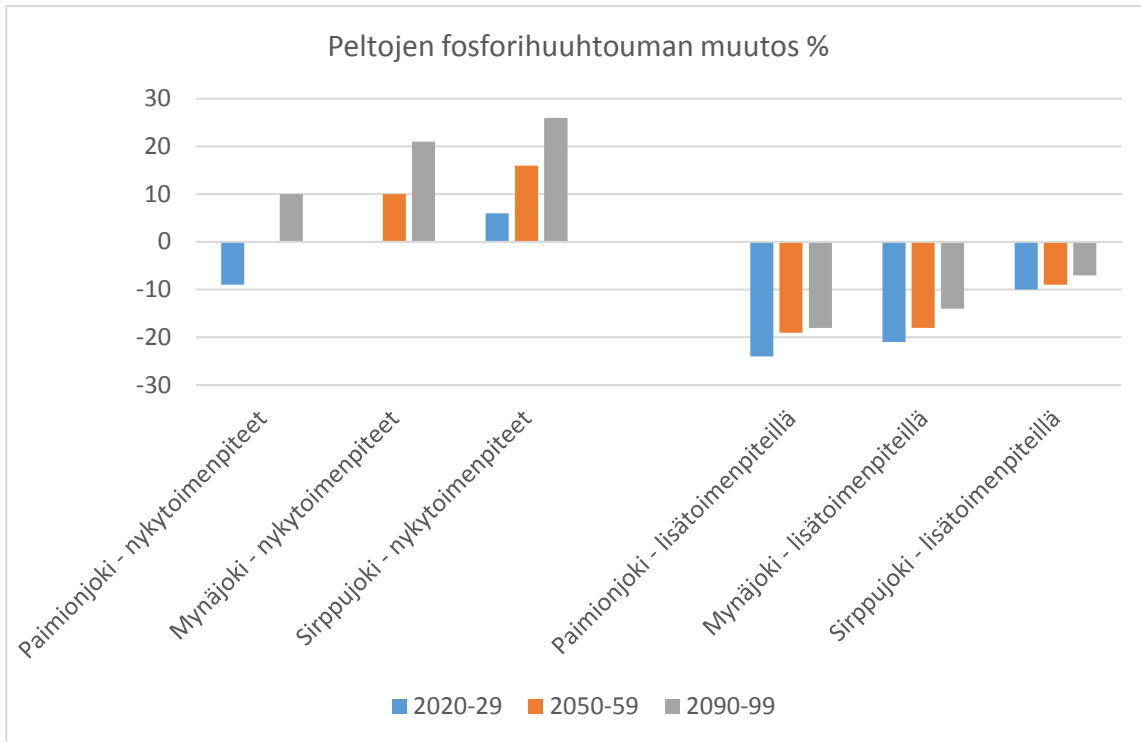


Kuva 7. Varsinais-Suomessa peltojen fosfori-luokat olivat vuosina 2011–2015 yleisesti ottaen korkeammat kuin Suomessa keskimäärin (Viljavuuspalvelu 2016).



Kuva 8. Varsinais-Suomen alueelta kerättyjen maanäytteiden jakautuminen eri fosfori-luokkiin eri aikajaksoina (Viljavuuspalvelu 2016).

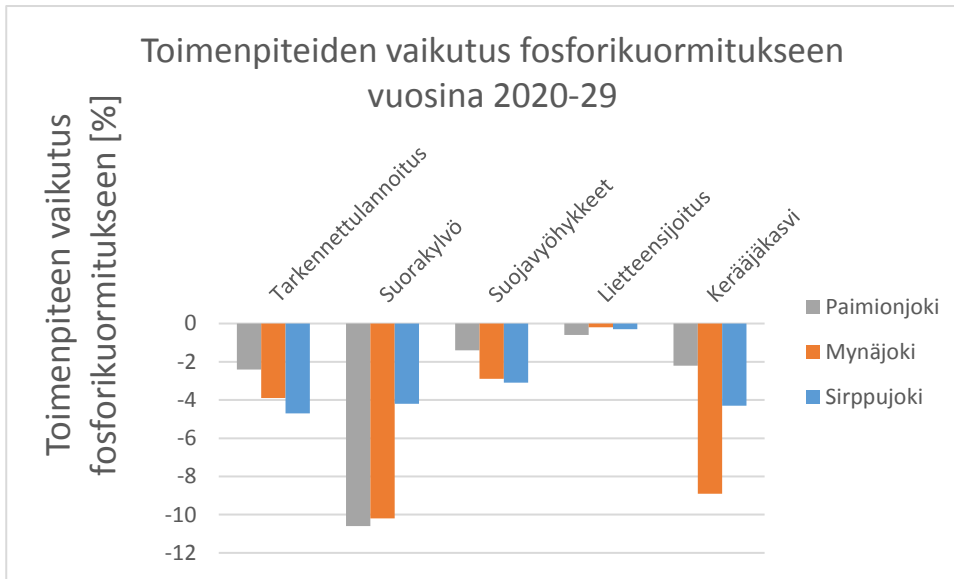
Mikäli maatalouden vesistövaikutuksia hillitsevien ympäristötoimenpiteiden laajuus pysyisi nykyisellä tasolla, lähtisi ilmastonmuutoksen vaikutuksesta fosforin kuormitus pelloilta Paimion-, Mynä- ja Sirppujokiin nousuun viimeistään 2050-luvulla. Tämä johtuu pitkälti talvisateiden lisääntymisestä. Lisäämällä näiden ympäristötoimenpiteiden kattavuutta on mahdollista saada fosforin huuhtouma laskemaan ilmastonmuutoksen tuomista vaikutuksista huolimatta (noin -5....-20%).



