

Kuormitusten arviointi vesienhoidon suunnittelussa.

VEMALA

SYKE:n aineiston perusteella esityksen muokannut Jaana Rintala

SYKE-WSFS-VEMALA vesistömallin vedenlaatuosio

**Koko Suomen kattava kuormituslaskenta typelle,
fosforille ja kiintoainekselle**

Markus Huttunen, Inese Huttunen, Vanamo Seppänen, Marie Korppoo, Bertel Vehviläinen

Suomen ympäristökeskus

Mallin perusrakenne

- Hydrologinen SYKE-WSFS malli:
 - Syötteet sade- ja lämpötilahavainnot
 - Laskee lumen, maankosteuden, pohjaveden, valumat
 - Virtaamat ja vedenkorkeudet joissa ja järvissä
 - Vuorokauden aika-askel, 3. jakovaiheen tarkkuudella
 - Kattaa koko Suomen, lasketaan päivittäin
- **Kuormitusmalli VEMALA:**
 - **Kuormituksen syntyminen maa-alueilta (pellot/muu alue)**
 - **Haja-asutus, pistekuormitukset, laskeuma, turvetuotanto**
 - **Kuormituksen eteneminen vesistössä:**
 - **Joet ja järvet (sekoittuminen, sediment., eroosio)**

Mallin tarkoitus

- **Reaaliaikainen kuormitustieto**
 - Päivittäin ulkoisille www-sivuille
 - Kuormitusennusteet (järveen/mereen)
 - Klorofylliennusteet
- **Skenaariot**
 - Ilmastonmuutos
 - Maankäytön ja viljelytoimenpiteiden muutokset
 - Piste-, haja-asutus, ym kuormitusten muutokset
 - Kuormitusmuutosten vaikutus:
 - Yksittäisesä järvessä tai vesistön osassa
 - Koko vesistön tasolla
 - Kuorma merialueelle tai kuorma Suomesta Itämereen

Vemalan versiot

- **V1: käytössä oleva / stabiili**
 - **Pellot: Vihma työkalun kuormitus**
 - **Metsät: Veps:n arvot korjattuna vesistöhavaintoihin**
 - **Pidättyminen järviin: vesistöhavaintoihin sovitettu pidättymiskerroin**
 - **Sisäinen kuormitus: sovitettu kuormitus g/m²/d (vakio)**
- **Ominaisuudet**
 - **Maa-alueen ravinneprosesseja ei kuvattu:**
 - **ominaiskuormitus jaetaan vuorokausivalunnan perusteella**
 - **Ilmaston muutoksen vaikutus vain valunnan muutosten mukaan**
- **Vemala ei kuvaa epävarmuutta tilastollisesti**

