

HALLITUksen  
KÄRKHANKE



Kuva: J. Lauttalammi

## VEMALA/ICECREAM-kuormitusmallin tarkentaminen

**ICECREAM-peltomalli** (*partly in English*)

Lohkon ominaispiirteet huomioiva ravinnekuormitusmallinnus ja sen kehittäminen  
(LOHKO-hanke) -hankkeen jatkohanke (LOHKO II)  
YM 104/481/2016 (1.1.2017 - 31.12.2018)

*Inese Huttunen & Markus Huttunen, SYKE*



## Sisällys

Tiivistelmä .....	4
1. ICECREAM – field scale nutrient loading model .....	5
1.1. New plant growth model .....	5
1.2. Yield dependency on N fertilizer application .....	7
1.3. Yield dependency on soil moisture .....	9
2. Use of automatic measurement data in model development, calibration and validation.....	9
2.1. NO <sub>3</sub> load, concentration simulation at annual, monthly and daily time scale.....	9
2.2. TP load, concentration simulation at annual, monthly and daily time scale .....	12
3. ICECREAM-peltomalli viljelijöiden, neuvonnan ja opetuksen käyttöön .....	14
3.1. Työkalun käyttö .....	14
3.2. Työkalun tulokset ja niiden tulkinta.....	15
Kirjallisuus .....	18

## Tiivistelmä

ICECREAM-peltomalli on ollut Suomessa tutkimuskäytössä jo 1990-luvulta alkaen. Sitä on pitkään kehitetty Suomen oloihin sopivaksi, viimeksi LOHKO II -hankkeessa. Yhtenä päämäääränä LOHKO II -hankkeessa oli saada ICECREAM-malli laajempaan käyttöön viljelijöiden, neuvonnan ja opetuksen työkaluksi. ICECREAM-mallilla voidaan arvioida ravinnevarastoja ja veden liikkeitä maaperässä, kasvien kasvua ja ravinteiden ottoa sekä sadon mukana, huuhtoumana ja ilmaan poistuvia ravinnemääriä. Näin malli antaa monipuolista ja reaalialaista tietoa peltolohkon tapahtumista.

ICECREAM-mallista on kehitetty LOHKO II -hankkeessa helppokäyttöinen työkalu viljelijöiden käyttöön. Työkalulla viljelijä saa helposti tietoa eri viljelyvaihtoehtojen vaikuttuksista ravinnekuormitukseen omilla peltolohkoillaan. Työkalua voidaan käyttää millä tahansa peltolohkolla Suomessa. Osa tarvittavista lohkojen lähtötiedoista on valmiina, ja käyttäjän tarvitsee syöttää vain viljavuus- ja viljelytiedot.

Peltojen ravinnekierron työkalulla on kolme käyttötarkoitusta:

1. Työkalulla voi tarkastella aikaisempien vuosien ja kuluvan kasvukauden tapahtumia lähes reaalialaisen säätiotien perusteella: mm. maankosteuden vaihtelua, kasvien ravinteidenottoa ja huuhtoutuneita ravinnemääriä.
2. Työkalulla voi tehdä kasvukauden loppuun saakka ulottuvan ennusteen kasvien ravinteidenotosta, sadon kehittymisestä ja huuhtoutuvista ravinnemääristä.
3. Työkalulla voi vertailla lohkon eri viljelyvaihtoehtojen, esimerkiksi syyskynnön ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden, vaikutusta eroosioon ja ravinteiden huuhtoutumisriskiin sääoloiltaan erilaisina vuosina.

LOHKO II -projektissa kehitettiin ICECREAM-mallin typpiprosessien kuvausta. ICECREAMIin toteutettiin uusi kasvumalli, jossa otettiin mukaan globaalilta säteilyn vaikutus kasvun kasvuun. Mallia testattiin kevätiljojen sadon simuloinnissa. Malliin lisättiin myös sadon riippuvuus typpilannoituksesta, ja sen vaikuttaa verrattiin Hankkija Oy:ltä saatuihin kevätvehnän satotietoihin. Maankosteuden vaje on tärkeä tekijä kasvien kasvussa, joten myös kuivuuden vaikutusta kasvien kasvuun on paranneltu mallissa ja testattu simulointeja Yara Suomi Oy:ltä saatuja kevätvehnän satotietoja vastaan.

LOHKO- ja LOHKO II -projektien aikana kerättyjä, Lepsämänjoen jatkuvatoimisen vedenlaatuuhavainto-aseman ravinnepitoisuustietoja vuosilta 2010 - 2018 käytettiin mallin kehittämiseen, kalibrointiin ja validointiin. Havainto-aseman tuottamat aikasarjat ovat tärkeitä mallin validoinnissa, sillä ne tuottavat parhaan arvion ravinnekuormituksen määristä. Muut menetelmät aliarioivat kuormitusta. Havaintosarjojen avulla on voitu hahmottaa paremmin nitraatin kulkeutumisreittejä maaperästä ja parantaa nitraatin huuhtoutumisen kuvausta ICECREAM-mallissa. Jatkuvatoimista mittausta olisi hyvä jatkaa myös tulevaisuudessa Lepsämänjoen asemalla sen tuottaman arvokkaan aikasarjan vuoksi.

LOHKO II -projektissa tehdyille VEMALA/ICECREAM-mallinnuksista on paljon hyötyä ja niille on monenlaista käyttöä:

1. Viljelijät voivat itse tehdä simulointeja ICECREAM-mallilla ja nähdä N- ja P-lannoitusmäärin ja viljelytoimenpiteiden vaikuttuksen sekä satoon että ravinnehuuhtoumaan. Tulokset helpottavat ympäristönäkökulman huomioimista päätöksenteossa.
2. Hallinto ja neuvonta saavat lisätietoa, jota voidaan hyödyntää normiohjauksessa ja neuvonnassa, jonka tavoitteena on peltoviljelystä aiheutuvan ravinnekuormituspotentiaalin vähentäminen.
3. ELY-keskukset käyttävät VEMALA/ICECREAM-mallinnusjärjestelmää yleisesti ravinnekuormituksen ja vesien suojojatoimenpiteiden vaikuttusten arvointiin valuma-aluetasolla. Entistä parempi malli tarkentaa näitä arvioita.

## 1. ICECREAM – field scale nutrient loading model

ICECREAM is field scale process-based model which simulates nitrogen (N), phosphorus (P) and suspended solids (SS) loading from each field. ICECREAM is applied to each field in Finland to simulate agricultural loading for Finnish watersheds. Process-based N simulation in ICECREAM is based on the GLEAMS model (Knisel, 1993). ICECREAM simulates the daily balance of organic matter, organic N, ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) and nitrate ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) pools by accounting for input of plant residues, organic and mineral fertilizer, atmospheric deposition, fixation by plants, and decay of organic matter. Processes reducing N in the soil are plant uptake (Rekolainen & Posch, 1993), denitrification, volatilization and transport with runoff and leaching.

P processes simulated in ICECREAM are: mineralization, immobilization, adsorption to soil particles related to clay content in the soil, P uptake depending on N:P ratios in the crops, transport with erosion, leaching with infiltration. ICECREAM simulates transport of particulate phosphorus (PP) and dissolved reactive phosphorus (DRP) fraction, transport of both P fractions mainly happens with surface runoff and macropore flow. Figure 1 shows the P processes, storages and fluxes for light soil grass field, where main fraction transported out is dissolved P. For clay soils it is opposite, main fraction transported is particulate P. Figure 1 gives an idea, how much P is stored in soil, bound to soil particles. P in labile pool is available for plant uptake and leaching in form of dissolved P.

