

Kipsihankkeen loppuseminaari 2.12. 2025, Oulu

Kipsin ja muiden maanparannusaineiden käytön kustannus- ja ilmastovaikutuslaskelmat

Markku Ollikainen

Ympäristöekonomian emeritusprofessori ja tutkimusjohtaja
Helsingin yliopisto, Taloustieteen osasto

Talous merkitsee vesiensuojelussa

Maanparannusaineiden tukeminen valtion varoin

- Tärkeää, että aineilla saavutetaan riittävän suuri vesiensuojeluhyöty suhteessa käytettyyn rahaan
- Rahan tehokas käyttö tärkeä ehto - rahalle on muitakin käyttöä yhteiskunnassa

Moninaiset vaikutukset otettava huomioon

- Fosforikuormituksen lasku
- Muut ympäristövaikutukset: ilmasto, monimuotoisuus,
- *No significant harm -periaatteen tulee toteutua*

Taloudellinen tarkastelu

- Auttaa vertaamaan eri vaikutuksia toisiinsa rahassa
- Kertoo myös kannattaako toimi ottaa käyttöön



Vesipolitiikka & talous

Kustannustehokkuus on EU:n ilmastopolitiikan pääperiaate

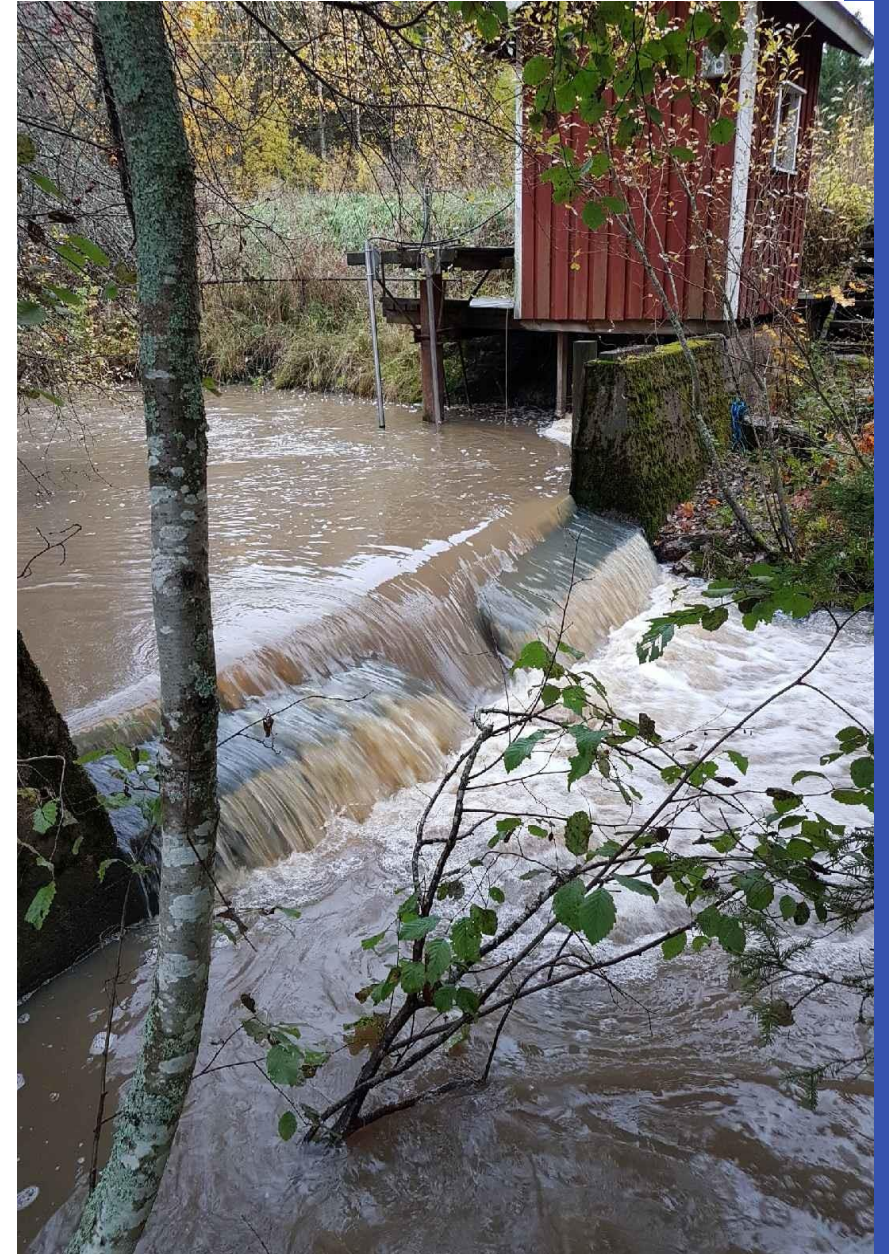
- Tavoite: saavuttaa paras mahdollinen ympäristön tila annetulla suojelubudjetilla
- *Kustannusvaikuttavuus* edistää kustannustehokkuutta: valitaan toimet järjestyksessä edullisimmasta kalleimpaan