Kuva 9. Varsinais-Suomen pelloilta huuhtoutuvan fosforin määrä tulee lisääntymään ilmastonmuutoksen myötä, mutta toteuttamalla vesiensuojelullisia toimenpiteitä nykyistä enemmän on mahdollista saada fosforihuuhtouma vähentymään huolimatta ilmastonmuutoksen aiheuttamista muutoksista sääolosuhteissa.

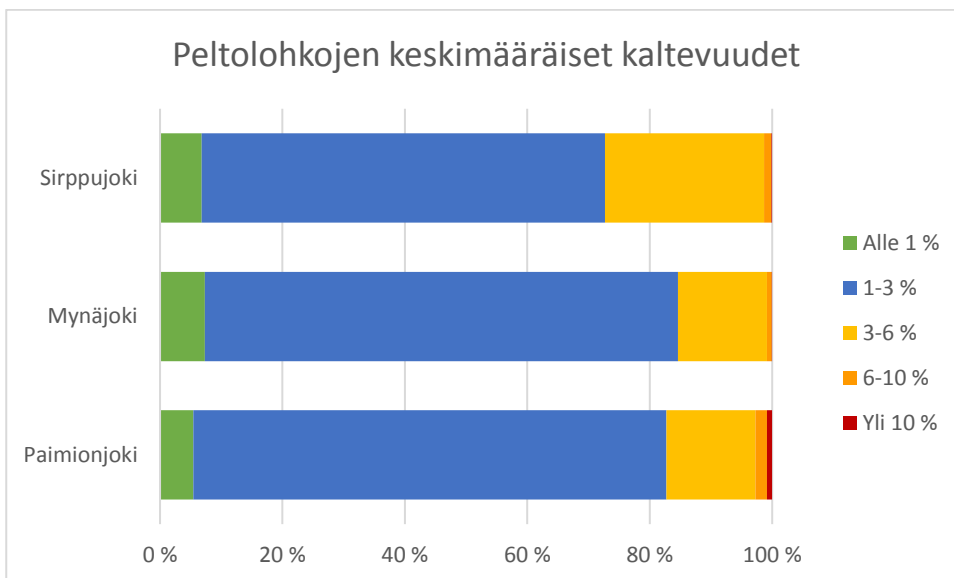
Typen kuormituksen muutoksissa ei ole niin selvää trendiä että se ylittäisi mallin epävarmuuden. Tässä tarkastelussa kuitenkin typen huuhtouma vähentyi sekä ilman lisätoimenpiteitä (0...-15%) että lisätoimenpiteillä (noin -30%). Tämä johtui mm. typen mineralisaation lisääntymisestä ja myös sadon mukana poistui aiempaa suurempi määrä typpeä.

Vertailluista toimenpiteistä suorakylvö, kerääjäkasvi ja tarkennettulannoitus ovat fosforikuormitukseen eniten vaikuttavat keinot. Suojavyöhykkeiden vaikuttavuus oli tässä mallinnuksessa pienehkö, mutta aiempien tutkimusten mukaan sen kustannustehokkuus on kuitenkin parhaimmasta päästä.



Kuva 10. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen v. 2020-29 tilanteessa keskimääräisellä ilmastoskenaariolla. Vaikuttavuus vaihtelee valuma-alueiden välillä riippuen mm. peltojen kaltevuudesta, maaperästä ja peltojen käyttömuodoista.