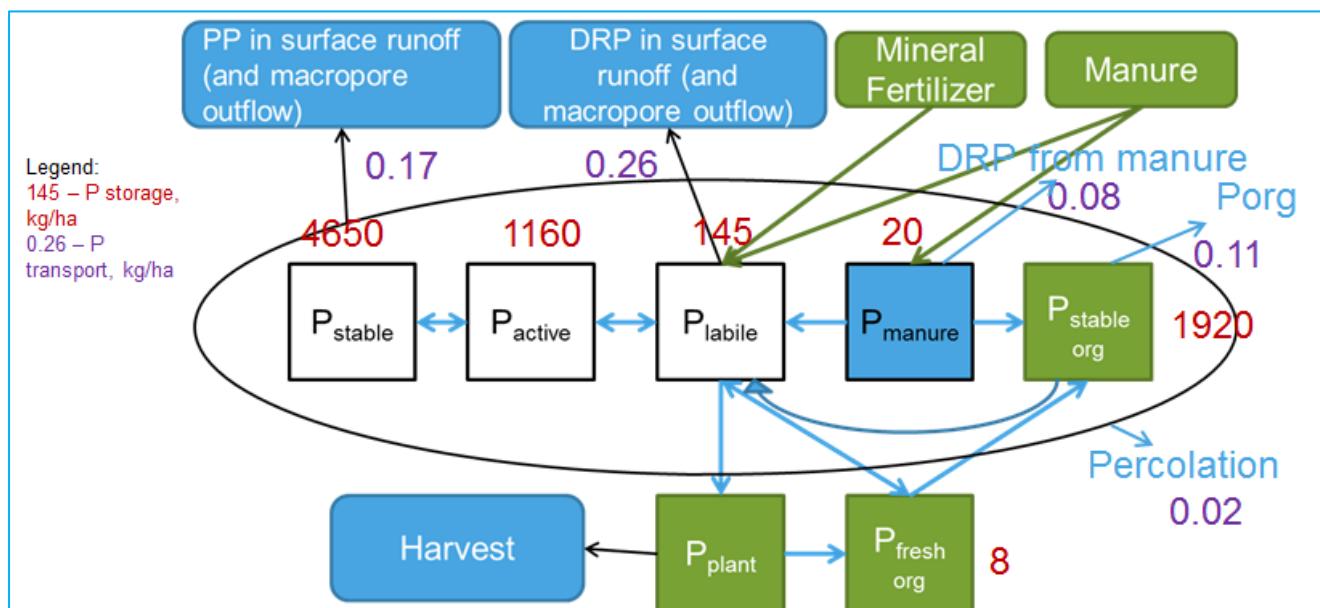


Figure 1. P processes, storages, and fluxes in ICECREAM model. Red color: storages (kg/ha), purple color: fluxes (kg/ha/day).

### 1.1. New plant growth model

Plant uptake simulation in ICECREAM is a conceptual method, based growth day degree method and potential biomass for each crop is given as input to the model. Deficiency of the method is the requirement of the potential biomass as an input, and the method is not process based. New plant growth method has been implemented in ICECREAM and tested for the spring cereal crop. Daily biomass growth model is based on global radiation (kg Dry Matter /ha/day) used by different types of plants (Karvonen, 1992):

$$G = 10 * E_{rad} * f_{LAI} * 0.48 * R_s * \text{MIN}(f_w, f_N, f_P, f_T) \quad (1)$$

$$f_{LAI} = (1 - e^{k_E \cdot LAI}) \quad (2)$$

where,

$R_s$  - global shortwave radiation MJ/m<sup>2</sup>/day,

$E_{rad}$  - light use efficiency LUE constant (crop specific), g dry matter/MJ, clover 1.6, spring wheat 1.4 - 1.8, LUE depends on CO<sub>2</sub> concentration in atmosphere,

0.48 - fraction of PAR (photosynthetically active radiation) from total daily global radiation,

$f_{LAI}$  - the effect of incomplete canopy,

$k_E$  - radiation attenuation by plants (0.6...0.7),

$f_w$  - soil moisture effect on photosynthesis,  $f_N$  - N shortage coefficient,  $f_P$  - P shortage coefficient,  $f_T$  - temperature effect coefficient,

MIN is searching for the limiting factor of the 4 above mentioned factors.

This model would have several advantages. 1) The model gives the possibility to use it for the climate change impact on the plant growth, when CO<sub>2</sub> concentration will increase in the atmosphere, the also the light use efficiency of the plants is supposed to increase. 2) The plant growth in the beginning of the growing season would be more realistic, exponentially depending on the amount of green leaves. 3) Cloudiness effect of the plant growth would be taken into account, plants grow faster during sunny days, due to the higher incoming energy. 4) Soil moisture effect on plant growth would be improved by better calibrated soil moisture effect coefficient. 5) Plant growth would depend on N concentration in the soil (N fertilizer application).

Model has been tested for spring cereal growth data for the period 2010 - 2016 provided by YARA Suomi Ltd. and shown in Figure 2. Figure 2 b) shows simulated shortwave radiation, which depends on cloudiness. Figure 2 a) shows daily simulated plant growth. It can be seen that in the beginning of the growing season plant growth is limited by non-availability of green leaves, even if there is energy available for growth. Plant growth depends on the moisture conditions to great extent. Moisture conditions and air temperature also determines the length of the growing season – in year 2012 growing season is longer, probably more wet (cloudy) and not so hot summer. During summer 2010 it was dry, less clouds, more incoming energy, but too dry for plants to grow normally.

It is very challenging to simulate yield in each field plot since the variation even in the observed yields from different plots are high. The purpose is to improve the models ability to react to soil moisture conditions, cloudiness, length of the growing season etc. But not all conditions affecting plant growth can be included in the model, for example plant deceases etc. The observed yield varied from 3000 to 7800 kg/ha and simulated from 3200 to 7750 kg/ha. One of the high yield years (2012) was simulated well, when soil moisture condition was optimal. On dry year 2010 the simulated yield is still higher than observed.