Järvien valuma-alueet ja maankäyttö

Vesistömallijärjestelmä - Mozilla Firefox

Tiedosto Muokkaa Näytä Sivuhistoria Kirjanmerkit Työkalut Ohje

http://kk625/

Useimmin avatut

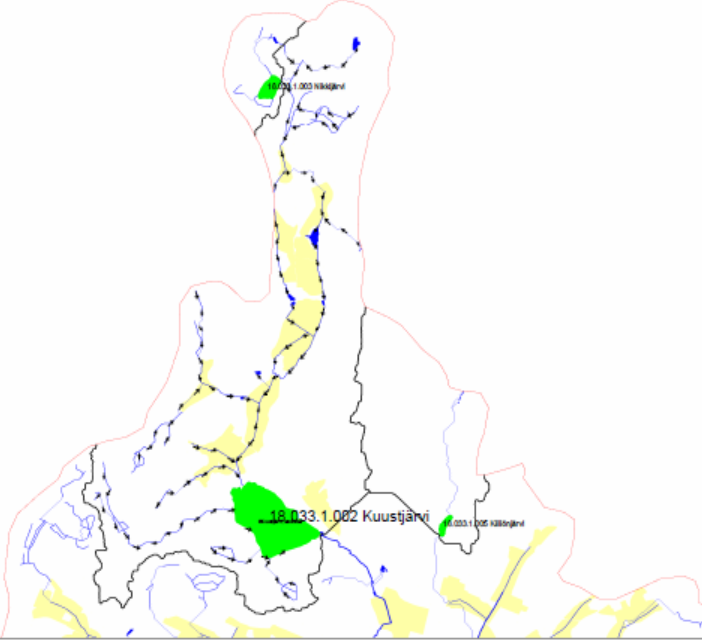
Vesistömallijärjestelmä

Vesistömallijärjestelmä WSFS Load= 61 % Tue Feb 7 14:34:34 EET 2012 User: ennu

Sääennuste
Havainnot
Säännöstelyohjeet
Juoksutussimulointi
Kemijoen juoksutusoptimointi
Mallin asetukset
Simuloidut arvot
Numeeriset ennusteet
Hydrologiset kartat
Suomen vesitilanne
Laskennan seuranta
Säätutkan sade
Kemijoen tutkasade
Ohjeita ja tietoa
VEMALA kuormituslaskenta
Yhteystietoja
Klusteri
Varoitukset / Luova
Testiennusteet
Tulvapäivystäjän loki

Luovaportaali

SYKE-WSFS vesistöaluejako, 18.033.1.002 Kuustjärvi



Valmis

Saapuneet - Mic... Vesistömallijärje... Alustava ohjelm... vlaatumalli20120... Google Earth FI 14:35

SYKE

Kuormitusmalli

- **Malli laskee kuormituksen syntymisen maa-alueilta ja etenemisen vesistössä**
 - Vuosittaisena kuormitustietona myös haja-asutuksen kuormitus (RHR), hulevedet, pistekuormitus (Vahti) ja laskeuma (Veps)
- **Laskenta vuorokauden aika-askeleella**
- **Lopputuloksena joen virtaama, pitoisuus ja kuormitus mereen**
- **Pitoisuudet ja kuormitukset kaikkiin järviin ja jokipisteisiin**
- **Simulointijakso v.1960 alkaen, v. 2100 saakka (skenaario)**
- **Malli sovitettu jaksolle 1990-2013**

Kuormituslähteet

- **Peltojen ja metsien kuormitus on jaettu lisäksi:**
 - Peltoviljely ja luonnonhuuhtouma pelloilta
 - Metsätalous ja luonnonhuuhtouma metsistä
 - Jako perustuu Veps arvioon luonnonhuuhtoumasta kg/km²
- **Lisäksi hulevesi on erillään haja-asutuksen kuormasta**
 - Huleveden kuorma perustuu myös Veps arvioon

Järven tuleva kuorma jaettuna kuormituslähteittäin

Firefox Vesistömallijärjestelmä

kk625

Vesistömallijärjestelmä WSFS Load= 136 % Tue Feb 11 09:48:31 EET 2014 User: guest

in english
[Uutta](#)
 Etusivu
 Ennusteet
 Sääennuste
 Havainnot
 Säännöstely
 Juoksutus
 Kemijoen
 juoksutusopt
 Simuloidut ar
 Numeeriset
 ennusteet
 Hydrologiset
 Suomen ves
 Laskennan
 seuranta
 Sääätukan sa
 Kemijoen
 tutkasade
 Ohjeita ja tiet
 VEMALA
 kuormituslas