Valuma-alueiden ominaispiirteet vaikuttavat niiden herkkyyteen ilmastonmuutoksen vaikutuksille ravinnehuuhtouman osalta. Peltolohkojen sijoittuminen suoraan vesistön varrelle kalteville alueille lisää niiden eroosioherkkyyttä huomattavasti. Paimionjoella onkin Sirppujokeen ja Mynäjokeen verrattuna enemmän suoraan vesistöön rajoittuvia jyrkkiä peltolohkoja (kuva 11). Tästä syystä Paimionjoelle on laadittu suositukset suojavyöhykkeiden sijoittelusta, mutta Mynä- ja Sirppujoelle ei ole.



Kuva 11: Peltolohkojen keskimääräiset kaltevuudet. Peltolohkot on painotettu niiden pinta-aloilla. Valuma-alueiden kokonaisravinnetalouden kannalta jyrkimmät peltolohkot ja niillä viljely ei ole merkittävä tekijä niiden pinta-alan vuoksi.

Yleisesti on suositeltu, että suojaväyhykkeet toteutetaan yli 3 % kaltevuuden lohkoilla tai märkyydestä kärsivillä alueilla. Paimionjoen valuma-alueelle suositeltujen tarpeellisten ja erittäin tarpeellisten suojaväyhykkeiden toteutusprosentti vuonna 2015 oli noin 22 %. Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa keskimäärin 18 % erittäin tarpeellisista ja 12 % tarpeellisista suojaväyhykkeistä oli toteutettu vuonna 2015. Paimionjoella suojaväyhykesuunnitelmaan kuulumattomia peltolohkoja, joilla oli suojaväyhyke, oli yhteensä noin 2200 hehtaaria. Varsinais-Suomessa keskimäärin 70 % suojaväyhykkeellisistä lohkoista oli keskimääräiseltä kaltevuudeltaan alle 3 % (taulukko 1). Sirppujoella sama lukema oli noin 95 % ja Mynäjoella 91 %. Suojaväyhykkeet onkin nykyisellään viljelijän kannalta taloudellisesti edullisinta sijoittaa peltolohkoille, joiden tuottavuuden kanssa on ongelmia esimerkiksi huonon vesitalouden vuoksi. Huono vesitalous voi johtua esimerkiksi matalasta kuivatussyvyydestä ja tulvimisongelmista, joita esiintyy juuri tasaisilla alueilla.

Taulukko 7. Suojaväyhykkeellisten peltolohkojen osuus eri kaltevuuden mukaisissa luokissa.

	alle 1 %	1 - 3 %	3 - 6 %	6 - 10 %	10 - 15 %	yli 15 %	yli 3 % yht
Paimionjoki (668 lohkoa)	18,6	45,7	24,0	11,2	0,5	0,0	35,7 %
Sirppujoki (55 lohkoa)	14,8	79,6	5,6	0,0	0,0	0,0	5,6 %
Mynäjoki (47 lohkoa)	20,0	71,1	8,9	0,0	0,0	0,0	8,9 %
Varsinais-Suomi (4036 lohkoa)	12,5	57,1	23,6	6,4	0,5	0,0	30,4 %
Satakunta (1426 lohkoa)	23,4	65,8	9,1	1,7	0,1	0,0	10,9 %

Näiden tulosten perusteella valuma-alueiden haavoittuvuuteen vaikuttavat ratkaisevasti tekijät, jotka määrittelevät pellon talviaikaisen ravinnehuuhtouman herkkyyttä. Esimerkiksi kerääjäkasveilla saadaan liukoiset ravinteet syksyisin talteen ja suorakylvöllä lisättyä talviaikaista kasvipeitteisyyttä. Toimenpiteiden kohdistaminen herkimmille alueille lisäksi lisää niiden vaikuttavuutta ja parantaa ilmastokestävyyttä.

Kuivatus

Vain 15 % Suomen pelloista on viljelykelpoisia ilman paikalliskuivatusta²⁵. Perus- ja paikalliskuivatus ovat tärkeässä asemassa pellon maaperän kasvukunnon kannalta. Maatalouden ojituksen on arvioitu olevan yksi maatalouden kaikkein haavoittuvimmista osa-alueista²⁶. Veden kierto peltoekosysteemissä on kunnossa, kun²⁷:

1. Sade imeytyy nopeasti pintamaahan.
2. Vesi pidättyy tasaisesti maaprofiiliin ja vajovesi poistuu nopeasti.
3. Kasvit yltävät juurillaan veteen ja haihduttavat sen takaisin ilmakehään.

