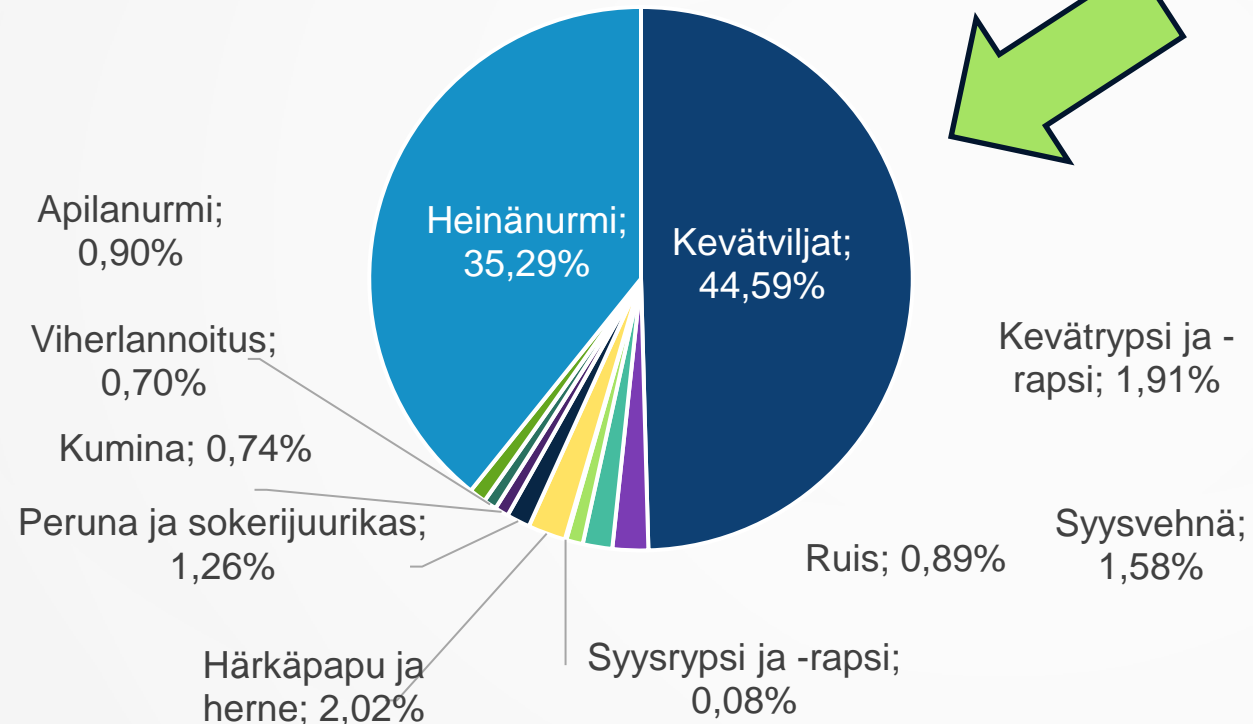


PELTOJEN ALLOKOINTI SUOMESSA HIILITASEEN JA VOITTOJEN MAKSIMOIMISEKSI

Eveliina Kiiski ja Kari Hyytiäinen
Taloustieteen osasto
HiiletIn-hanke
15.11.2023

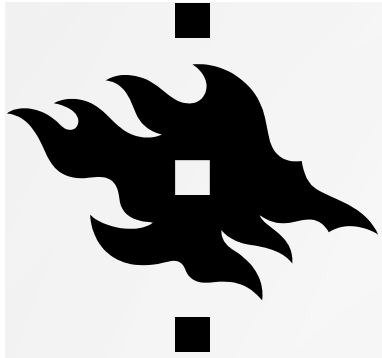


VILJELYMAAN JAKAUTUMISEN NYKYTILANNE



Maatalousmaan jakautuminen Suomessa vuonna 2022. Kesannot, luonnonhoitonurmet, puutarhakasvit ja pysyvät nurmet poissa tarkastelusta (Tilastokeskus 2023).

Viljelyvalinnat ja -kierrot ovat Suomessa yksipuoleisia (Peltonen-Sanio ym. 2020).
Miksi?



Millaisia parannuksia hiilitaseessa ja katetuotossa voitaisiin tehdä viljelykierron avulla?





VILJELYKIERTOJEN HYÖDYT

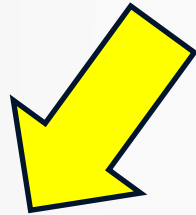
- Nostanut **satoja** (Himanen ym. 2013, Garbelini ym. 2022)
- Lisännyt **voittoja** (Volsi ym. 2022, Lötjönen & Ollikainen 2017, Heikkinen ym. 2022)
- Lisännyt pellon **hiilitasetta** (Heikkinen ym. 2022, Lötjönen & Ollikainen 2017)
- Parantanut **maaperän terveyttä** ja vähentänyt **viljelyriskejä** (esim. Asseng, 2014)
- Maaperän typpitase parantunut palkokasveja lisäämällä vähentäen **lannoitustarvetta** (esim. Hunt ym. 2020)



MUODOSTETAAN MATEMAATTINEN MALLI, JOKA TUNNISTAA KUSTANNUSTEHOKKAAN KASVIYHDISTELMÄN

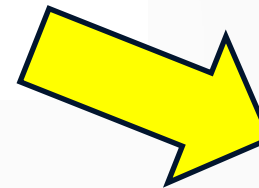
Optimointi hakee parhaita kasviyhdistelmiä viljelykiertojen

- Katetuotolle (€/ha)
- Hiilitaseelle (C kg/ha)



Tarkastelu alueellisesti Etelä-Suomen olosuhteissa ja nykyisessä talousympäristössä

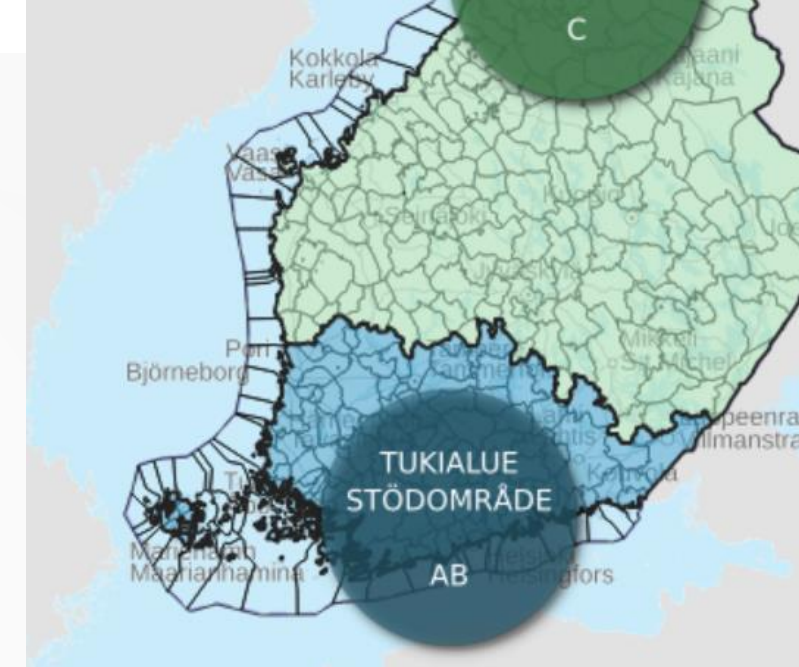
- Kivennäismailla, joiden multavuus 6 % ja savisuus 30 %
- Tukialue AB
- Kesanto, luonnonhoitonurmet, pysyvä nurmi ja puutarhakasvit eivät ole mukana tarkastelussa