Kustannusvaikuttavuus: tietoa politiikantekoon soveltuvassa muodossa

- Kustannusvaikuttavuusluku = $\text{kustannus/vaikutus}$, eli euroa per vähennetty fosforikilo

Seuraavassa

- Taloudellinen analyysi kipsin, kierrätysmateriaalista valmistetun rakennekalkin ja ravinnekuitujen kustannusvaikuttavuudesta



Kustannusvaikuttavuuden (CE) määrittäminen

Vain maanparannusaineen investointikustannus huomioon

$$CE_1 = \frac{\text{Investointikustannus}}{\text{Fosforikuorman vähennys}}$$

Investointikustannus: kaikki kustannukset kipsin ostosta, kuljetuksesta ja levityksestä vuotuisina

Vaikutus fosforihuuhtoumaan: mitattu vuotuinen vähennys kokonaisfosforissa per ha

Maanparannusaineen investointikustannus ja käsittelyn aiheuttama ilmastohaitta

$$CE_2 = \frac{\text{Investointikustannus} + \text{ilmastohaitan arvo}}{\text{Fosforikuorman vähennys}}$$

Ilmastohaitta: CO₂ekv vuotuiset päästöt valmistuksesta, kuljetuksesta ja levityksestä

- **Päästöt** arvotetaan ilmastohaitan arvolla

Maanparannusaineiden käytön kustannukset

	Kipsi (4t/ha)	Rakennekalkki (kier.) (2t/ha)	Kompostoitu rav.kuitu (30t/ha)	Kalkkistabiloitu rav.kuitu (30t/ha)
	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha
ostohinta	40	173	0	0
kuljetus	129	67	150	150
levitys	30	34	135	135
muokkaus	0	46	46	46
Yhteensä	199	320 (246)	285	285 (252)

Lähteet: Savijoen pilotit ja toimittajien laskutus sekä antama informaatio

Kustannuksia tarkastellaan **investointina** vesien suojeluun
Kuitujen ostohinta on sisällytetty kuljetuksen ja levityksen kustannuksiin
Rakennekalkin ja kalkkistabiloidun kuidun kustannuksesta vähennetään
 maatalouskalkin käyttötarpeen laskusta koituva kustannussäästö

Fosforihuuhtouman vähennys (%)

Maanparannusaineiden *vähennyskyky savimailla* on arvioitu kirjallisuuden nojalla.

Keskeisimmät lähteet:

- Kipsi: Ekholm ym. 2024
- Rakennekalkki Ollikainen 2024: kirjallisuuden tiivistelmätaulukko 2
- Ravinnekuidut: Rasa ym. 2022

Maanparannusaineiden kuormitusvähennys %				
	Kipsi	rakennekalkki	Kompostoitu	kalkkistabiloitu
DRP	25	0	0	0
PP	50	40	35	50
Kesto	5 v	5 v	4 v	4 v

Suurin ero: vain kipsi vähentää liuenneen fosforin huuhtoumaa

Kyseessä prosenttivähennysarvio, joten **lähtötilan huuhtouma merkitsee saavutettavalle vähennykselle**