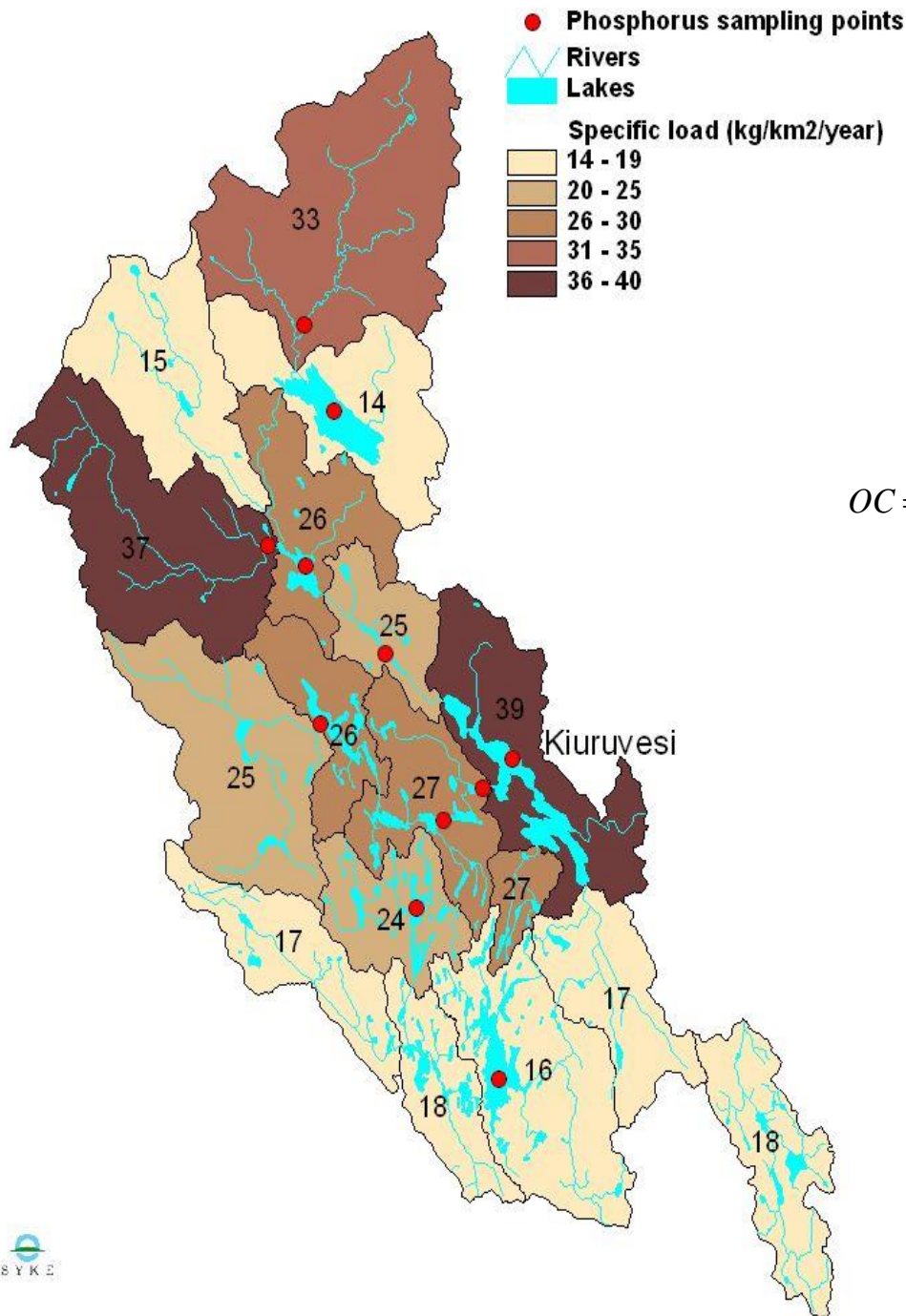
Tuleva kuorma pelto peltoviljely kg/vuosi	Tuleva kuorma pelto luonnonhuuht. kg/vuosi	Tuleva kuorma metsätalous kg/vuosi	Tuleva kuorma metsät luonnonh. kg/vuosi	Tuleva kuorma haja-asutus kg/vuosi	Tuleva kuorma hulevesi kg/vuosi	Tuleva kuorma pistekuormitus kg/vuosi	Tuleva kuorma laskeuma kg/vuosi	Valuma-alueen koko ala km2	Valuma-alueen peltoala km2	Valuma-alueen muu maa-ala km2	Valuma-alueen vesiala km2	Hav num	Hav ka	Sim ka	Ero	Havainnot
45870,58	2746,11	4884,10	21507,52	4047,38	71,10	2927,54	3084,83	4657,61	512,66	3710,69	434,23	444	55,34	50,39	4,95	04 521 001 Porovesi
26137,23	1567,55	2338,67	10264,96	2319,98	33,65	1138,67	1517,91	1943,66	246,34	1504,65	192,68	173	82,48	64,81	17,67	04 522 001 Haapajärvi
19234,52	1159,97	1728,52	7588,33	1715,94	25,46	327,60	936,61	1419,43	182,33	1107,84	129,27	427	93,49	69,82	23,67	04 523 001 Kiuruvesi
73,42	3,68	11,62	48,87	11,97	0,18	0,00	12,80	9,31	0,56	7,17	1,58	16	15,82	28,94	-13,12	04 526 007 Pörsä
59,45	4,57	9,56	43,80	4,39	0,06	0,00	2,68	7,35	0,64	5,95	0,76	6	83,00	60,59	22,41	04 527 001 Majojärvi
474,38	24,34	16,43	67,25	18,67	0,40	0,00	14,35	15,90	3,89	9,09	2,92	38	40,71	46,49	-5,78	04 529 006 Ala-Haajainen