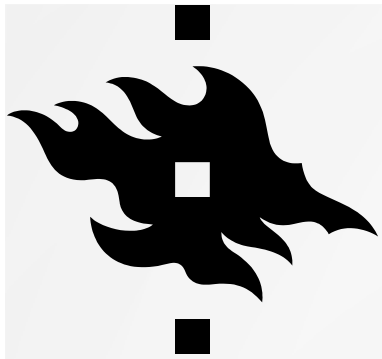


Ala- ja ylärajat (% peltoalasta) kasvikategorioille

Painotukset hiilitaseessa tai katetuotossa

Aineistona pääasiassa Mattilan ja Rajalan (2022-23) viljelykiertolaskuri





MISTÄ KATETUOTTO MUODOSTUU?

(€/ha/kasvi)

$$P_n = y_n \frac{p_n}{1000} + s_n - cl_n + \frac{c}{1+r}(N_{soil,n}) - V_n$$

Tulot

Satotaso oletus (kg/ha) *
Markkinahinta (€/kg) +
Tuet (AB) (€/ha)

Kustannukset

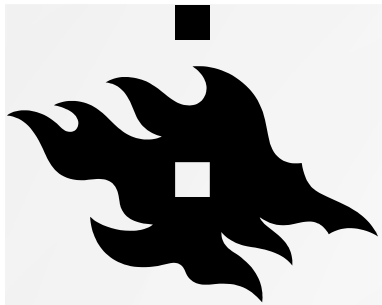
Typpilannoitekustannukset (€/kg N) +
Seuraavan kasvin typpilannoitekustannuksien
muutos (€/ +/- kg N) +
Muuttuvat kustannukset (€/ha)

- Siemen
- Kalkitus
- Kasvinsuojelu
- Traktoriyö ja puinti
- Kuivaus ja säilöntä
- Rahti

Markkinahinta (2023)

Tuet (Ruokavirasto, 2023)

Typpilannoitteen hinta ja muuttuvat kustannukset (Mattila & Rajala, 2022)



MISTÄ HIILITASE MUODOSTUU?

(C kg/ha/kasvi)
$$C_n = y_n(F_{p,n} + F_{m,n}) + (\varepsilon + \lambda)N_{soil,n} - L$$

Hiilisyöte (kg C/ha)
Satotaso kg/ha *
(Hiilisyöte kasvintähteistä +
Levitetystä lannasta)

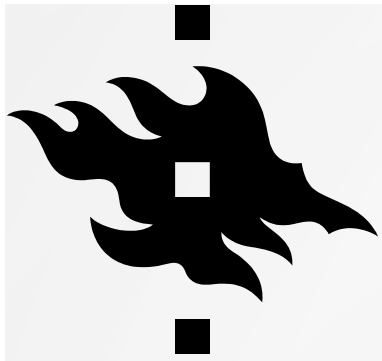
Hiilikato
paljaalla maalla
(kg C/ha) = Maan hengitys

Maaperän typpitaseen vaikutus päästöihin
lannoitustarpeen muutoksen kautta (kg CO2 ekv. muutettu
+/- kg C /ha)

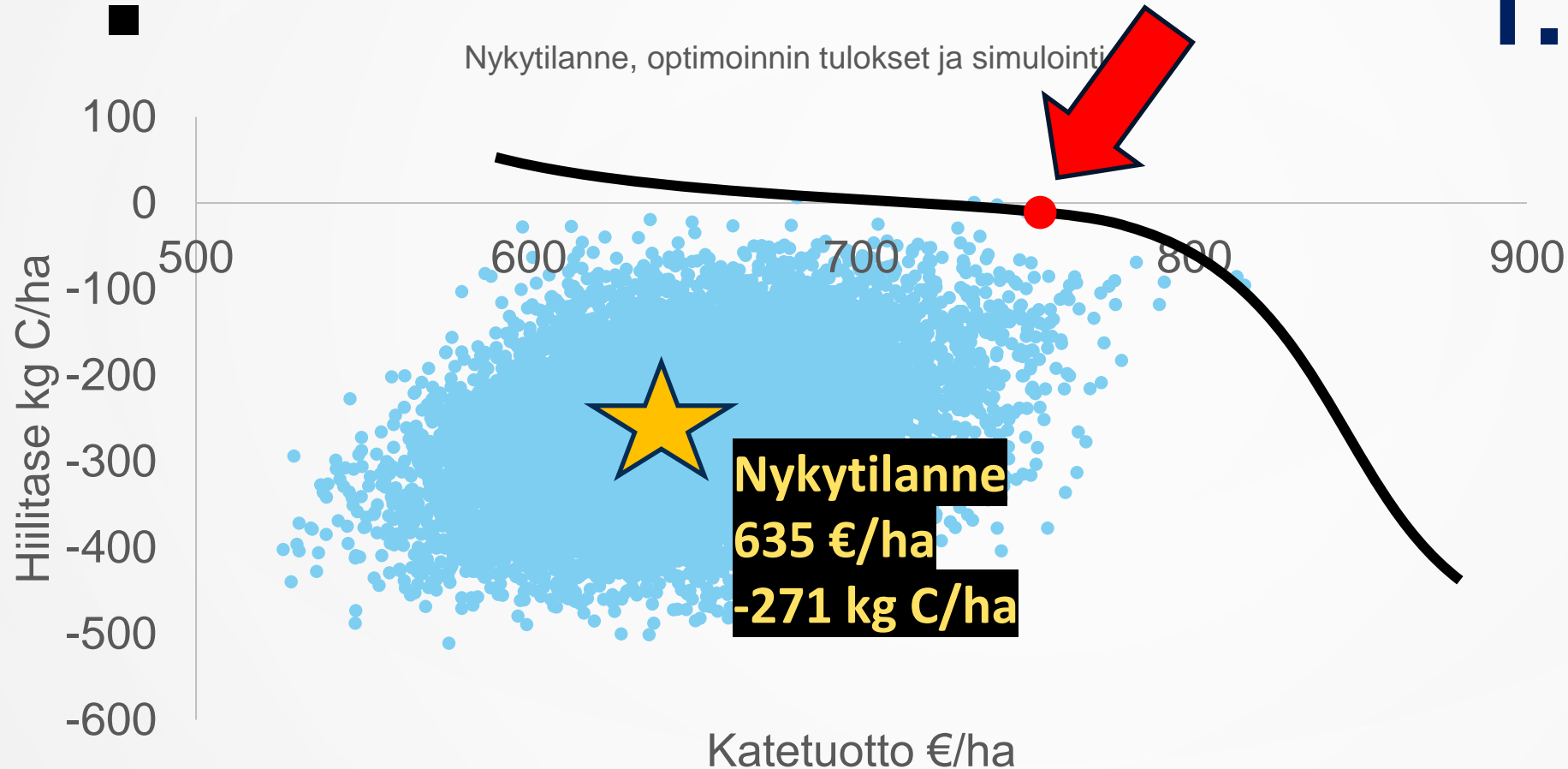
- CO2- ja N2O-päästöt lannoitteen valmistamisesta
- N2O-päästö maaperästä lannoitteen levittämisen jälkeen