Pellon fosforitilan merkitys vähennykselle

STP 6.4 mg/l			Kierrätysmateriaali-	Ravinnekuidut	
kg/ha	lähtötila	kipsi	rakennekalkki	kompostoitu	kalkkistabiloitu
Tot-P	0,98	0,54	0,67	0,71	0,59
Vähennys tot-P		0,44	0,31	0,27	0,39
STP 15.9 mg/l					
kg/ha					
Tot-P	1,81	1,03	1,29	1,35	1,16
Vähennys tot-P		0,78	0,52	0,46	0,66

Kun huuhtouma kaksinkertaistuu (peltojen korkea fosforivaranto), niin saavutettava huuhtoumavähennys kasvaa

Tällä on suora vaikutus vesiensuojelutoimien kustannusvaikuttavuuteen ja kohdentamiseen

Vähennysmäärät ovat edellä annettujen prosenttien mukaiset, joten kipsi vähentää kuormitusta eniten, kalkkistabiloidut kuidut toiseksi eniten

Kustannusvaikuttavuusluvut (CE₁)

STP 6.4 mg/l	Kustannus (€/ha)	Kustannus €/ha/vuosi	Huuhtouman lasku (kg/ha/y)	CE1-luku = €/kg P vähennys	CE- järjestys
kipsi	199	39,7	0,44	91	1
rakennekalkki	246	49,2	0,31	159	2
Kompostoitu kuitu	332	82,9	0,27	306	4
Kalkkistabiloitu kuitu	298	74,5	0,39	193	3
STP 15.9 mg/l					
kipsi	199	39,7	0,78	51	1
rakennekalkki	246	49,2	0,52	94	2
Kompostoitu kuitu	285	82,9	0,46	181	4
Kalkkistabiloitu kuitu	285	74,5	0,66	114	3

- Mitä alhaisempi CE-luku, sitä tehokkaampi maanparannusaine
- Mitä suurempi lähtötilan huuhtouma (STP-luku), sitä suurempi vähennys ja alhaisempi CE-luku
- **Kuidut pärjäävät huonosti - kuinka luvut muuttuvat, kun ilmastovaikutus otetaan huomioon?**

Ilmastovaikutusten huomioonottaminen

Kipsi & ilmasto

- Kipsi on fosforihapon sivutuote ja fosforihapon tuottaminen aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä
- Osa valmistuksen päästöistä tulee kohdistaa kipsille
- Periaate: päästöt kohdistetaan näiden kahden aineen taloudellisen painon mukaan

Rakennekalkki ja kuidut & ilmasto

- Kummankin raaka-aineet ovat kierrätysmateriaaleja ja siksi raaka-aineina päästöttömiä, mutta valmistus voi aiheuttaa päästöjä
- Kierrätetty rakennekalkki ja kalkkistabiloitu kuitu: korvaavat maatalouskalkkia ja sen kasvihuonekaasupäästöjä – *korvaushyöty tulee ottaa huomioon*
- Kuitujen erityisyys: ne ottavat biomassaa pois poltosta ja hidastavat biomassan hajoamista, kun se muokataan maaperään. Hajoamisen hidastuminen ja hiilivaraston kasvu luetaan positiiviseksi ilmastovaikutukseksi – *vältetyt päästöt tulee ottaa huomioon*

Kipsin ilmastovaikutus: valmistuksen päästöt

Kipsi on fosforihappotuotannon sivutuote

- Fosforihapon tuotannon päästöt **600** kgCO₂e/t

Taloudellisen kohdentamisen periaate

- Päätuotteen tuotannon päästöt kohdistetaan pää- ja sivutuotteen kesken myynnin arvojen suhteessa
- Kipsi: hinta 18,15 €/t ja myyty määrä 80 000 t
- Fosforihappo: hinta 800 €/t, myyty määrä 300 000 t