Windows taskbar: Ves..., KA..., Saa..., W, P, vla..., X, T, S, Sk..., PDF, rae... 9:52 11.2.2014

SYKE

Vihma malli WSFS-VEMALA:ssa

- Vihma malli (Puustinen) laskee peltolohkon pitkän jakson keskimääräisen kuormituksen
- Vihma malli perustuu mittauksiin, siinä huomioidaan peltolohkon:
 - Maalaji
 - Kaltevuus
 - P-luku
 - Kasvilaji ja viljelytoimenpiteet
 - N. 600 000 lohkolle tiedot lohko kohtaisina, muille kuntatasolla
 - Viljelytoimenpiteistä ei täsmällisiä tietoja
- WSFS-VEMALA:n peltojen kuormitus skaalattu vastaamaan Vihma:n arvoja



Mallin sovittaminen havaintoihin

- Mallin parametrit sovitetään (kalibroidaan) vesistöhavaintojen perusteella. Kriteerinä on minimoida simuloidun ja havaitun arvon eroa.
- Optimointikriteeri:

$$OC = w1 \sum_{i=1}^{n_{wq}} (conc_{obs}(i) - conc_{sim}(i))^2 + w2 \sum_{i=1}^{n_{wq}} (load_{obs}(i) - load_{sim}(i))^2$$

- Parametrit sovitetään kerrallaan suuremmille alueille, niin että alueelta on riittävä määrä havaintoja.
- Vähintään tarvitaan hyvät havainnot alueelta pois lähtevästä kuormasta.
- Kalibroinnissa tarkastellaan samanaikaisesti alueen kaikkia havaintoja ja yritetään saada malli simuloimaan mahdollisimman hyvin kaikkia.
- Epäedustavat havainnot aiheuttavat ongelmia ja niitä joudutaan etsimään ja karsimaan manuaalisesti.

Mallin sovittamiseen käytetään havaintoja:

- n. 31 000 jokihavaintopistettä
- n. 34 000 järvihavaintopistettä
- **Mitä puuttuu:**
 - Todellista koko vuoden havaittua kuormitusta ei ole
 - Kuormituspiikkejä osuu havaintojen väliin
- **Malli tarkentuisi jos olisi edes joesta mereen menevä kuorma tarkasti (päivittäin) havaittuna:**
 - Kokonaistase kohdalleen mallissa
 - Myöskään toimenpiteiden tarkkaa vaikutusta ei voi osoittaa jos siitä ei ole havaintoja
- **Automaattiasemia on käytössä/tulossa:**
 - Lounais-Suomi: Aurajoki, Eurajoki, Loimijoki
 - Karjaanjoki
 - Vantaanjoki

Tietojen epävarmuus / luotettavuus

- Tiedot ovat mallinnettuja
- Epävarmuus on sitä suurempi mitä:
 - Pienempiä alueita tarkastellaan
 - Vähemmän alueelta on pitoisuushavaintoja
- Mallin lähtötiedoissa on epävarmuutta/puutteita:
 - Metsien ja metsätalouden kuormitus:
 - Mallissa ei vielä eri metsätyyppejä, maalajeja, ym. todellisia huuhtoumaan vaikuttavia lähtötietoja
 - Metsien kuormitus on jäännöstermi, eli vesistössä havaittu kuormitus miinus muut kuormituslähteet (pellot, piste, ym)
 - Toisessa malliversiossa metsillä VEPS:n arvio
 - Pelloilta ei todellisia viljelytietoja
- Pistekuormitukset ja haja-asutus 3. jakovaiheen tasolla:
 - Ei täsmällisiä koordinaatteja (ovat kyllä saatavilla)
- Ei-havainnoitujen alueiden laskennassa vielä parannettavaa