Ongelmat pellon vesitaloudessa näkyvät satotasoissa ja ravinnepestöinä. Pellolla tämä näkyy käytännössä kasvuston huonona kuntona, veden pintavirtauksena ja maanpinnan liettymisenä tai jopa pellolla seisovana vetenä. Varsinais-Suomessa on joitakin tiedossa olevia alueita, joilla pellon vesitalouden kanssa on toistuvia

²⁵ Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö H. 2009. Maan vesi- ja ravinnetalous – ojitus, kastelu ja ympäristö. 452 s.

²⁶ Hildén, M., Lehtonen, H., Bärlund, I., Hakala, K., Kaukoranta, T. and Tattari, S. 2005. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. FINADAPT Working Paper 5, Finnish Environment Institute Mimeographs 335, Helsinki. s. 2

²⁷ Ravinnehuhtoutumien hallinta (RaHa) 2014. Veden varastointi peltoon. Fakta 6/Huhtikuu 2014.

ongelmia, mutta kunnollista pinta-ala-arviota tästä ei ole. Luonnonvarakeskus on arvioinut vuonna 2013, että noin 8 400 hehtaarilla olisi tarvetta parantaa ojitusta ja 28 800 hehtaarilla sala-ojitusta (taulukko).

Taulukko 8. Luken arvio Varsinais-Suomen ojitetusta pelto- ja puutarha-alasta²⁸ (2013).

	Salaojitettu ala yhteensä	Säätö-sala- ojitettu ala	Salaojituksen kunnostusta tai täyden- nystä vaativa ala	Avo-ojitettu ala yhteensä	Avo-ojituk- sen kunnos- tusta tai täy- dennystä vaativa ala	Ojittamaton ala jolla oji- tus tarpeen
Peltoala [1000 ha]	256,7	3,5	28,8	13	5,8	2,6

Ojien peruskunnostuksen aikaväli on yleensä noin 50–100 vuotta. On olemassa yleinen käsitys, että ojituk-
sen kunnosta ei ole pidetty huolta ja että korjausvelkaa on kertynyt ojiin, mahdollisesti erityisesti vuokravil-
jelyn lyhyiden sopimuskausien vuoksi.

Tämän korjaustarpeen kanssa on kuitenkin tasapainoteltava niin, ettei korjauksia uusita liian usein. Ojien
kaivuu aiheuttaa aina kiintoaine- ja ravinnepestöjä. Lisäksi happamilla sulfaattialueilla, kuten Sirppujoen
valuma-alueella, liian syvä kuivatusvyvyys voi aiheuttaa happamia päästöjä vesistöihin.

Riskiä ojituksen vaikutuksesta vesistöjen haavoittuvuuteen voi lisätä valtion viranomaisten roolin pienenty-
minen ojituksen ohjauksessa. Riskinä on, että ojituksen kunnostukset jäävät tekemättä ja ojituksen ympä-
ristöasiat huomioimatta ilman riittävää ohjausta.

Paikalliskuivatuksen kunnostusta tai täydennystä vaativaa alaa oli Varsinais-Suomessa vuonna 2013 reilu
10 % peltoalasta. Salaojituksen ympäristöystävällisyyttä on mahdollista parantaa tasaisilla alle 2 %:n kalte-
vuuden omaavilla alueilla ottamalla säätelykaivot käyttöön (säätösala-
ojitus ja altakastelu). Säätösala-
ojitus on kuitenkin Varsinais-Suomessa harvinaista, mutta kunnollisia tilastoja sen yleisyydestä ei ole olemassa.
Vaikka säätösala-
ojitusta varten on haettavissa tukea, niin sitä ei ole usein hyödynnetty.

Taulukko 9. Säätösala-
ojitukseen ja altakasteluun sopivan kaltevuuden omaava peltopinta-ala valuma-
alueittain. Kalte-
vien alueiden maaperää ei ole arvioitu, joten salaojituksen käytännöntoteutettavuudesta ei ole tarkempaa tietoa.