TULOKSET

3 havaintoa



PELTOALLOKONNIN NYKYTILANNE JA MAHDOLLISUUDET

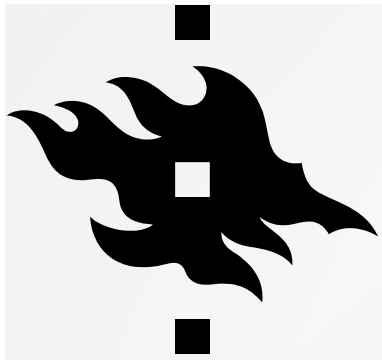


1. Mahdollisuuksia jää hyödyntämättä

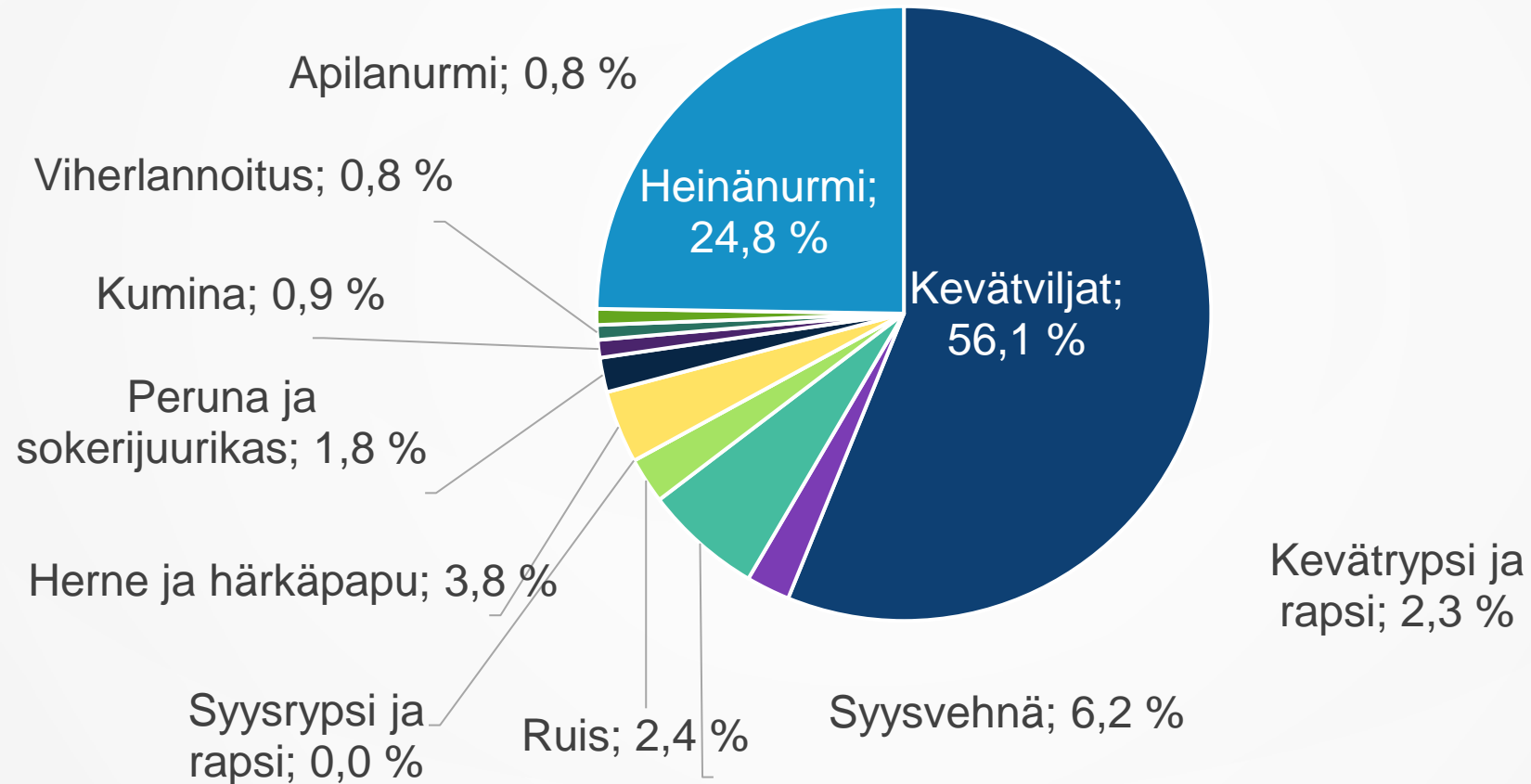
Katetuottoa ja hiilitasetta voi parantaa samanaikaisesti

Sopiva optimi riippuu painotuksesta

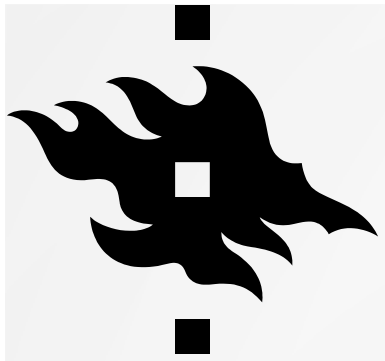
Huom. ylä- ja alarajat vaikuttavat vahvasti