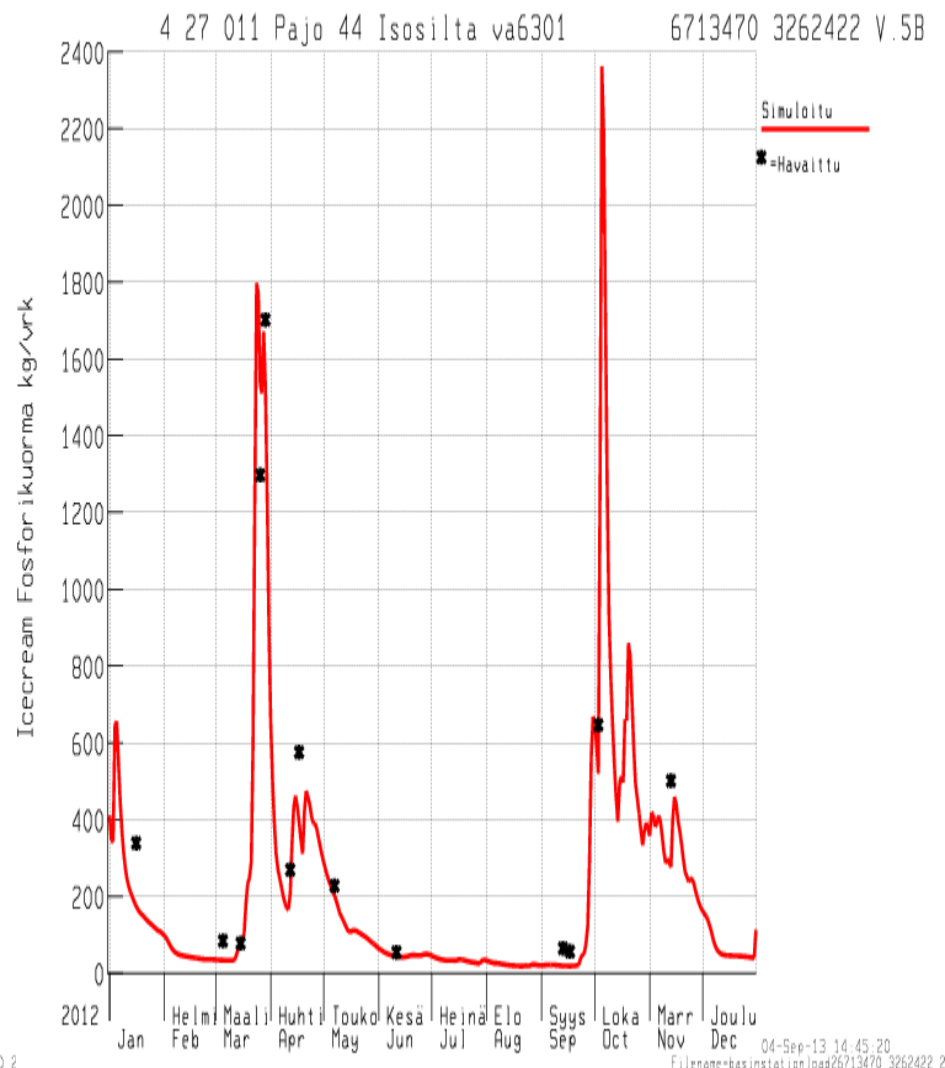
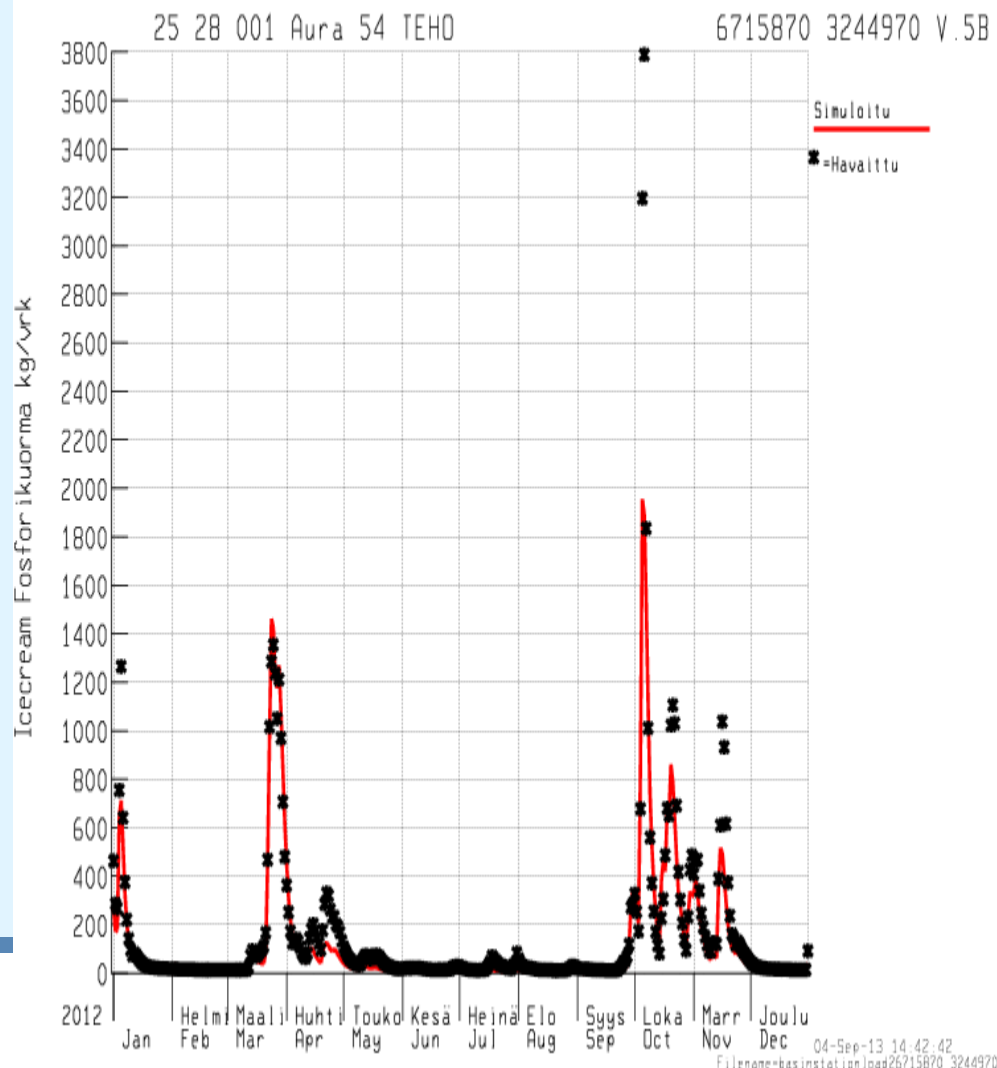
Toisaalta mitä mallissa tiedetään aika varmasti