	Koko valuma-alueen pel- topinta-ala	Alle 1 %:n kaltevuus	Alle 2 %:n kaltevuus
Paimionjoki	44 027 ha	13 211 ha, noin 30 %	28 688 ha, noin 65 %
Mynäjoki	6 888 ha	1 322 ha, noin 19 %	4 411 ha, noin 64 %
Sirppujoki	11 178 ha	1 073 ha, noin 10 %	4 993 ha, noin 45 %

²⁸ Luke Tilastotietokanta. [http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__02%20Ra-
kenne__12%20Viljelymaan%20hoito%20ja%20kastelu/05_Ojitettu_pelto_puutarha_ala_alueet.px/table/table-
ViewLayout1/?rxid=dcdacc81-d0b5-4c8a-8c92-b42cda4501b8](http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__02%20Ra-
kenne__12%20Viljelymaan%20hoito%20ja%20kastelu/05_Ojitettu_pelto_puutarha_ala_alueet.px/table/table-
ViewLayout1/?rxid=dcdacc81-d0b5-4c8a-8c92-b42cda4501b8)

Taulukko 10. Säättösalaajitukseen, säättökasteluun ja kuivatusvesien kierrätykseen tehdyt tukisopimukset Varsinais-Suomessa vuosina 2000–2015 (MML 2016). Aloihin on voitu laskea mukaan samat säättösalaajitussopimukset useaan kertaan, koska tukisopimukset ovat voimassa viisi vuotta. Toisaalta kaikille aloille ei haeta tukea.

Kunta	Säättösalaajitettu [ha]	Käytössä oleva maatalousmaa [ha]	%
Laitila	177,39	12 118	1,5
Loimaa	40,80	41 161	0,1
Masku	67,10	5 720	1,2
Mynämäki	118,28	12 444	1,0
Oripää	54,82	5 290	1,0
Paimio	128,86	8 561	1,5
Pöytyä	241,78	20 989	1,2
Rusko	13,67	4 468	0,3
Salo	268,28	54 500	0,5
Sauvo	714,42	8 719	8,2
Taivassalo	94,83	3 327	2,9
Uusikaupunki	241,12	8 393	2,9
Vehmaa	64,50	5 892	1,1

Kastelu

Taulukko 11. Luken tilasto kastellusta ja kasteltavissa olevasta peltoalasta Varsinais-Suomessa (2013).

	Ala (ha)	Osuus alueen käytössä olevasta maatalousmaasta (%)	Osuus alueen kasteltavissa olevasta alasta (%)
Kasteltu ala	3 090	1,1	14,5
Kasteltavissa oleva ala	21 320	7,3	

Kastelua hyödynnetään Varsinais-Suomessa hyvin vähän. Maatalouden sektoreista kastelua hyödynnetään huomattavasti eniten avomaan puutarhatuotannossa (vihannekset, hedelmät, marjat) ja kasvihuoneissa. Viljanviljelyssä kastelu on harvinaista (alle 2 % kasteltavissa olevasta peltopinta-alasta, tai alle 0,1 % kaikesta vilja-alasta).

Ilmastonmuutoksen myötä ennustetaan, että satotaset voisivat nousta viljelyolosuhteiden parantuessa (lämpösunnan kasvu, kasvukauden pidentyminen, hiilidioksidipitoisuuden nousu). Ongelmaksi voi kuitenkin nousta sateiden riittämättömyys satotasojen nousuun, koska samaan aikaan myös haihdunta ja kuivuusriski kasvavat²⁹. Satopotentialin nousu voi siis käytännössä toteutua vain jos kastelu otetaan laajempaan käyttöön.

²⁹ Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Palosuo, T., Hakala, K. & Ruosteenoja, K. 2016. Rainfed crop production challenges under European high-latitude conditions. *Regional Environmental Change* 16: 1521-1533.

Sirppujoen alueen viljelijöitä on haastateltu vuosina 2014 (Lauri Ahopelto) ja 2015 (Katariina Yli-Heikkilä). Kaikki viljelijät olivat erikoiskasvien (peruna, porkkana, tilli, sokerijuurikas, selleri, sipuli, mansikka, mustikka, kurkku ja nauris) viljelijöitä. Kastelu oli kaikilla haastatelluilla viljelijöillä käytössä. He kertoivat seuraavista ongelmista kasteluvedensaataavuudessa:

- Sirppujoen sivu-uomat kuivuvat ajoittain kesäisin, jolloin kasteluveden saatavuudessa ongelmia
- Vettä pumpataan kastelua varten jopa 2 km
- Kastelulaitteiden suuttimet tukkeutuvat ilman suodatusta; ongelma pahempi turvetuotannon läheisyydessä
- Vuoden 2014 kesäkuukausien kuivakausi aiheutti joillekin satovahinkoja kastelusta huolimatta, tai kasteluvettä ei ollut riittävästi saatavilla
- Vuoden 2015 runsassateisena kesänä ei ollut kastelutarvetta. Ne, joilla oli säätösalaajitus käytössä, hyödynsivät sitä veden pumppaamiseen pois.