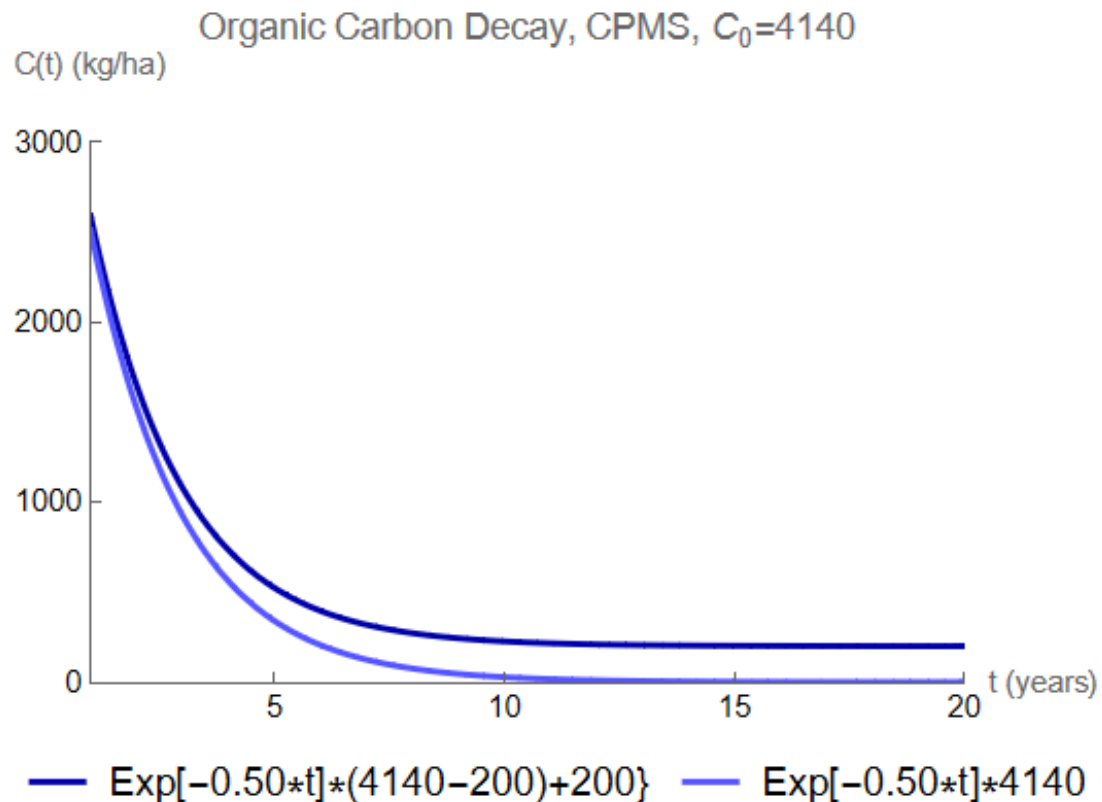
Kohdentamiskerroin: $\omega = \frac{p_2 m_2}{p_1 m_1 + p_2 m_2} = \frac{18,15 \cdot 80\,000}{800 \cdot 300\,000 + 18,15 \cdot 80\,000} = 0,006$

Kipsin päästöt = ω * fosforihapon valmistuksen päästöt

- päästöt $0,006 \cdot 600 = 3,61$ kgCO₂e/t**

Ravinnekuitujen hajoaminen ja ilmastohyöty

Kuva. Orgaanisen hiilen hajoaminen, kompostoitu ravinnekuitu



Laskennan lähtökohtana on kuitujen raaka-aineen poltto energiaksi

- Polton päästöt **15 t CO₂e**/ha vastaten kompostoitujen kuitujen 30 t/ha levitystä

Kompostoituun kuituun sitoutunut hiili hajoaa maassa noin 20 vuoden aikana

- Lähde: Heikkinen ym. 2021: pääosa hajonnut 5 vuodessa

Arviot pysyvästi säilyvästä hiilestä epävarmoja ja näkyvät hajoamiskäyrän hännän korkeutena

- Vältetyt päästöt noin **2 787 kgCO₂e/ha**

Kalkkistabiloidulla kuidulla samanlainen kuvaaja

- Vältetyt päästöt noin **734 kgCO₂e/ha**

Maanparannusaineiden ilmastovaikutus

	kipsi	rakennekalkki	kompostoitu	kalkkistabiloitu
Valmistus	14	16	0	0
Kuljetus	69	17	120	119
Levitys	20	20	78	78
muokkaus	0	20	20	20
Vältetyt päästöt	-	-	-2787	-734
Yhteensä	103	73	-2570	-517
Kalkin korvaushyöty		-598		-75