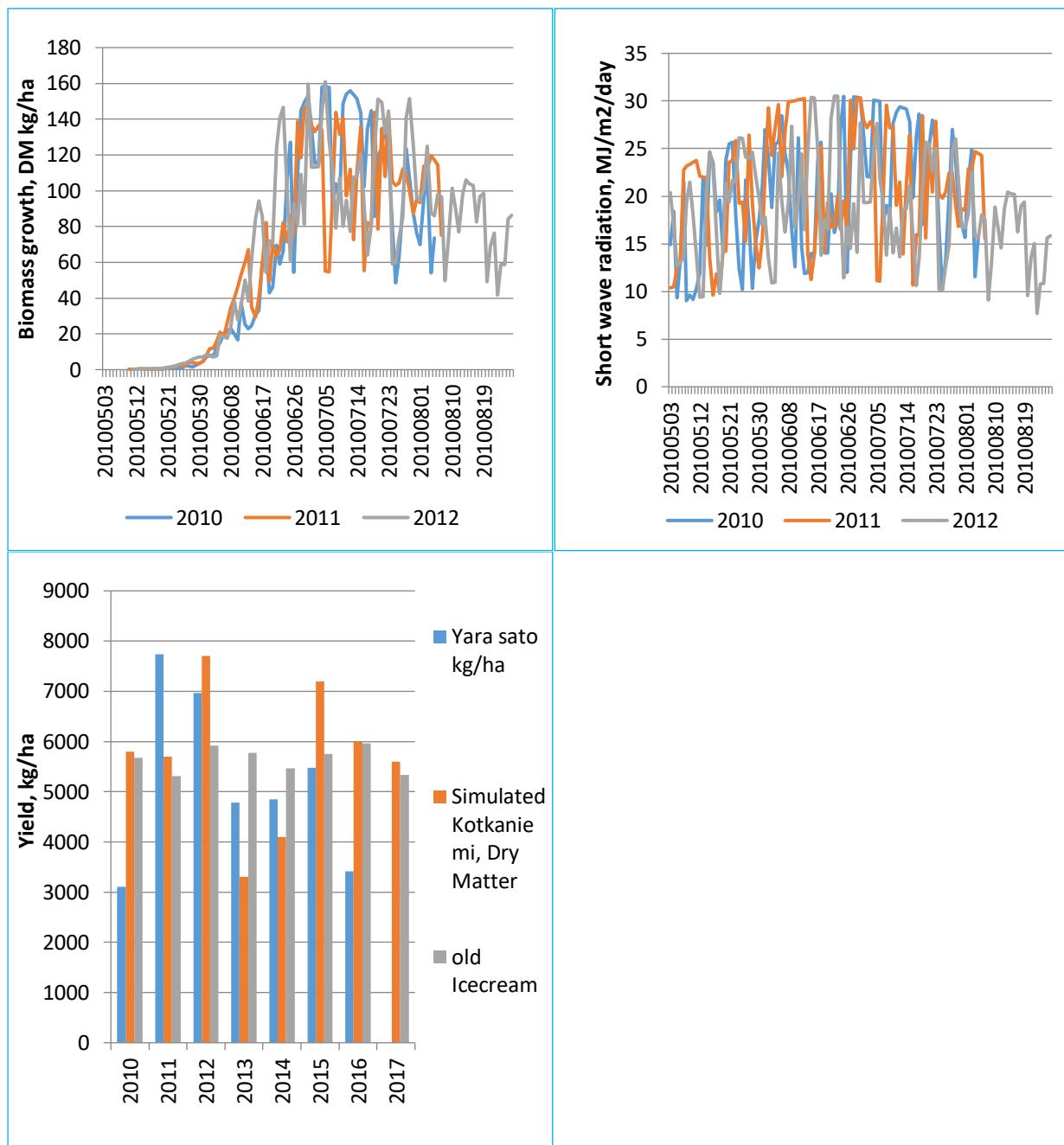


Figure 2. a) Spring wheat daily biomass growth (DM kg/ha), b) global shortwave radiation (MJ/m<sup>2</sup>/day, and c) spring wheat yield in Kotkaniemi plots (kg/ha) (observed data from YARA Suomi Ltd.)

### 1.2. Yield dependency on N fertilizer application

Crop yield dependency on N fertilizer application amount has been introduced in the ICECREAM model. Crop yields are affected by the N fertilizer application amount and it has been reported by Valkama et al., 2013. It is important to be able to simulate and to provide to the farmers as the output of LOHKO II project the simulated yields and leaching with different N applications.

The N fertilizer coefficient is based on Michaelis-Menten formula, which describes the rate of the enzymatic reactions, by relating growth rate coefficient to the NO<sub>3</sub> concentration (or mass) (Figure 3 c). Michaelis-Menten formula is modified and adjusted for this particular purpose of NO<sub>3</sub> mass effect of plant growth and has following form:

$$coef_N = \frac{v_{max} * NO_{3,mass}}{k_m + NO_{3,mass}} \quad (3)$$

where  $NO_{3,mass}$  is  $NO_3$  mass in the soil layer ( $kg\ ha^{-1}$ ),  $V_{max}=1.8$  is maximum value of growth coefficient,  $k_m=20$  is the  $NO_3$  mass in the soil at which growth rate parameter is  $\frac{1}{2}$  of the maximum rate. For grass crops these parameters  $v_{max}$ ,  $k_m$  have different values.

We have received observed spring cereal yield data with different N applications for 2016 for Elimäki test field from Juha Salopelto (Hankkija Ltd). We have used the data to validate the new N fertilizer application coefficient, and results are shown in Figure 3 a. Simulated total nitrogen (TN) leaching for Elimäki field for year 2016 is 10 kg/ha for 90 kg/ha fertilizer application, 12 kg/ha for 120 kg/ha application, and 14.5 kg/ha for 160 kg/ha application. TN leaching is increasing depending on higher fertilizer application.