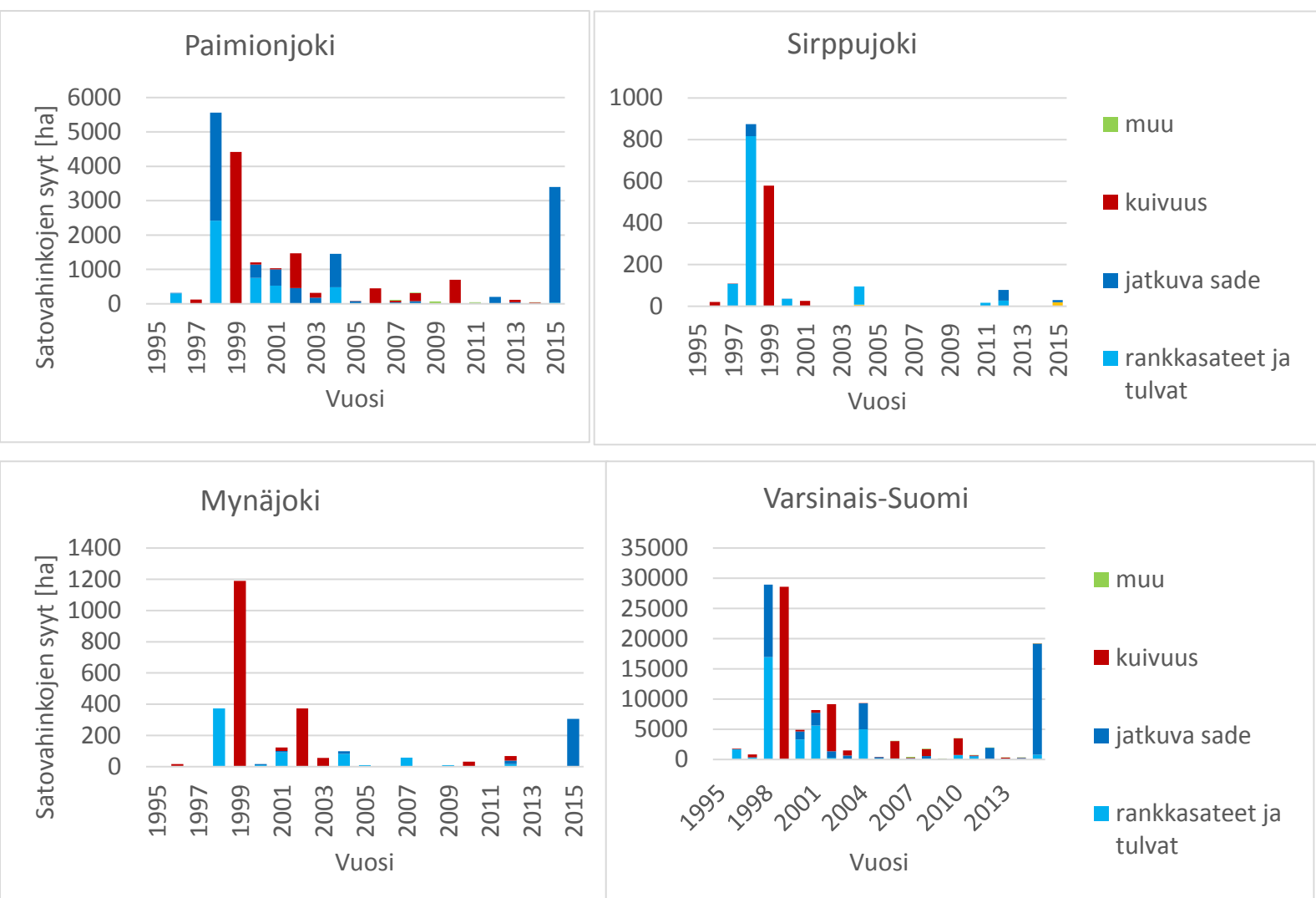
Satovahingot

Ilmastonmuutoksen myötä sääolosuhteiden ennalta-arvaamattomuus voi lisääntyä. Esimerkiksi on arvioitu, että rankkasateet voivat tulla yleisemmiksi. Raekuurot ja rankkasateet aiheuttavat satovahinkoja, joihin on vaikea ennalta varautua. Lisäksi mahdollista, että satovahinkojen mahdollisuus tulee lisääntymään myös esimerkiksi haitallisen kuivuuden todennäköisyyden lisääntyessä kevään aikana tai esimerkiksi syysviljan osalta jääpoltteen todennäköisyyden lisääntyessä (vähälumisena talvena maa sulaa ja jäätyy useita kertoja).