VILJELYMAAN JAKAUTUMISEN NYKYTILANNE AB-TUKIALUEELLA

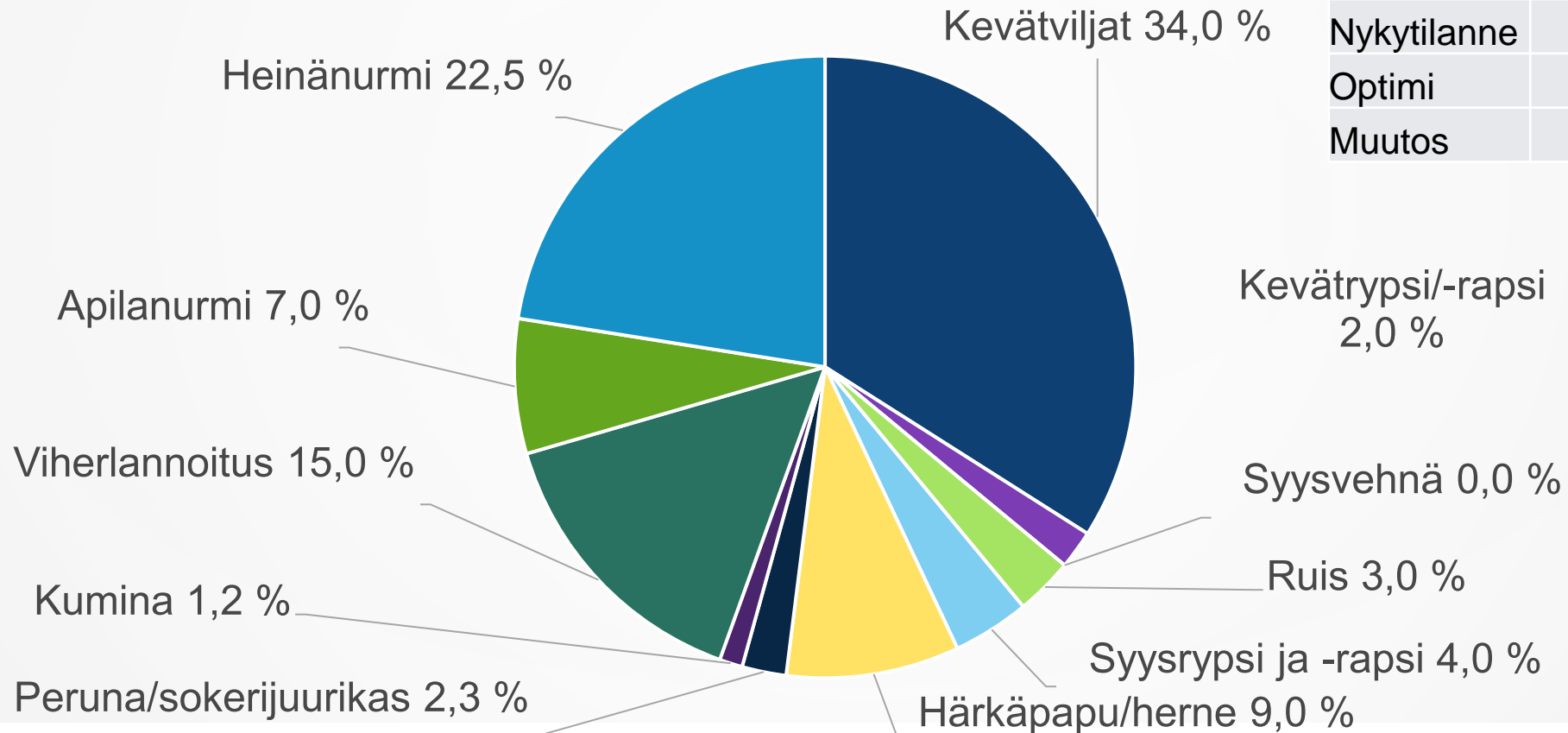


Maatalousmaan jakautuminen AB-alueella ennakkotietojen
2023 mukaan oikealla (Tilastokeskus 2023)

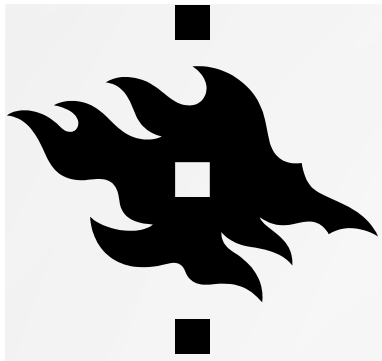


2. OPTIMISSA VILJELYMAAN JAKAUTUMINEN MONIPUOLISTUU

Optimi 50/50 painotuksella, kun typpitase vaikuttaa keinolannoituksesta aiheutuviin päästöihin



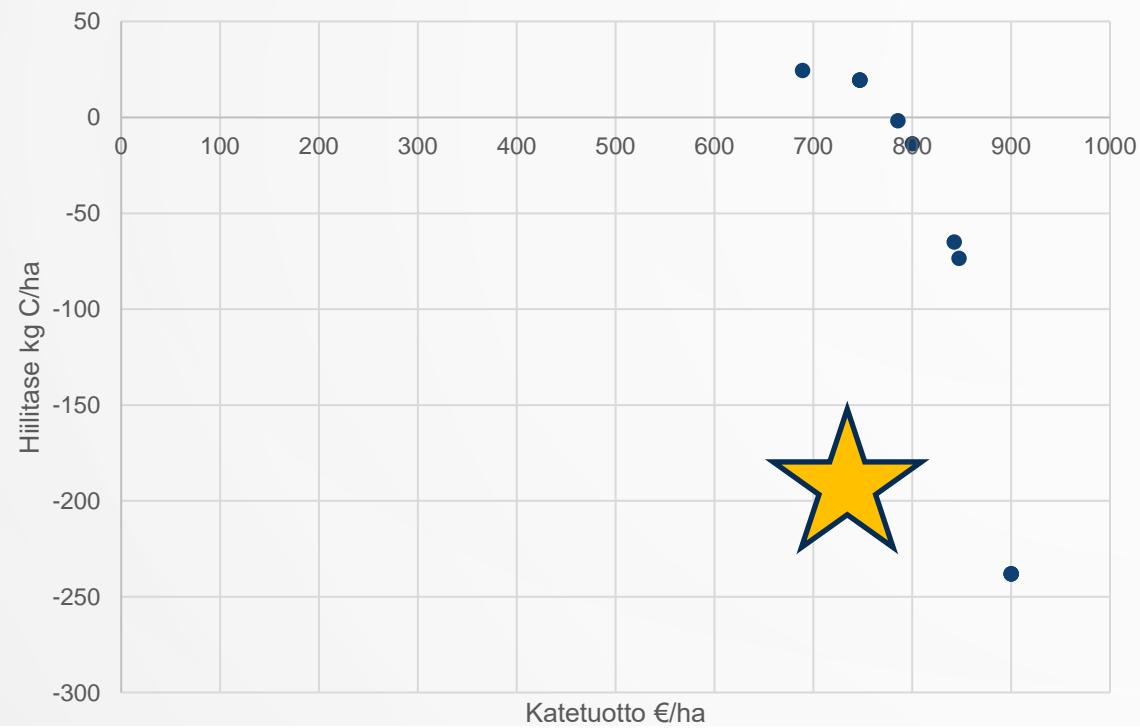
	Katetuotto €/ha	Hiilitase kg C/ha
Nykytilanne	636	-271
Optimi	750	-11
Muutos	+114	+260