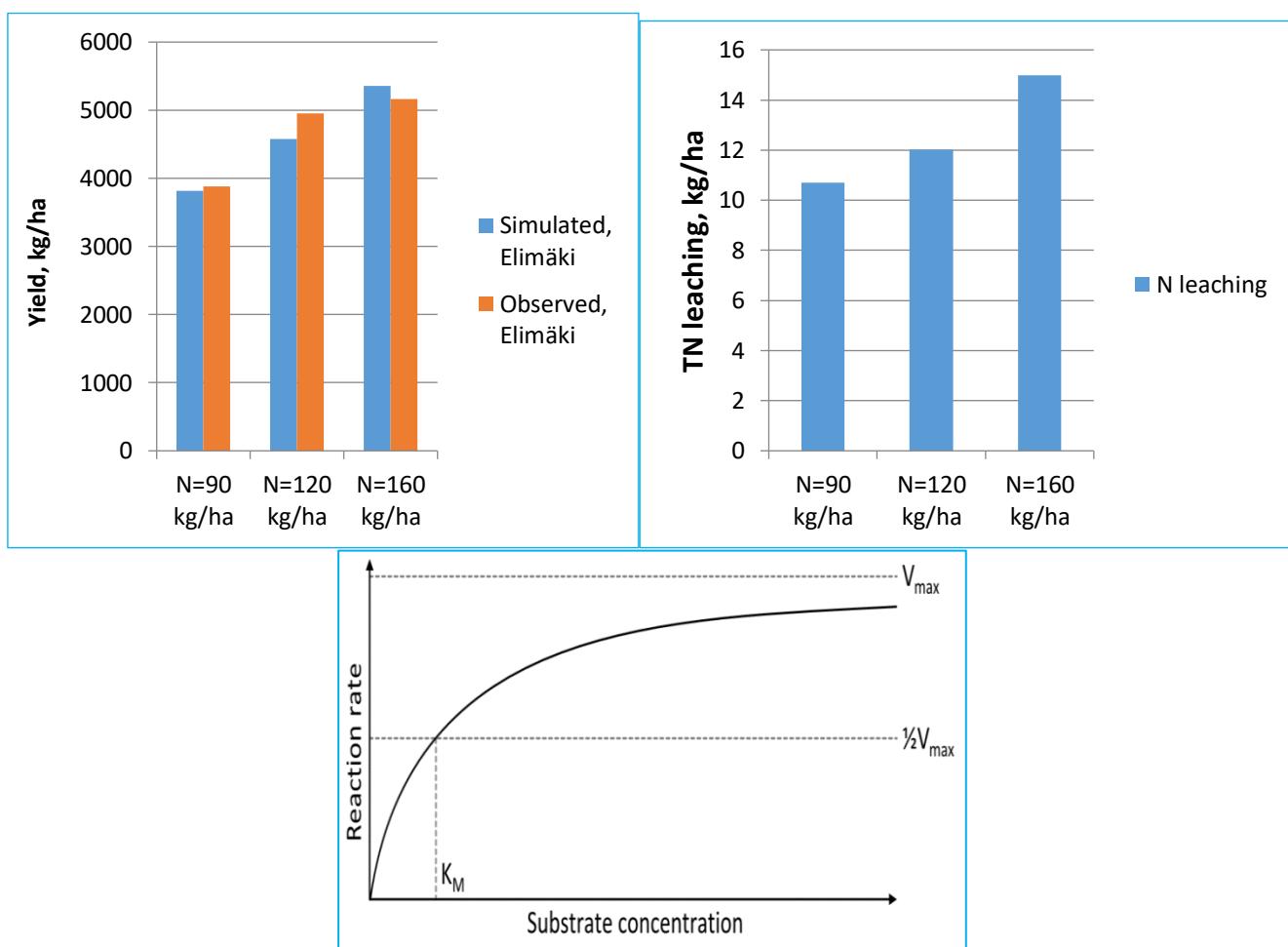


Figure 3. a) Simulated and observed spring wheat yield with different N applications for year 2016 at Elimäki test field (data from Hankkija Ltd), b) simulated TN leaching in different N fertilizer applications for year 2016, and c) graph of Michaelis-Menten equation.

### 1.3. Yield dependency on soil moisture

Soil moisture deficit in the soil is the most important stressor of plant growth. In present ICECREAM version water stress effect on plant growth was not simulated well enough, variation between yields on different years was very little. Three different formulas of water stress coefficient ( $k_{soilm}$ ) have been tested:

1. Soil moisture coefficient is a root square function of relative soil moisture:

$$k_{soilm} = \sqrt{rel\_soilm} \quad (4)$$

2. Soil moisture coefficient  $k_{soilm}=1.0$  when relative soil moisture ( $amvs/amvak$ ) higher than 0.6, when  $k_{soilm}<0.6$ , then it is linearly decreasing (Ahuja et al., 2008),
3.  $k_{soilm}$  depends on vapor pressure deficit (kPa) as evapotranspiration depends on vapor pressure deficit (Handbook of hydrology, 1993):

$$k_{soilm} = 0.55 * vap\_press^{-0.47} \quad (5)$$

First formula (4) showed the best results, therefore it is implemented in ICECREAM model now. Figure 2 c shows the simulated and observed spring wheat yield in Yara Ltd. test field plot. Water stress is important for plant uptake simulation, but also for N leaching simulation. If plant growth is weak during the growing season, then the fertilizer is left in the soil, and it is leached during autumn or next spring.

## 2. Use of automatic measurement data in model development, calibration and validation

Automatic measurement data are very much needed for model development and testing, because that is the only way to get the real observed load. Any other methods fail to capture the maximum peaks and are missing part of the load. Lepsämäjoki automatic measurement data collected also in LOHKO and LOHKO II projects was used in ICECREAM model calibration and validation. Daily average data of TP, NO<sub>3</sub> concentrations and loads for the period from 2010 - 2018 were used. The model performance was analyzed by comparing simulated and observed values for three different time scales – annual loads, monthly loads, and daily loads and concentrations. This was done because all time scales together gives the better picture of the model performance.

### 2.1. NO<sub>3</sub> load, concentration simulation at annual, monthly and daily time scale

The new version of N simulation in ICECREAM is under development. The main improvement would be more realistic NO<sub>3</sub> leaching with surface runoff, macropore flow and infiltration waters. Figure 4 a) and b) show the simulated, observed annual NO<sub>3</sub> loadings, and runoff for Lepsämäjoki for the period from 2010 to 2018. Runoff is well simulated, mean observed runoff (2010 - 2017) is 303 mm, simulated is 306 mm. Differences between simulated and observed NO<sub>3</sub> loads are more pronounced. Simulated mean annual NO<sub>3</sub> loading for 2010 - 2018 is close to observed, but for individual years there can be up to 70% difference in simulated and observed load (Table 1). The NO<sub>3</sub> leaching model still needs to be developed. One of the reasons for the differences could be inaccurate division between flow paths of the water flow – surface runoff, macropore flow or infiltration. The other reason is problems in simulation of NO<sub>3</sub> movement between layers, or estimation how much NO<sub>3</sub> is available for each water flow component to be transported out of the soil profile.

*Table 1. Simulated and observed NO<sub>3</sub> annual load at Lepsämänjoki site for the period 2010 - 2018.*

Years	Sum of sim-load	Sum of obsload	Difference of loads, %
2010	20599	13282	55
2011	10361	26474	-61
2012	16569	19091	-13
2013	12917	20935	-38
2014	7132	11154	-36
2015	18561	15597	19
2016	11573	7955	45
2017	20757	12462	67
2018	7818	5155	52
<b>Grand Total</b>	<b>126288</b>	<b>132105</b>	<b>-4</b>

Figure 4 c) shows monthly sums of the simulated and observed NO<sub>3</sub> loads for 2015 - 2018. From monthly loads it is possible detect when are the problem months in the model – May 2015, February 2016, and autumn 2017. For those times model is quite much overestimating observed loads.

To really understand the model performance, we should look at the daily simulated and observed NO<sub>3</sub> concentrations (Figure 4 d). The observed concentrations show that there are three main timings when NO<sub>3</sub> is leached:

1. After fertilizer application in summer. As shown in Figure 4 d, it can be observed very high NO<sub>3</sub> concentrations 15 mg/l during June 2016, after fertilizer application in streams, and around 9 mg/l in June 2015 and 2017. Model is producing very high concentration during May 2015, which shows the models ability to capture these high concentrations. The reasons, why concentrations are overestimated are that in the model fertilizer is applied too early in the beginning of May, and that is increasing NO<sub>3</sub> concentration is soil quite much. At the same time the surface runoff is overestimated, high surface runoff in combination with very high soil NO<sub>3</sub> concentration makes huge NO<sub>3</sub> loses from soil.
2. During autumn runoff events. Observed NO<sub>3</sub> concentrations during autumn runoff events are around 4 mg/l, simulated 5 - 7 mg/l, but because there are high runoff amounts flushing through the soil, the NO<sub>3</sub> load is very high. To improve the simulation of the autumn runoff events, we need to be very precise in runoff amount estimation, and also plant uptake of NO<sub>3</sub> should be well simulated.
3. During the snowmelt runoff events in spring. Observed NO<sub>3</sub> concentrations during spring snowmelt events are 2 - 3 mg/l (for 2015 - 2018). It can variate quite much, for example during spring 2011, observed NO<sub>3</sub> concentration was 9 mg/l. In general, in southern part of Finland NO<sub>3</sub> concentrations during spring melt runoff events are lower than during autumn runoff events. That can be explained, because there is higher surface runoff share due to the soil frost effect on soil permeability. Simulated concentration during February 2016 was 5 mg/l, therefore the NO<sub>3</sub> load was overestimated.