Varsinais-Suomessa satovahinkokorvauksia haettiin vuosina 1995–2015 erityisesti poikkeuksellisten sateiden aiheuttamiin vahinkoihin³⁰. Yleisesti ottaen sateisuus (jatkuvat sateet, raesade, kaatosade, rajuilma, tulva) aiheutti noin 60 % ja kuivuus noin 35 % kaikista satovahingoista. Hehtaarimääräisesti suurimmat satovahingot tapahtuivat vuosina 1998 ja 1999 (noin 29 000 hehtaarille eli noin 10 %:lle Varsinais-Suomen pelloista haettiin satovahinkokorvausta). Vuonna 1998 satovahinkojen aiheuttajan olivat liialliset sateet ja vuonna 1999 kuivuus.

Poikkeuksellisten sääolosuhteiden aiheuttamat satovahingot ovat kuitenkin vain yksi aspekti ilmastonmuutoksen aiheuttamista muutoksista sadoissa. Hitaammin tapahtuvat muutokset kuten peltojen vettyminen huonosti toimivan kuivatuksen vuoksi ja maaperän hiilimäärän vähentyminen johtavat myös peltomaan kasvukunnon heikkenemiseen ja satotasojen laskuun. Huonokuntoisilla pelloilla satotasot ovat pienet, mikä oikeutti satovahinkojärjestelmässä hakemaan korvauksia, vaikkei ”oikeasta” satovahingosta ollutkaan kysymys. Mahdollisesti esimerkiksi jatkuvien sateiden aiheuttamat satovahingot voivat osittain olla tämän tyyppisiä vahinkoja. Toisaalta monet viljelijöistä eivät hakeneet korvauksia, vaikka olisivat niihin olleet oikeutettuja, koska korvausten rahallinen määrä oli pieni ja korvauksen saaminen vaati paperityötä ja tarkastuksien läpikäymistä. Satovahinkokorvausjärjestelmä lakkautettiin vuoden 2015 lopussa.

³⁰ Mavi 2015.



Kuva 12. Osittain sekä täysin tuhoutuneet peltöhehtaarit (satovahingot) Paimion-, Sirppu- ja Mynäjoen valuma-alueilla sekä koko Varsinais-Suomessa vuosilta 1995-2015³¹. Satovahinkohakemuksessa osittain tai täysin tuhoutuneen sadon aiheuttaneeksi syyksi raportoidaan joku seuraavista kategorioista: halla, raesade, kaatosade, rajuilma, tulva, kuivuus, poikkeukselliset talvehtimisolosuhteet, tulvan tai sateiden takia kylvämättä jääminen, poikkeuksellisen pitkään jatkunut jatkuva sade, poikkeuksellisesta sääolosta johtunut laajalla alueella aiheutunut laadullinen vahinko tai muu. Tässä luokkia on yhdistelty.

Satovahinkokorvausjärjestelmän ongelmista huolimatta satovahingot kuvaavat maatalouden haavoittuvuutta ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Satovahinkojen perusteella näyttää siltä, että laajat poikkeukselliset tilanteet toistuvat noin 10–15 vuoden välein. Tämän lisäksi vuosittain tapahtuu satovahinkoja, mahdollisesti hyvin paikallisten sääilmiöiden aiheuttamina. On myös mahdollista, että toistuvat satovahingot ovat merkinä huonokuntoisesta peltolohkosta, jossa vesitaloudesta ja maan kasvukunnosta ei ole huolehdittu. Hyväkuntoinen maaperä toimivine ojituksineen puskuroi sääilmiöiden vaikutuksia vastaan.

On havaittu, että tutkimuslaitosten omilla viljelmillä vakavimmat satovahingot aiheutuivat useimmiten kevätilviljoille kuivuuden ja korkeiden lämpötilojen vuoksi, syysviljoille talviolosuhteiden epäedullisuuden sekä

³¹ Mavi 2016.

tuholaisten vuoksi ja rapsilla korkeiden kasvulämpötilojen tai hallan vuoksi³². Kuivuuden ollessa yksi tärkeimmistä satovahinkotekijöistä kevätiljalle, on kastelujärjestelmien puute iso haavoittuvuutta lisäävä tekijä. Sen sijaan sateet eivät tutkimuslaitoksilla olleet kovinkaan merkittävä satovahinkoja aiheuttava syy.

Valtion satovahinkokorvausjärjestelmän lakattua vuoden 2015 lopussa on tilalle tullut yksityisiä vapaaehtoisia vakuutuksia³³.