- **Maankäyttö (pelto/metsä):**
 - Paljonko peltoa järven valuma-alueella on
 - Myös peltojen perustiedot: kasvi, kaltevuus ym.
- **Pistekuormitukset ja laskeuma ja niiden retentio**
 - Paitsi 3. jakovaiheen sisällä

Lähtötietojen puutteet

- **Peltojen tiedot:**
 - Viljelytoimenpiteet, lannoitus, sadon määrä
 - P-luku kaikille pelloille
 - Lohkokirjanpito joskus malleille saakka?
 - Malleissa nämä tiedot arvataan nyt peltolohkotasolla
- **Haja-asutus:**
 - Päivitetyt tiedot jätevesijärjestelmästä
- **Metsätaloustoimenpiteet**
 - Missä, milloin (hakkuut, muokkaukset, ojitukset, lannoitukset)

Havaintojen puutteet: Automaattihavainnoista saataisiin todellinen mereen menevä kuorma



Miten laskentatulokset ja skenaariot luotettavammiksi?

- **Paremmat lähtötiedot:**
 - Peltojen maalaji, P-luku, pH, multavuus (viljavuusanalyysit)
 - Viljelytoimenpiteet ja lannoitusmäärät (lohkokirjanpito)
- **Havainnointi**
 - Joen mereen menevästä kuormasta automaattimittaus
 - Liukoinen P ei kuitenkaan näy nykyisillä antureilla
- **Nämä tiedot olisivat oleellisia siltä kannalta, että malli ja skenaariot perustuisivat oikeisiin lähtötietoihin ja kuvaisivat oikein toimenpiteiden vaikutusta:**
 - Toteuttaminen ei välttämättä ole helppoa, mutta tavoitteena tulee olla, että saadaan seuraavalle vesienhoidon suunnittelukaudelle (2018->)

Miksi tarkat lähtötiedot tarvitaan

- **Päämääränä voidaan suunnitella toimenpiteet niin että ne voitaisiin kohdistaa lohkoille joilla niistä on eniten hyötyä**
- **VHS:sta ja HELCOM:lta vaatimuksia kuormituksen pienentämiselle, miten saavuttaa ne?**
- **Toimenpiteet pelloille toteutetaan tuilla tai rajoituksilla. Jos lähtötiedot ja vaikutusarviot epätarkkoja, niin:**
 - Tuetaan toimenpiteitä myös lohkoilla joilla niistä ei hyötyä
 - Rajoituksia viljelytoimenpiteisiin myös sellaisille lohkoilla joilla niistä ei vaikutusta
 - Toisaalta tukien kohdentamista rajoittaa valvonta yms. asiat
- **Optimaalisilla toimenpiteillä HELCOM ja VHS vaatimukset saavutetaan pienimmillä kokonaiskustannuksilla**
 - Muuten: rahaa kuluu enemmän ja tuloksia tulee vähemmän

WSFS-VEMALA

(Watershed Simulation and Forecasting System)



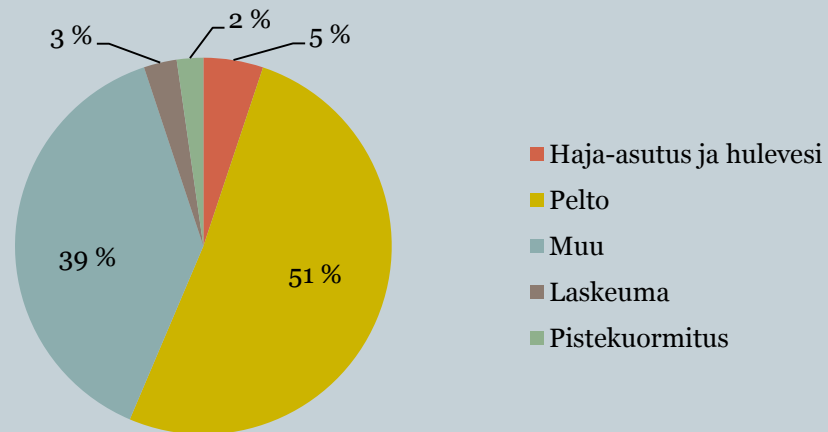
- **Kuvaa vesistöjen hydrologista kiertoa sekä vedenlaatua, ja tekee näiden perusteella kuormitusarviot**
 - Hyödyntää useaa eri mallia (LakeState, ICECREAM, VIHMA jne.)
 - Kuormitusarvioiden laskeminen perustuu vuorokauden sadantaan, lämpötilaan, haihduntaan --> Näiden perustietojen avulla pystytään arvioimaan mm. lumen sulamista/kertymistä, maankosteutta, pohjaveden vaihtelua, virtaamia, vedenkorkeuksia.
- **Vesistömallijärjestelmässä kuvataan eri lähteistä vesistöihin tulevat kuormitukset 3. jakovaiheen tarkkuudella**
 - VHS-työssä käytetyt kuormitusarvot ovat keskiarvoja vuosilta 2006-2011
 - Pelto, haja-asutukselle ja hulevesi, laskeuma, pistekuormitus (VAHTI-rekisteri 2006-2011) sekä muu kuormitus
 - Ns. muu-kuormitus on poistettu → VEMALA erottaa VEPS-tietojärjestelmän avulla metsätalouden ja luonnonhuhuhtouman tosistaan
 - Myös verrattu VEMALAN laskemia tuloksia KALLE-laskentatyökalun tuloksiin metsätalouden osuuden kannalta