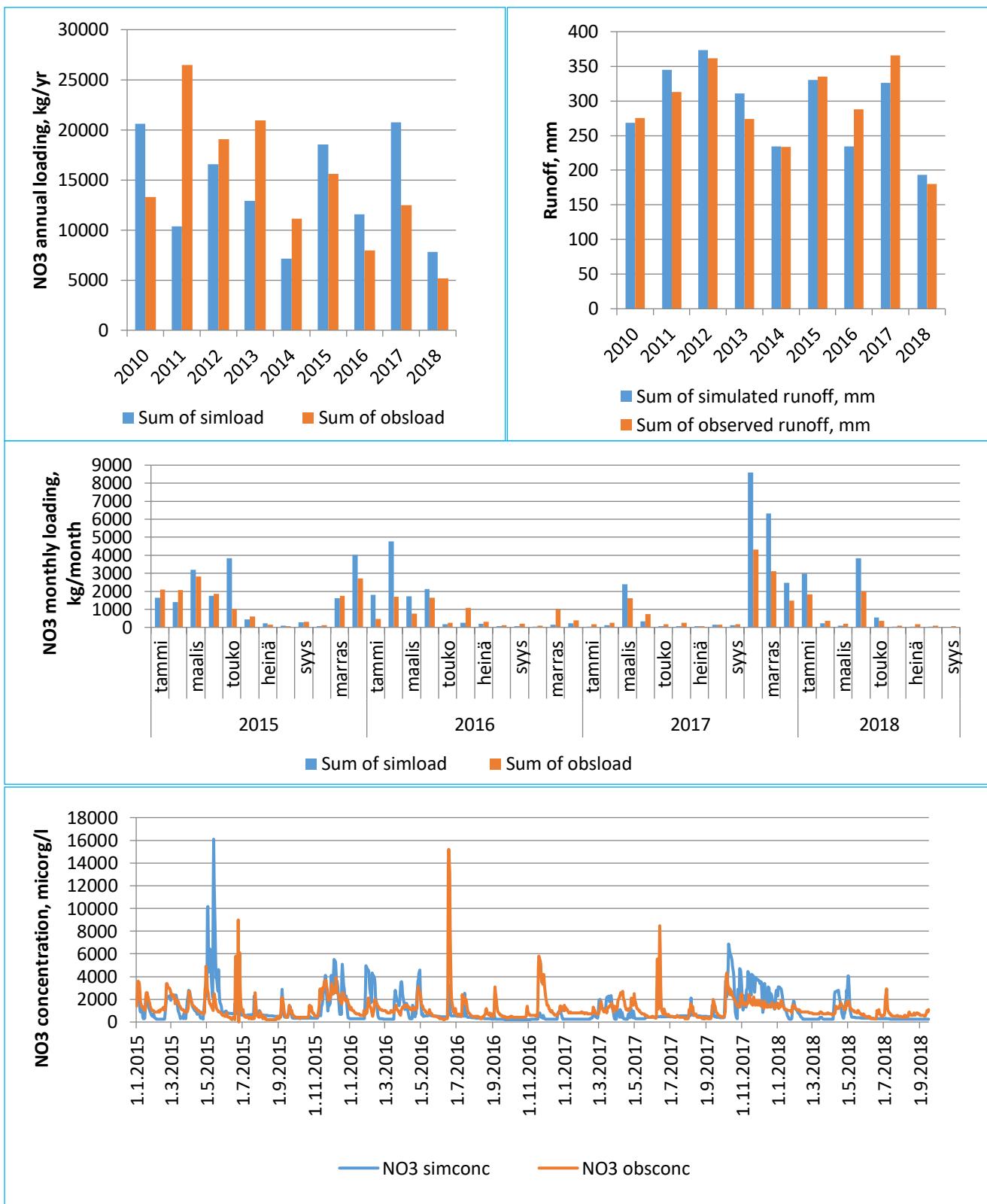


Figure 4. Simulated and observed runoff, NO<sub>3</sub> loads and concentrations for Lepsämäjoki site: a) annual loads for 2010-2018, b) annual runoff, c) monthly loads for 2015-2018, and d) daily concentrations for 2015-2018.

## 2.2. TP load, concentration simulation at annual, monthly and daily time scale

For TP simulations the same version as developed in LOHKO project is used and is suitable for TP loading simulations. Lepsämänjoki automatic sensor data collected during LOHKO and LOHKO II projects is used in model validation. Results of TP annual loading comparison is shown in Table 2 and Figure 5 a. In general TP loading is quite well simulated (difference of mean loading is 16%), except on year 2017, when model is overestimating the loading by 63%. Year 2017 was very special, because in October, November, December there was heavy rainfalls, most of the annual runoff happened during these 3 months. Since the model overestimated the TP concentration, therefore also the TP loading is overestimated. It is especially important to simulate the high flow period concentration correctly, because even a small bias in concentration simulation creates a large bias in loading simulation, due to the large water amounts creating the loading.

Daily simulations of TP concentrations show that individual concentration peaks are underestimated, during spring 2015, autumn 2015, and spring 2016. The observed TP concentration peaks are between 400 - 500 µg/l, simulated maximum concentrations are around 300 µg/l.

*Table 2. Simulated and observed TP annual load at Lepsämänjoki site for the period 2010 - 2018.*

Row Labels	Sum of sim-load	Sum of obsload	Difference of loading, %
2010	1107	822	35
2011	1474	1308	13
2012	1652	1466	13
2013	1322	1225	8
2014	782	744	5
2015	1281	1323	-3
2016	800	806	-1
2017	1596	979	63
2018	822	657	25
<b>Grand Total</b>	<b>10835</b>	<b>9331</b>	<b>16</b>