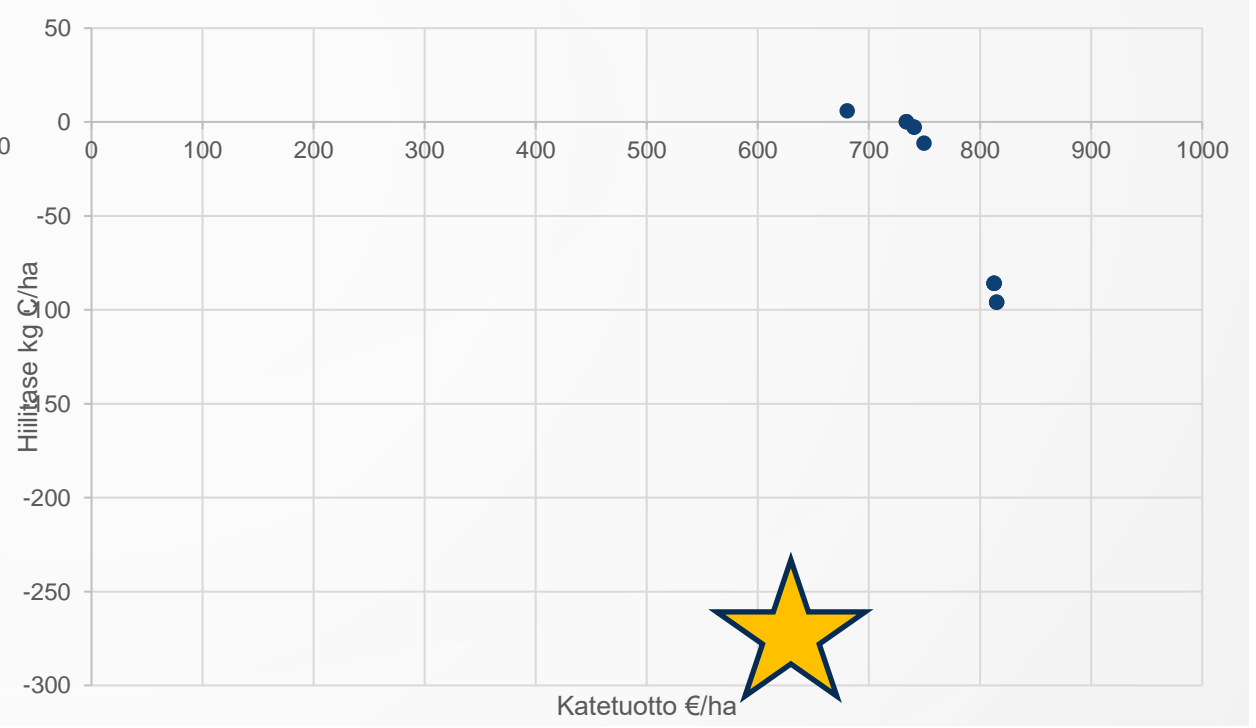
3.

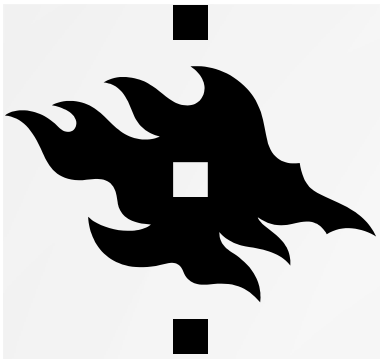
Hiilitasetta ei välttämättä pystytä allokoinnin avulla muuttamaan positiiviseksi, mutta voi olla mahdollista tehdä pelloista hiilineutraaleja

Optimit ja nykytilanne ilman että typpitaseen muutokset vaikuttavat tuloksiin



Optimit ja nykytilanne, kun typpitase vaikuttaa keinolannoituksesta aiheutuviin päästöihin



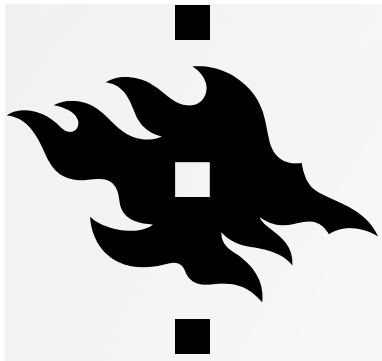


LOPUKSI

Päätulos: Peltojen ilmastovaikutusta ja katetuottoa on molempia mahdollista parantaa viljelykiertoja monipuolistamalla nykyisessä talousympäristössä.

Tuloksiin liittyviä varauksia:

- Tarkemmat tulokset suuntaa-antavia, tarkastelu on vielä kesken eli luvut voivat muuttua vielä hieman
- Tarkkojen tulosten saamiseksi laskelma pitäisi toistaa eri maalajeille ja maantieteellisille sijainneille Suomessa ja huomioida kysynnän muutokset hinnoissa
- Toisten ympäristötoimenpiteiden laskeminen mukaan voi muuttaa tuloksia



Hiilitaseesta puuttuu

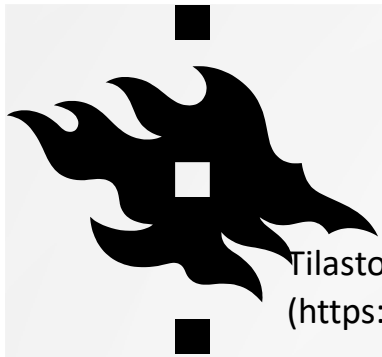
- Elinkaariajattelu, paitsi keinotyyppilannoite
 - Kuivaus ja säilytys
 - Kuljetus ja traktoriyö
 - Muut panokset
- Metaanipäästö (toisaalta ei muutu merkittävästi kasvilajin valinnan myötä)
- Sääolosuhteisiin liittyvät epävarmuudet

Katetuotosta puuttuu

- Investoinnit (esim. uudet koneet ja osaaminen)
- Kiinteät kustannukset
- Kysynnän vaikutukset hintoihin

Muuta

- Ei mahdollista viljellä useampaa kasvia peräkkäin
- Tavanomainen viljely, ei erillisiä toimenpiteitä huomioitu
- Viljelykiertojen rooli on ohjauksessa aiempaa suurempi, kun yksivuotisten kasvien on oltava viljelykierrossa 33 %:lla vuodesta 2024 alkaen



LÄHTEET

Tilastokeskus 2023. “Käytössä oleva maatalousmaa 2023 (ennakko).” *Luonnonvarakeskus*. Retrieved November 6, 2023 (<https://www.luke.fi/fi/tilastot/kaytossa-oleva-maatalousmaa/kaytossa-oleva-maatalousmaa-2023-ennakko>).