Kipsin ja kierrätetyn rakennekalkin päästöt pienet

Kumpikin ravinnekuitu lykkää hiilen hajoamista ja niillä on erittäin positiivinen ilmastovaikutus

Kustannusvaikuttavuusluvut (CE₂)

STP 6.4 mg/l	Kustannus (€/ha)+ilmasto	Huuhtouman lasku (kg/ha/y)	CE ₂ -luku = €/kg P vähennys	CE- järjestys
kipsi	199 + 5.1	0,44	93	1
rakennekalkki	246 - 26.3	0,31	142	3
kompostoitu kuitu	285 - 78.5	0,27	234	4
kalkkistabiloitu kuitu	285 - 80.4	0,39	141	2
STP 15.9 mg/l				
kipsi	199 + 5.1	0,78	51	1
rakennekalkki	246 - 26.3	0,52	84	3
kompostoitu kuitu	285 - 78.5	0,46	138	4
kalkkistabiloitu kuitu	285 - 80.4	0,66	83	2

Ilmastovaikutukset kasvattavat kuitujen käytön kustannusvaikuttavuutta. Kalkkistabiloidut ravinnekuidut nousevat järjestyksessä toiseksi, ohi kierrätetyn rakennekalkin. Kipsin ja rakennekalkin vaikuttavuusluvut muuttuvat vain hieman, kipsin heikkeni, rakennekalkki parani (korvaushyötyjen vuoksi). Kipsin edelleen selvästi kustannusvaikuttavin suojelutoimi

Johtopäätökset

1. SAVE-hankkeen alkuperäiset suositukset pätevät edelleen

- Kipsi toimii parhaiten vesiensuojelukeinona ja sitä kannattaisi käyttää kaikkialla, mihin se sopii ja kohdistaa käsittely erityisesti eroosioherkille ja korkean fosforiluvun maille
- Kierrätysmateriaaleista valmistettua rakennekalkkia kannattaa käyttää siellä mihin kipsi ei sovellu
- Neitseellisestä materiaalista valmistettua rakennekalkkia ei ole suositeltava käyttää laajamittaisesti

2. Uusia toimia vesipolitiikkaan: ravinnekuidut

- Ravinnekuidut ovat tuoneet uuden kiinnostavan vaihtoehdon kipsin ja rakennekalkin rinnalle
- Ne laskevat aika tehokkaasti fosforihuuhtoumaa ja niillä on suotuista ilmastovaikutus
- Tutkimusta kannattaa jatkaa ja selvittää myös vaikutus satoihin ja typpihuuhtoumaan

3. Kohdentaminen

- Kaikkien maanparannusaineiden kustannusvaikuttavuus riippuu maan fosforitilasta ja eroosiosta
- Kustannusvaikuttavuusluvut poikkeavat merkittävästi vähäisen ja korkean huuhtouman tapauksessa
- Kohdentaminen kuormittavimmille lohkoille on suositeltavaa, jos rahoitus on niukkaa, muutoin laajojen pinta-alojen käsittely suuren kokonaisvaikutuksen aikaansaamiseksi

Kiitos!

Tutkimusryhmä esityksen taustalla: Sanna Lötjönen, Olivia Korkeela, Petri Ekholm ja Markku Ollikainen

Taustajulkaisut

Ollikainen M., Lötjönen S., Tikkanen T., Ala-Harja V., Uusitalo R. and Ekholm P. 2024. Gypsum and structure lime amendments in boreal agricultural clay soils: Do climate emissions compromise water quality benefits? **Agricultural and Food Science** 33: 90-115.

Ekholm, P., Ollikainen M., Punttila E., Ala-Harja V., Riihimäki, J., Kiirikki M., Taskinen A., and Begum K. 2024. Gypsum amendment of agricultural fields to decrease phosphorus losses – evidence on a catchment scale. **Journal of Environmental Management**: 357, 120706.