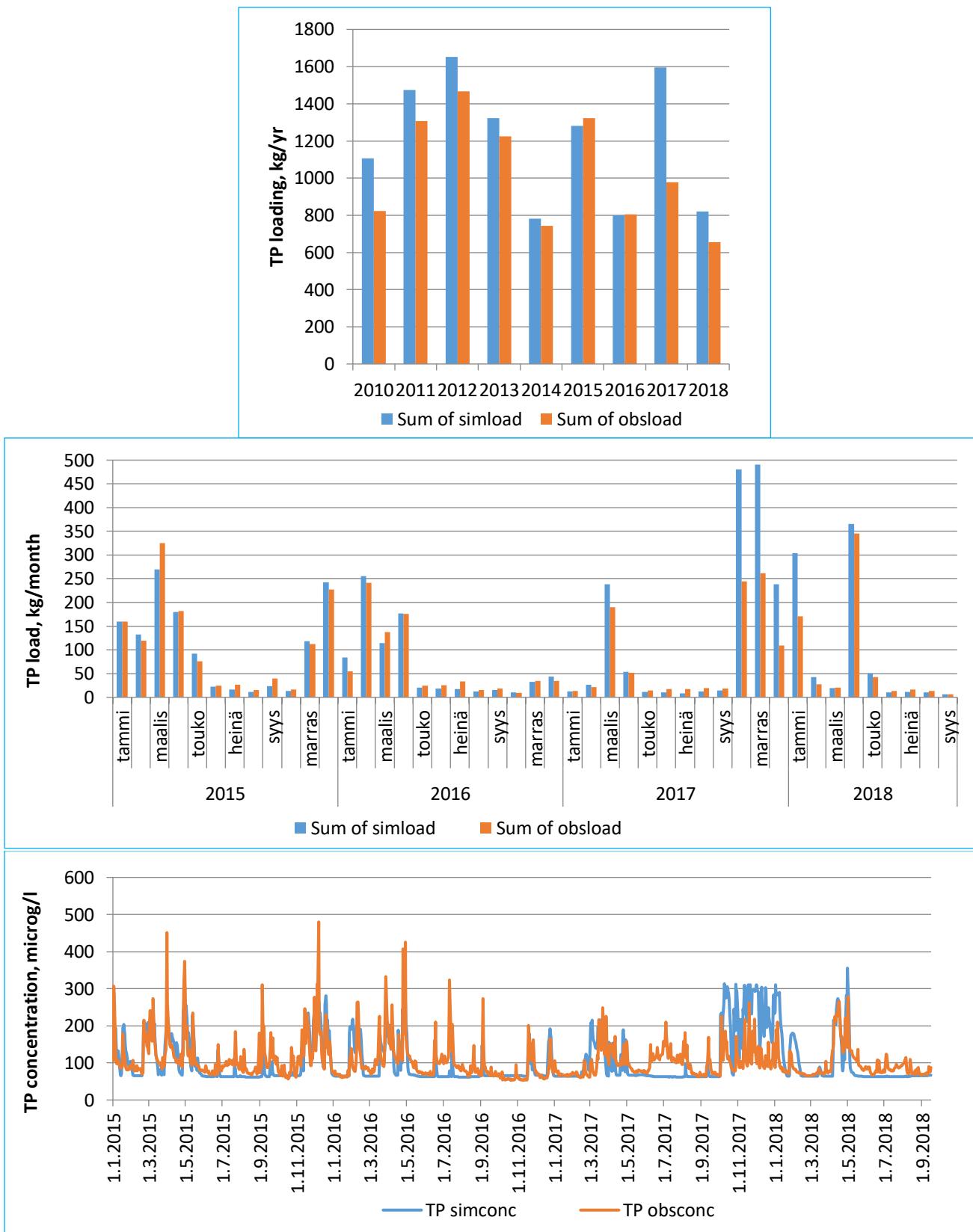


Figure 5. Simulated and observed TP loads and concentrations for Lepsämäjoki site: a) annual loads for 2010 - 2018, b) monthly loads for 2015 - 2018, and c) daily concentrations for 2015 - 2018.

### 3. ICECREAM-peltomalli viljelijöiden, neuvonnan ja opetuksen käyttöön

ICECREAM-peltomalli on ollut Suomessa tutkimuskäytössä jo 1990-luvulta alkaen. Sitä on kehitetty pitkän aikaa Suomen oloihin sopivaksi, viimeksi tässä LOHKO II -hankkeessa. Yhtenä päämäärenä LOHKO II -hankkeessa on saada ICECREAM-malli laajempaan käyttöön viljelijöiden, neuvonnan ja opetuksen työkaluksi. ICECREAM-mallilla voidaan arvioida ravinnevarastoja ja veden liikkeitä maaperässä, kasvien kasvua ja ravinteiden ottoa sekä sadon mukana, huuhtoumana ja ilmaan poistuvia ravinnemääriä. Näin ollen malli antaa monipuolista ja reaalialkaista tietoa peltolohkon tapahtumista.

ICECREAM-mallista on kehitetty LOHKO II -hankkeessa helppokäyttöinen työkalu. Osa lohkojen lähtötiedoista löytyy työkalusta valmiina, ja käyttäjän tarvitsee syöttää vain viljavuus- ja viljelytiedot. Työkalua voidaan käyttää millä tahansa peltolohkolla Suomessa. Työkalusta julkaistaan artikkeli Käytännön maamiehessä joulukuussa 2018.

Peltojen ravinnekierron työkalulla on kolme käyttötarkoitusta:

1. sillä voi tarkastella aikaisempien vuosien ja kuluvan kasvukauden tapahtumia lähes reaalialkaisen säätietojen perusteella, mm. maankosteuden vaihtelua, kasvien ravinteidenottoa ja huuhtoutuneita ravinnemääriä,
2. sillä voi tehdä kasvukauden loppuun saakka ulottuvan ennusteen kasvien ravinteidenotosta, sadon kehittymisestä ja huuhtoutuvista ravinnemääristä,
3. sillä voi vertailla lohkon eri viljelyvaihtoehtojen, esim. syyskynnön ja talviaikaisen kasvipeitteensyyden, vaikutusta eroosioon ja ravinteiden huuhtoutumisriskiin sääoloiltaan erilaisina vuosina.

#### 3.1. Työkalun käyttö

Työkalun käyttöliittymä on tehty yksinkertaiseksi ja helppokäyttöiseksi satunnaisellekin käyttäjälle. Kyseessä olevan vuoden viljelytiedot määritellään kuvan 6 kaltaisessa taulukossa.

Lohkon laskenta ICECREAM peltomallilla

Tilatunnus 99999999 Valmis

Tilan lohkoja 1  
Valitse lohko 99999999 Valmis

Valitse toiminto lohkolle 9999999999

Viljavuusanalyysi Viljelytiedot Lohkon laskenta Katso tulosten yhteenveto Katso yksityiskohtaisia tuloksia Katso ennustetta

Valitse vuosi 2018 Valmis

Viljelytietojen tallennus:

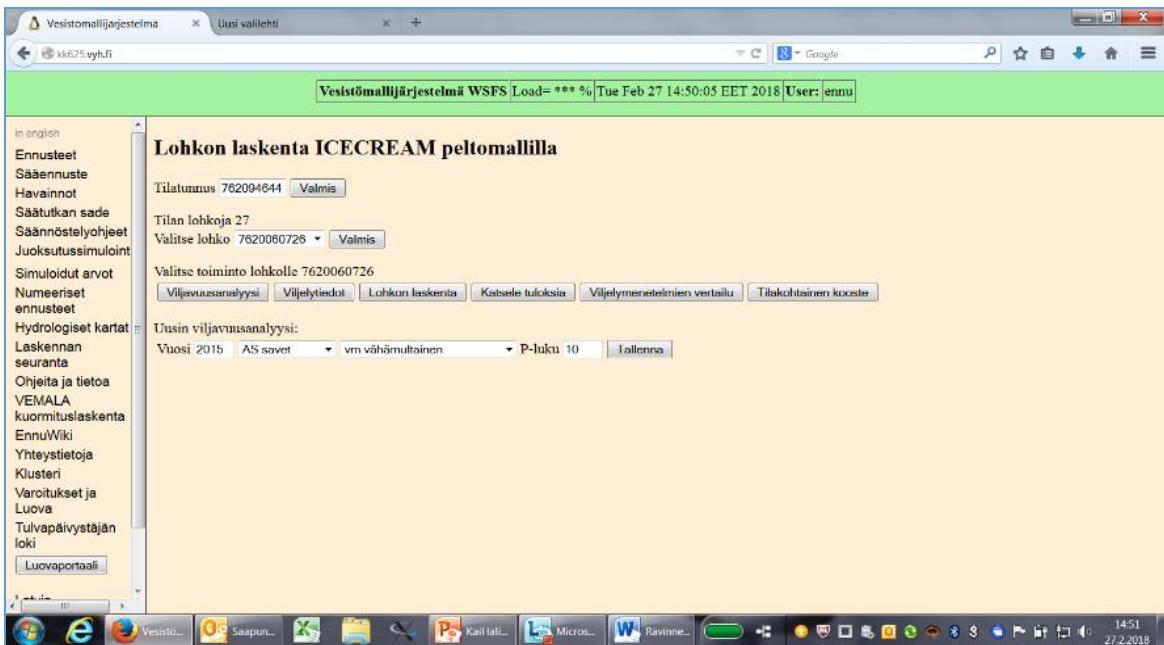
Vuosi	2018
Kasvi	1310 Rehuohra
Muokkaus keväällä	Äestys
Muokkaus syksyllä	Kyntö
Alus- tai kerääjäkasvi	Nurm
Olijet kerätään	Ei
sato korjataan	Kyllä

	Kevätlevitys	Kesälevitys	Syyslevitys
P lannoitus mineraalilannoite	10 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
P lannoitus lanta	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
N lannoitus mineraalilannoite	100 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
N lannoitus lanta	0 kg/ha	0 kg/ha	0 kg/ha
Lannan levitystapa	Sijoitus	Sijoitus	Sijoitus
Kuivalantaa vai liettää	Liete	Liete	Liete

Tallenna Poista vuosi 2018

Kuva 6. Yhden vuoden viljelytietojen syöttäminen työkaluun.