Tilastokeskus 2023. “Käytössä oleva maatalousmaa muuttujina Vuosi, ELY-keskus, Muuttuja ja Laji.” *PxWeb*. Retrieved October 31, 2023 (https://statdb.luke.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02_Maatalous__04_Tuotanto__22_Kaytossa_oleva_maatalousmaa/01_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_ELY.px/).

Garbelini, Luiz Gustavo, Henrique Debiasi, Alvadi Antônio Balbinot Junior, Julio Cezar Franchini, Antonio Eduardo Coelho, and Tiago Santos Telles. 2022. “Diversified Crop Rotations Increase the Yield and Economic Efficiency of Grain Production Systems.” *European Journal of Agronomy* 137:126528. doi: 10.1016/j.eja.2022.126528.

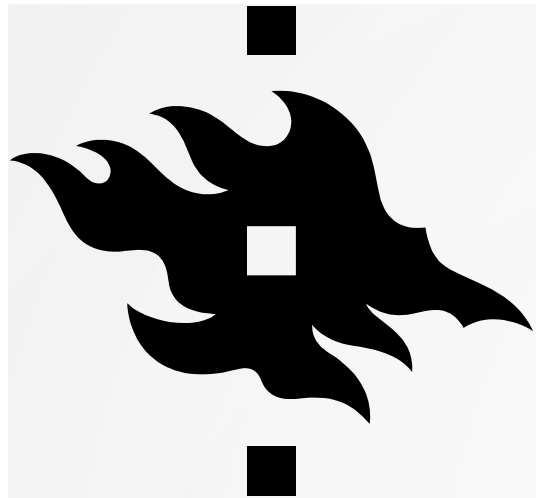
Himanen, Sari J., Elise Ketoja, Kaija Hakala, Reimund P. Rötter, Tapio Salo, and Helena Kahiluoto. 2013. “Cultivar Diversity Has Great Potential to Increase Yield of Feed Barley.” *Agronomy for Sustainable Development* 33(3):519–30. doi: 10.1007/s13593-012-0120-y.

Hunt et al.. “Fossil Energy Use, Climate Change Impacts, and Air Quality-Related Human Health Damages of Conventional and Diversified Cropping Systems in Iowa, USA | Environmental Science & Technology.” Retrieved October 19, 2023 (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06929>).

Lötjönen, Sanna, and Markku Ollikainen. 2017. “Does Crop Rotation with Legumes Provide an Efficient Means to Reduce Nutrient Loads and GHG Emissions?” *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies* 98(4):283–312. doi: 10.1007/s41130-018-0063-z.

Mattila & Rajala. n.d. “Viljelykiertojen vertailutyökalu.”

Volsi, Bruno, Gabriel Eiji Higashi, Ivan Bordin, and Tiago Santos Telles. 2022. “The Diversification of Species in Crop Rotation Increases the Profitability of Grain Production Systems.” *Scientific Reports* 12(1):19849. doi: 10.1038/s41598-022-23718-4.

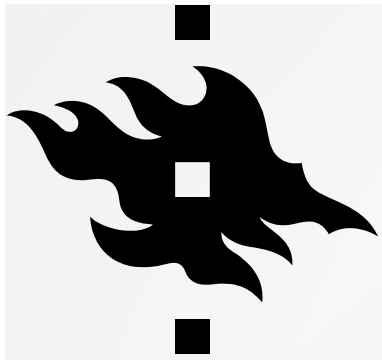


KIITOS!

Kysymyksiä?

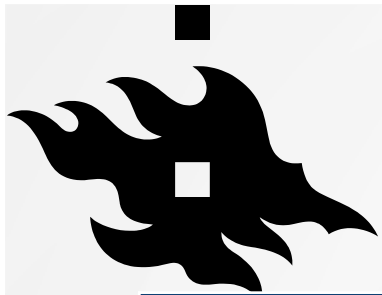


LISÄMATERIAALIA



PÄÄSTÖVÄHENNYKSET KOKO SUOMEN MITTAKAASSA?

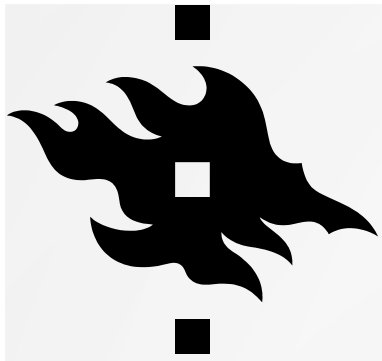
- Tarkastelun päästövähennykset koskevat LULUCF-sektoria. Vuonna 2019 maatalouden päästöt olivat 16 Mt CO₂-ekv./vuosi, josta 8.6 Mt LULUCF sektorilla.
- Teoreettiset maksimit 50/50 painotuksella, yksinkertaistavat oletukset mukana. Laskettu 2 miljoonalle peltohehtaarille:
 - **Jos päästövähennys on sama kaikilla suomen pelloilla keskimäärin sama, noin 200 C kg/ha → päästövähennys koko maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen tasolla 7-10 %. Vähennys LULUCF päästöistä 13-18,5 %. AB-tukialueen päästövähennys (puolet peltoalasta) tästä noin puolet.**