Eteläinen osa-alue

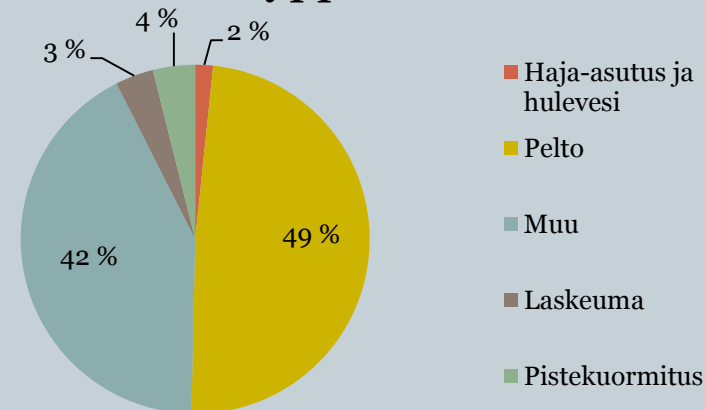


- Kokonaisfosfori- ja kokonaistypikuormitus
- ”Muu” kuormitus sisältää sekä luonnonhuuhtouman että metsätalouden kuormituksen
- Maatalous on suurin yksittäinen kuormittaja

Kokonaisfosforikuormitus



Kokonaistypikuormitus



Kokonaisfosforikuormitus t/v

Vesistöalue	Haja-asutus ja hulevesi	Pelto	Muu haja-kuormitus	Laskeuma vesiin	Piste-kuormitus	Kuormitus yht.
Kalajoki	7,6	59,6	45,7	2,4	1,7	117,0
Pyhäjoki	3,9	38,6	20,7	3,6	3,1	69,9
Liminkaoja	0,2	1,1	1,6	0,03	0,02	3,0
Piehinginjoki	0,1	0,4	1,3	0,1	0,03	1,9
Siikajoki	3,1	41,9	44,6	2,9	2,4	94,9
Temmesjoki	0,8	25,0	12,6	0,4	0,3	39,1
Yppärinjoki	0,3	1,4	0,7	0,03	0,02	2,5
Pattijoki	0,5	1,1	0,4	0,02	0	2,0
Haapajoki	0,3	0,6	0,2	0,01	0	1,1
Olkijoki	0,1	0,4	0,4	0,02	0	0,9
Lumijoki	0,3	1,6	0,8	0,03	0	2,7
Yhteensä	17,2	171,7	129,0	9,5	7,6	335,0

•Fosforikuormitus ovat suurinta Kala-, Pyhä-, Siika- ja Temmesjoen vesistöissä

❖Maatalous

•Pistekuormitus on suurinta Kala-, Pyhä- ja Siikajoen vesistöalueilla
 ❖VAHTI-rekisteri: turvetuotanto sekä yhdyskuntien jätevesien puhdistamot

Kokonaistyyppikuormitus t/v

Vesistöalue	Haja-asutus ja hulevesi	Pelto	Muu haja-kuormitus	Laskeuma vesiin	Piste-kuormitus	Kuormitus yht.
Kalajoki	46,9	1172,7	1000,8	52,3	79,7	2352,4
Pyhäjoki	24,9	669,2	573,4	98,9	111,3	1477,7
Liminkaoja	1,1	19,1	45,0	0,8	0,6	66,6
Piehinginjoki	0,6	5,8	28,3	2,0	0,5	37,2
Siikajoki	18,0	694,0	873,9	58,6	51,2	1695,7
Temmesjoki	5,3	464,4	76,2	11,0	5,7	532,6
Yppärinjoki	1,6	24,9	25,5	0,8	0,6	53,4
Pattijoki	2,7	24,0	24,1	0,5	0	51,3
Haapajoki	1,5	13,5	13,6	0,3	0	28,9
Olkijoki	0,8	4,7	6,2	0,5	0	12,2
Lumijoki	1,7	18,1	28,5	0,9	0	49,2
Yhteensä	105,1	3 110,2	2695,5	226,4	249,6	6357,2

- Tyypikuormitus on suurinta Kala-, Pyhä-, Siika- ja Temmesjoen vesistöissä
 - ❖ Maatalous