Toiseen taulukkoon (kuva 7) annetaan viljavuusanalyysistä maalaji-, multavuus- ja fosforilukutiedot. Tämän jälkeen käynnistetään mallin ajo, joka kestää 1 - 2 minuuttia.



Kuva 7. Viljavuusanalyysin tietojen syöttö laskentatyökalussa.

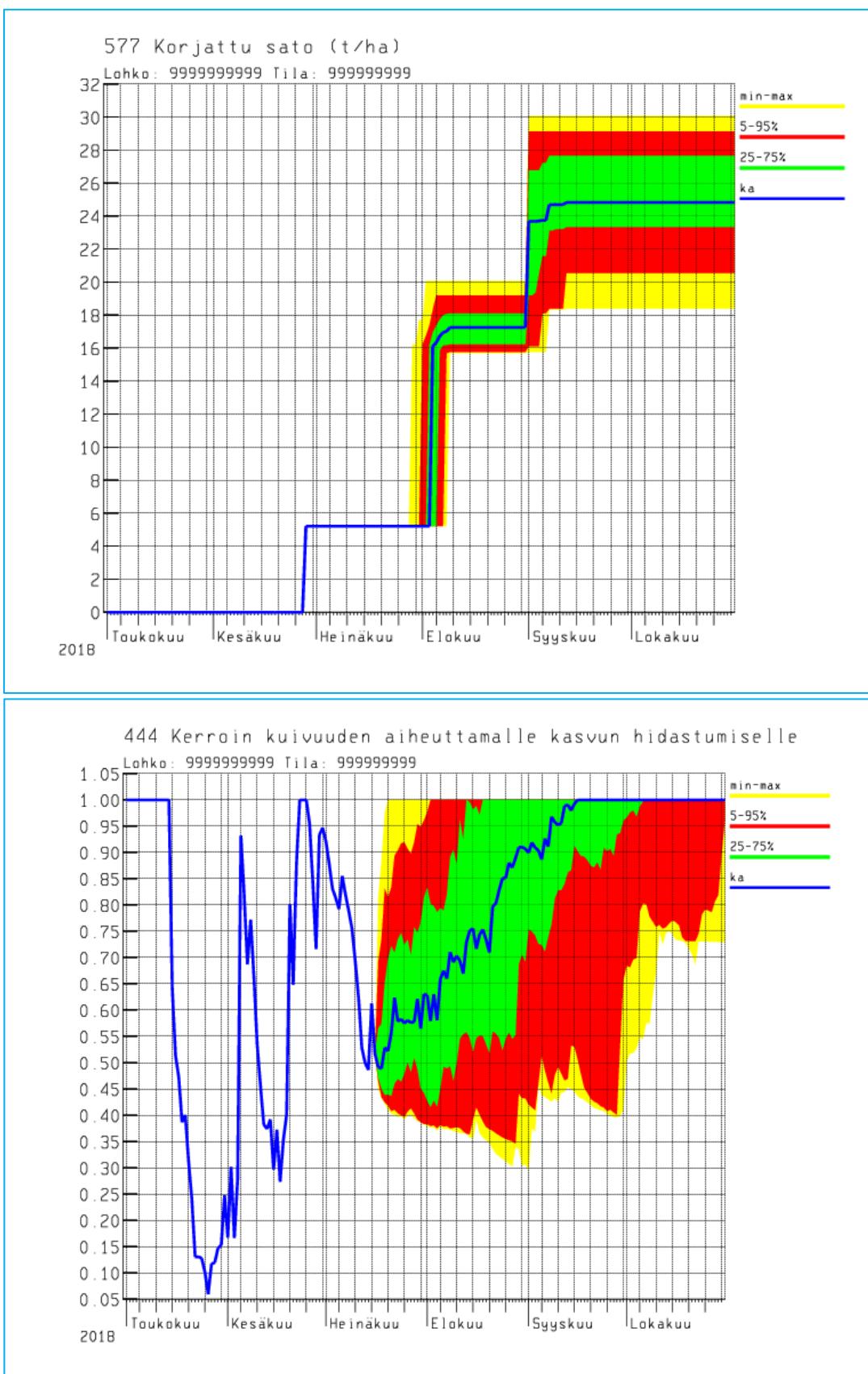
Työkalu on tällä hetkellä saatavilla käyttöön Etelä- ja Lounais-Suomessa ja Pohjois-Savossa viljelijöille, jotka osallistuvat LOJKO II - tai Ravinnerenki-hankkeisiin. Lisäksi Savonia-ammattikorkeakoulu ja ProAgriat Pohjois-Savo ja Pohjois-Karjala ovat ottamassa sen koekäyttöön. Alkukokemusten jälkeen käyttäjien määrä voi olla suurempi, ja jatkossa työkalu pyritään saamaan yleiseen käyttöön.