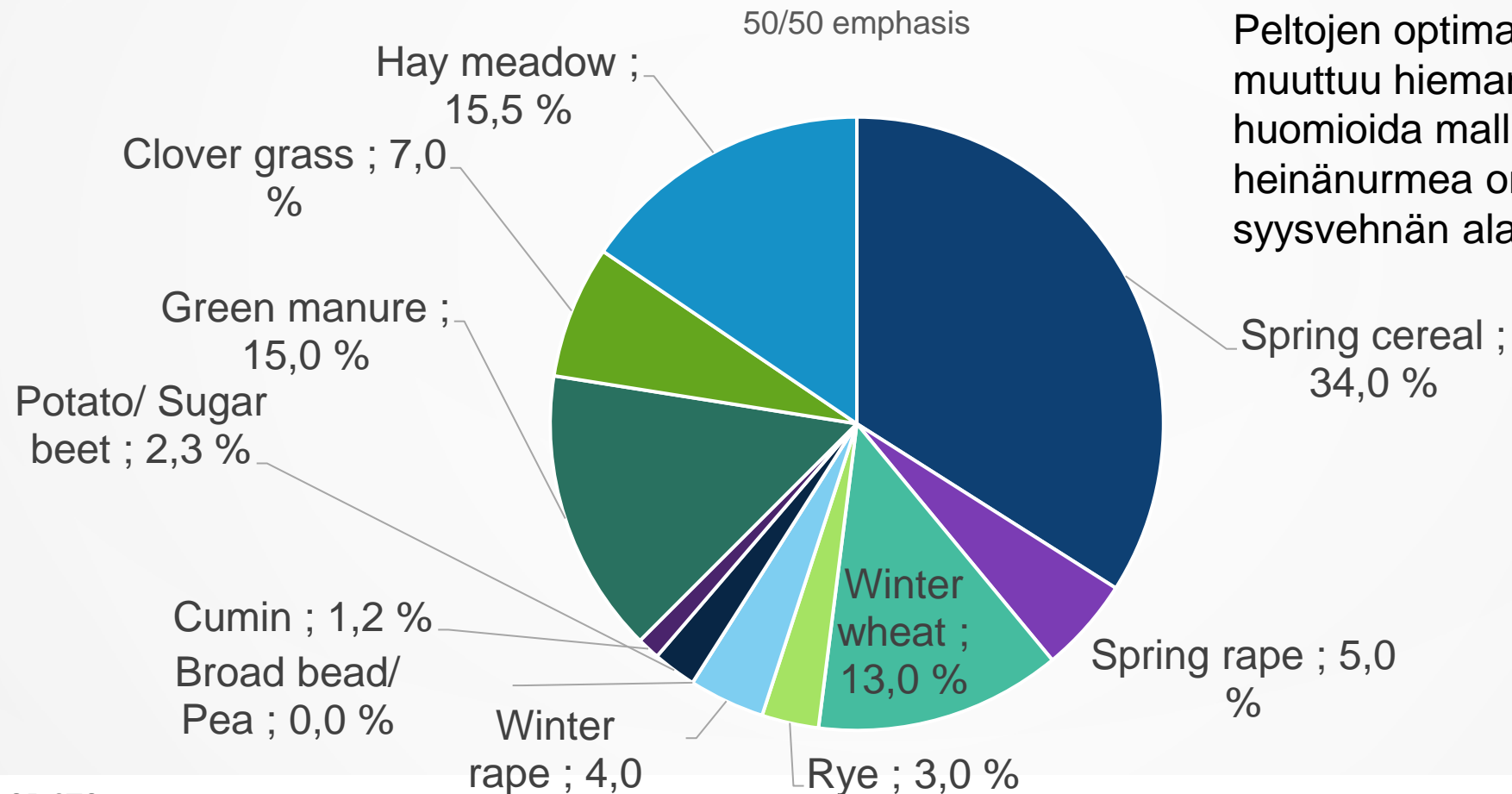
KASVIKATEGORIOIDEN PINTA-ALAT JA RAJOITTEET

Kesanto, luonnonhoitonurmet, puutarhakasvit
ja pysyvä nurmi eivät ole mukana

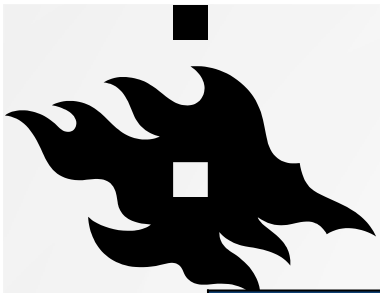
Kasvi	% AB-tukialueen tarkasteltavasta peltoalasta	% Suomen tarkasteltavasta peltoalasta	Asetetut ylä- ja alarajat (%) kasvikategorioille AB- tukialueella
Kevätviljat	56,1 %	44,59 %	34 % - 80 %
Kevätrypsi/-rapsi	2,3 %	1,91 %	2 % - 5 %
Syysvehnä	6,2 %	1,58 %	0 % - 13 %
Ruis	2,4 %	0,89 %	0 % - 3 %
Syysrypsi ja -rapsi	0,0 %	0,08 %	0 % - 4 %
Härkäpapu/herne	3,8 %	2,02 %	0 % - 9 %
Peruna/sokerijuurikas	1,8 %	1,26 %	0,7 % - 2,3 %
Kumina	0,9 %	0,74 %	0 % - 1,2 %
Viherlannoitus	0,8 %	0,70 %	0 % - 15 %
Apilanurmi	0,8 %	0,90 %	0 % - 7 %
Heinänurmi	24,8 %	35,29 %	5 % - 25 %
Kaikki	100 %	100,00 %	



PELTOJEN JAKAUTUMINEN OPTMISSA ILMAN TYYPITASEEN HUOMIOIMISTA

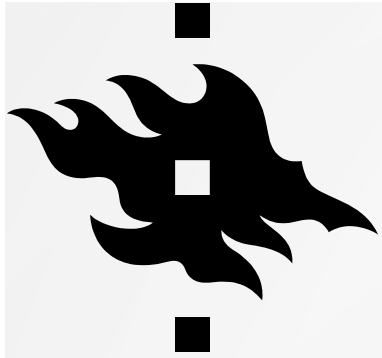


Peltojen optimaalinen allokointi muuttuu hieman, kun tyypitasetta ei huomioida mallissa. Palkokasveja ja heinänurmea on vähemmän ja syysvehnän ala kasvaa maksimiin.



Kasvikohtaisia tietoja tulosten taustalla

Plant	Profit, P_n (€/ha)	Carbon balance, C_n (C kg/ha)	Nitrogen balance, N_{soil} (N kg/ha)
Kevätviljat	736	-404	-63
Kevätrypsi/-rapsi	905	-244	-53
Syysvehnä	1 028	-166	-74
Ruis	910	-96	-53
Syysrypsi ja -rapsi	1 295	-72	-70
Härkäpapu/herne	904	-409	35
Peruna/sokerijuurikas	4 652	-477	-96
Kumina	806	672	-25
Viherlannoitus	384	693	182
Apilanurmi	1 059	533	25
Heinänurmi	432	160	-14



Lannoituksen
hinta 3,3 €/N
kg (Mattila &
Rajala 2022)