Taulukko 12. Maatalouden haavoittuvuus.

Haitallinen vaikutus	Vaikutusten mittaluokka	Vaikutusten ajoittuminen	Vaikutusten pysyvyys	Vaikutusten todennäköisyys	Vaikutusten jakautuminen	Riskin kohteena olevan systeemin merkittävyys	Sopeutumispotentiaali	Haavoittuvuusluokka
Ravinnehuuhtouma lisääntyy syys- ja talviaikana talvien leudontuessa	suuri	2050	pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	hyvin merkittävä	keskiverto	hyvin haavoittuva
Nykyisin käytössä olevien vesiensuojelullisten toimenpiteiden kohdentuminen heikimmille alueille on heikkoa	keskiverto-suuri	2020	ei pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	merkittävä	keskiverto	jokseenkin haavoittuva
Peruskuivatuksen rakenteiden kunto rapautunut jossakin määrin	keskiverto-suuri	2020	jokseenkin pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	merkittävä	keskiverto	jokseenkin haavoittuva
Kastelutarve lisääntyy, mutta nykyisin kastelua hyödynnetään hyvin vähän eikä valmiutta ottaa kastelua käyttöön ole laajasti	keskiverto	2050	ei pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	merkittävä	keskiverto	ei kovinkaan haavoittuva - jokseenkin haavoittuva
Maaperän kunto on rapistunut ja tulevaisuudessa roudan puute aiheuttaa lisää maaperän kunnan heikentymistä	suuri	2020	jokseenkin pysyvä - pysyvä	hyvin todennäköinen	tasaisesti	hyvin merkittävä	keskiverto	hyvin haavoittuva

³² Peltonen-Sainio, P., Venäläinen, A., Mäkelä, H.M., Pirinen, P., Laapas, M., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Ojanen, H., Korhonen, P., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Hakala, K., Kaukoranta, T. & Virkajärvi, P. 2016. Harmfulness of weather events and adaptive capacity of farmers at high latitudes of Europe. *Climate Research* 67: 221-240.

³³ Käytännön maamies. Uudet satovahinkovakuutukset vertailussa – Satoa vakuuttamaan? <http://kaytannonmaamies.fi/share/10441/1c5293>

Tärkeimmät johtopäätökset

Maatalouden vaikutus ravinnehuuhtoumaan on Lounais-Suomen vesistöissä suuri. Tästä syystä haavoittuvuutta tarkasteltiin tarkimmin maatalouden osalta. Sääolosuhteissa suurimmat odotettavissa olevat muutokset ovat seuraavat:

- Lämpötilat nousevat erityisesti talvisin, aiheuttaen lumipeitteisyyden ja roudan huomattavaa vähentymistä (ajallisesti ja määrällisesti).
- Sateen määrä voi mahdollisesti lievästi nousta (10–15% Varsinais-Suomessa), mutta suurempi muutos on sateiden ajoittumisessa: sateet kohdistuvat aiempaa enemmän syksyyn ja talveen.
- Kevään aikaiset tulvat lumien sulamisesta aiheutuen harvinaistuvat.
- Keväistä tulee aiempaa kuivempia, kun lumet sulavat aiemmin ja maaperä kuivuu kevään vähäsateisenä aikana.

Näistä muutoksien seurauksena ravinnehuuhtouma lisääntyy erityisesti syys- ja talviaikana, kun sateet tulevat lumen sijaan vetenä huuhtoen maaperää aiempaa enemmän. Muutoksen suuruuteen vaikuttaa mm. kasvipeitteettömän alan määrä sekä maaperän eroosioherkkyys (kaltevuus, vettyvyys, maalaji). Maankäytölliset toimet jotka aiheuttavat kasvipeitteettömyyttä tulevat olemaan suurin vesistöjen haavoittuvuutta lisäävä tekijä. Tällaisia ovat mm:

- maatalouden syyskyntö
- pätehakkuut metsätaloudessa
- turvetuotanto
- uudisojitukset ja ojien peruskunnostukset

Tämän lisäksi maaperän kunto vaikuttaa ravinnehuuhtoumiin. Sekä metsä- että maataloudessa hyväkuntoinen maaperä pidättää ravinteita paremmin kuin heikkokuntoinen alue. Maaperän kunnosta ei kuitenkaan ole saatavissa kattavia tilastoja, mutta joidenkin tutkimustulosten mukaan ainakin maatalousalueilla hiilen määrä on Suomessa vähentynyt viime vuosikymmeninä (Heikkinen 2016).