### 3.2. Työkalun tulokset ja niiden tulkinta

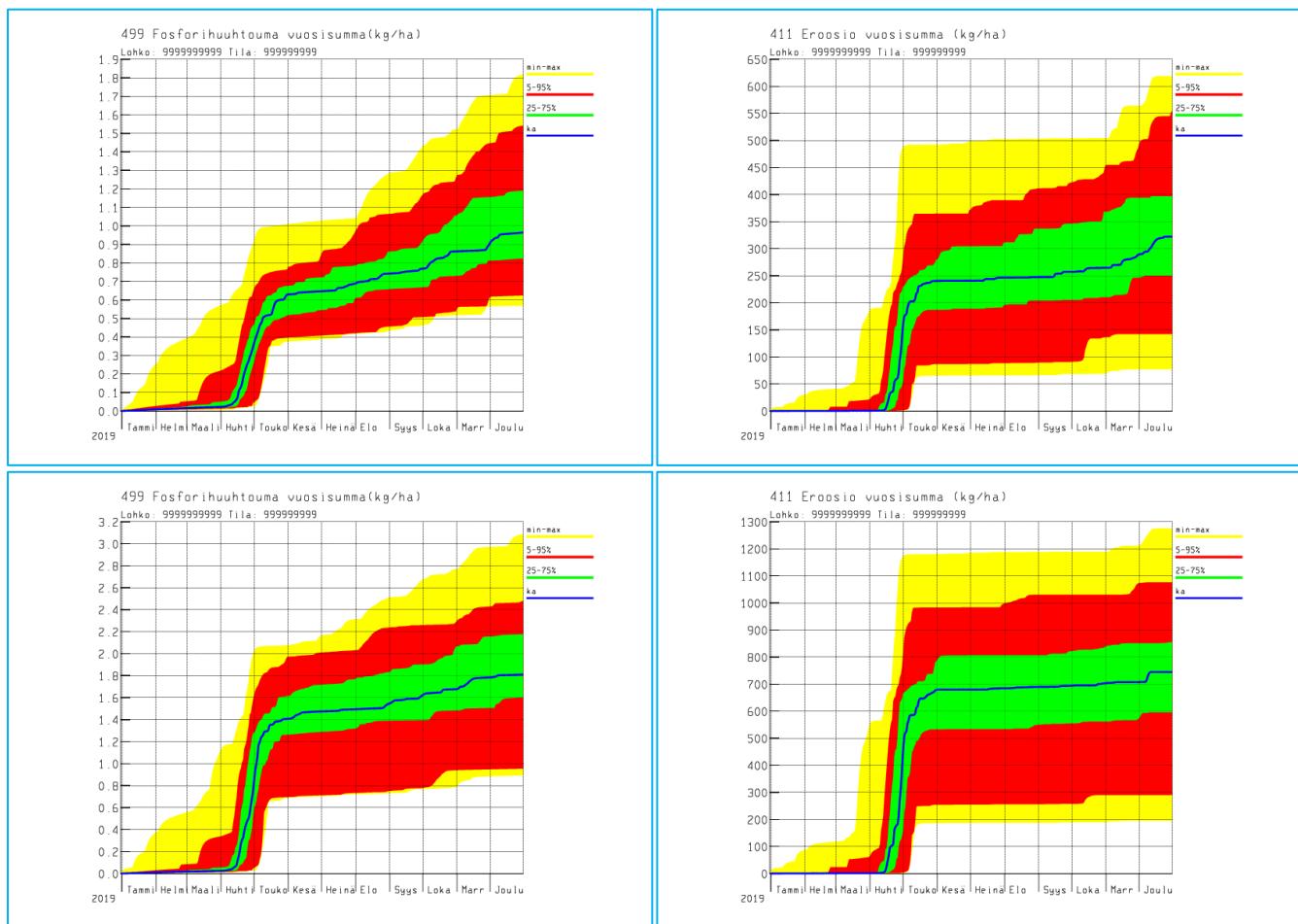
Tärkeimmistä laskentatuloksista muodostuu yhteenvetö, josta löytyvät muun muassa kasvien ravinteiden otto, maaperän kosteus ja sen vaikutus kasvien kasvuun, sadon kehittyminen, huuhtoutuvat ravinnevärit ja eroosio. Perehtyneille käyttäjille ja esimerkiksi koulutuskäytössä työkalulla pystyy katselemaan useita satoja eri muuttuja lohkokohaisesti. Kiinnostava tieto voi olla esimerkiksi ravinnevarastot eri maakerroksissa.

Ennusteosiossa tulevan sään epävarmuus tuloksiin esitetään vaihteluvälinä. Kuvassa 8 a on esimerkkinä 15.7.2018 tehty ennuste kasvukauden loppujaksolle. Ennustetta tehtäessä käytetään ennustejaksolle aikaisempien vuosien säähavaintoja viimeisen 40 vuoden ajalta. Ennuste sisältää esimerkiksi satomäärennusteen tai miten maan kosteus vaikuttaa kasvien kasvuun, jos tuleva sää osuu edellä mainitulle historialliselle vaihteluvälille.

Kuvassa 8 b on esimerkkinä ennuste vuodelle 2019 kahta eri viljelyvaihtoehtoa käytettäessä. Tuloksista nähdään, että tällä lohkolla syyskyntö aiheuttaa keskimäärin yli kaksinkertaisen eroosion ja lähes kaksoinkertaisen fosforihuuhouman nurmipeitteiseen verrattuna. Kuvista ilmenee myös vuosien välinen vaihtelu, mikä on todella suurta.



Kuva 8. Esimerkki ennusteesta. a) 15.7.2018 tehty ennuste kasvukauden loppujaksolle nurmiloikon sadosta ja b) kuivuuden vaikutuksesta. Ennusteessa on kuvattu sään epävarmuuden aiheuttama vaihteluväli.



Kuva 9. Lohkon viljelyvaihtoehtojen vertailu. Ylärivillä on fosforihuhtouma ja eroosio viljeltäässä nurmea ja alarivillä viljeltäässä ohraa ja käytettäässä syyskyntöä. Kuvista voidaan huomata, että keskimääräinen eroosio on ohralohkolla yli kaksinkertainen nurmilohkoon verrattuna. Vaihteluväli on huomattavan suuri, mikä kertoo säätekijöiden suuresta vaikutuksesta vesistökuormitukseen.

Yhtenä tärkeänä tavoitteena on, että työkalulla pystyy arvioimaan lohkojen välistä eroja ja miten eri viljelytoimenpiteet vaikuttavat pellolta tulevaan vesistökuormitukseen. Jos työkalua käyttää osana viljelysuunnittelua, voi sen avulla ottaa huomioon eri viljelyvaihtoehtojen vaikutuksen eroosio- ja ravinnehuhtoumariskiin. Varsinkin jos valittavana on viljelyvaihtoehtoja, jotka ovat satotulokseltaan samantsoisia, mutta ravinnehuhtouman riski on toisessa selvästi pienempi, on mahdollista pienentää ravinnehuhtoumaa vähäisin kustannuksin viljelijän omilla valinnoilla.

Suomessa ei ole saavutettu kaikkien vesi- ja merialueiden osalta tavoitteena olevaa vesien hyvää tilaa. Näin ollen vesistöjen ravinnekuormitusta joudutaan edelleen pienentämään. Lisäksi jo saavutettua hyvää tilaa tulee ylläpitää. Kuormitukseen vähentäminen helpoilla ja kustannustehokkaille toimenpiteillä pienentää tarvetta kalliimmille toimenpiteille. Kustannustarkasteluun on hankkeessa kehitteillä erillinen osio, joka tulee osaksi Luken Taloustohtoria.

Työkalua käytetään myös apuvälineenä tehtäessä pitkän aikajakson skenaarioita muuttuvan ilmaston ja maatalouden muutosten vaikutuksista vesistökuormitukseen koko Suomen alueella. Työkalulla pystyy laskemaan vuoteen 2060 saakka myös omien lohkojen kasvuolosuhteiden, eri satokasvien kasvun ja vesistökuormitukseen arvioituja muutoksia.

## Kirjallisuus

Knisel, W. (1993). GLEAMS: Groundwater loading effects of agricultural management systems. Version 2.10. Publication No. 5. Athens, Georgia: University of Georgia, Department of Biological and Agricultural Engineering, Coastal Plain Experiment Station: 259.

Maidment, D. (1993). Handbook of hydrology, McGraw-Hill Education. 1424 s.

Mathematical models in crop production. University of Helsinki, Department of plant production, Crop husbandry publication n:r 32.

Rekolainen, S. & Posch, M. (1993). Adapting the CREAMS model for Finnish conditions. Nordic Hydrology 24(5): 309-322.

Response of crops to limited water: understanding and modeling water stress effects on plant growth processes (2008). L.R. Ahuja ym. (eds.). Madison, Wis.: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America. 436 s.

Valkama, E., Salo, T., Esala, M. & Turtola, E. 2013. Nitrogen balances and yields of spring cereals as affected by nitrogen fertilization in northern conditions: a meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 164:1-13.