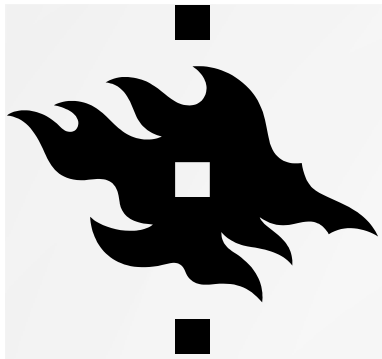
Kasvi (n)	Hinta €/tn (Mattila & Rajala 2023)	Sato kg/ha (Tilastokeskus 2022)	Tuet yhteensä €/ha/vuosi (Ruokavirasto 2023)	Muuttuvat kustannukset yht €/ha/vuosi (Mattila & Rajala 2023)
Kevätviljat	290	3500	450	748
Kevätrypsi/-rapsi	650	1500	570	660
Syysvehnä	330	4000	450	772
Ruis	340	3500	450	759
Syysrypsi ja -rapsi	650	2000	570	605
Härkäpapu/herne	350	3000	570	745
Peruna/sokerijuuri kas	180	30000	400	1177
Kumina	910	800	556	497
Viherlannoitus	-	6000	485	120
Apilanurmi	160	6000	450	380
Heinänurmi	160	6000	450	1007



TUET LASKUISSA

- Päivitetty vuoden 2023 tukien mukaisesti
- Mukana
 - Perustuki AB (ilman uudelleenjakotukea)
 - Ympäristökorvaus
 - Maanparannus (vain kuminalle 20%*190 €/ha)
 - Ekojärjestelmätuki (talviaikainen kasvipeite 50 €/ha kaikille paitsi sokerijuurikkaalle ja perunalle sekä viherlannoitustuki 80 €/ha)
 - Luonnonhoitokorvaus
 - Erikoiskasvituki (perunalle ja sokerijuurikkaalle tässä 0 €/ha)

OPTIMOINTIYHTÄLÖ



$$\max_{\{x_1, \dots, x_n\}} z = \alpha P + (1 - \alpha)C$$

Katetuotto
€/ha/kasvi

$$P = \sum_{n=1}^{11} x_n P_n$$

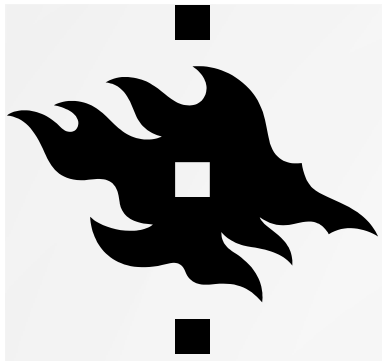
$$C = \sum_{n=1}^{11} x_n C_n$$

Hiilitase
C kg/ha/kasvi

Pinta-ala
summautuu 100 %

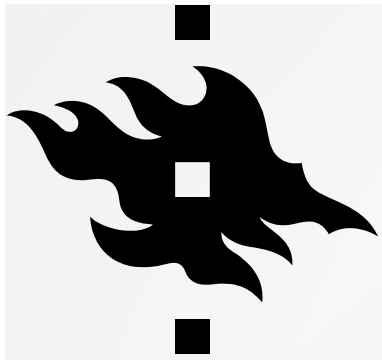
$$\sum_{n=1}^{11} x_n = 1$$

+ kasvikategoriakohtaiset
pinta-alarajoitteet



KASVIKATEGORIOIHIN LIITTYVIÄ YKSINKERTAISTUKSIA

- Tarkastelussa mukana hieman alle puolet Suomen pelloista
 - Suomessa yhteensä noin 2,3 miljoonaa hehtaaria peltoa. AB-alueella noin 1,1 miljoonaa hehtaaria (Tilastokeskus 2023.)
 - Tarkastelussa mukana AB-tukialueen pellot, mutta ilman kesantoa, luonnonhoitonurmia, pysyvää nurmea ja puutarhakasveja → **eli tarkastelussa yhteensä 0,97 miljoonaa hehtaaria**
- Kategorioista tarkemmin
 - Kevätviljoissa mukana rehuviljat (noin puolet)
 - Rypsi ja rapsi sisältää syysvehnän nykytilanteessa, mukana on myös öljy- ja kuitupellava.
 - Apilanurmi = (apilapitoinen, palkokasvipitoisuus 40%) heinänurmi ja apilanurmi (yhdistetty tilastokeskuksen datassa) mukana myös ruokohelpi
 - Heinänurmi = (palkokasvipitoisuus max 20%) kuivaheinä, tuorerehu, säilörehu, vihantavilja ja laidun



MALLIN TAUSTA-AINEISTONA MATTILAN & RAJALAN VILJELYKIERTOLASKURI (2022-23)

Laskuriin syötetään oman tilan tiedot maaperästä ja katetuotosta. Sitten kokeillaan eri viljelykiertoyhdistelmiä.

- kasvien välillä ei kytköksiä
- tarkastelu yhdessä ajassa

22	Kierto 2, 5 v			Sato	Sadon hinta	Kate A	Kate	Työmäärä h			Kasvup	Vihreä ala		
23	Kasvi	pinta-ala		kg/ha		€/ha	€/lohko	Kevät	Kesä	Syys				
24	Kevätviljat	44,59	ha	3500		726	32 381				65	36 %	Kasvukuntopisteet	- 0,62 pistettä/ha
25	Kevätrypsi/-rapsi	1,91	ha	1500		895	1 708						Kate A	673 € €/ha
26	Syysvehnä	1,58	ha	4000		1007	1 592						Typпитase	-38 kg/ha/v
27	Ruis	0,89	ha	3500		890	792				160	80 %	Hiilitase	-146 kg/ha/v
28	Syysrypsi/-rapsi	0,08	ha	2000		1275	102				150	83 %	Rikat - kesto	0,5
29	Härkäpapu/herne	2,02	ha	3000		884	1 786						Rikat - kevät	0,3
30	Peruna/sokerijuurikas	1,26	ha	30000		4682	5 899						Rikat - syys	- 0,3
31	Kumina	0,74	ha	800		758	561						Työ kevät	1,08 h/ha
32	Viherlannoitus	0,7	ha	6000		374	262				150	83 %	Työ kesä	1,62 h/ha
33	Apilanurmi	0,9	ha	6000		1039	935						Työ syys	1,45 h/ha
34	Heinänurmi	35,29	ha	6000		412	14 539						Vihreä ala	20 %
35	Kerääjäkasvi		ha	1000		52	0				65	36 %		
36	yht	89,96	ha			€ 60 558		1,08	1,625	1,4467		20 %		
37						€/ha	673 €							4,2
38														
39						€/kierto	60 146 €							

https://blogs.helsinki.fi/hy-ruralia/files/2023/03/Viljelykiertojen-vertailu_2022.xlsx

Keinolannoituksen valmistuksen CO₂- ja N₂O-päästöt ja pelloilta lannoituksesta aiheutuva N₂O-päästö



Maahengityksessä vapautuva CO₂-päästö



Kasvin hengityksen kautta kasviin situoutunut hiili ja typpi (typensitojakasvit)



Sadon mukana poistuva hiili ja typpi



Kasvintähteistä jäävä hiili

Lannan levityksen lisäämä hiili (ei N₂O)



= Maaperän typpi- ja hiilivarastot +/- kg N ja +/- kg C