

# Kosteikkojen puhdistustehokkuuden parantaminen sorptiomateriaaleilla

Satu Maaria Karjalainen  
SYKE

TuKos-hankkeen loppuseminaari 1.9.2011 Oulussa



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Tausta

- Osassa turvetuotannon valumavesiä puhdistavissa ojitetuissa metsäkosteikoissa ongelmia fosforin pidättymisessä
- Pintavesissä, erityisesti järvissä, fosfori usein minimiravinne, joten sen poisto tarpeellista veden laadun turvaamiseksi
- Tarve tehostaa fosforin pidättymistä esim. sorptiomateriaaleilla



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

# Sisältö

- Fosforin pidättymiseen vaikuttavat ympäristötekijät
  - turvemilla
- Kosteikkokohteiden fosforin sitoutuneisuudesta turpeeseen
- Sorptiomateriaalit
  - Materiaalitestaus
  - Soveltuvuus ojitetuille kosteikoille



# Fosforin pidättymiseen vaikuttavat ympäristötekijät

- pH
  - Vaikuttaa sorptiopinnan varaukseen ja siten metallien kykyyn sitoa fosforia (esim. Ca korkeassa pH:ssa ja Fe matalassa pH:ssa)
- Redokspotentiaali (hapen esiintyminen)
  - Hapen kuluminen mikrobien hajotustoiminnassa aiheuttaa raudan pelkistymisen  $Fe^{3+}$   $Fe^{2+}$  muotoon -> Rautaoksidaa liukenee, jolloin niihin sitoutunutta fosforia voi vapautua -> Osa raudasta voi saostua sulfidin kanssa, osa kulkeutua hapellisiin olosuhteisiin ja jälleen sitoa fosforia
- Maaveden suolapitoisuus
  - Korkea maaveden suolapitoisuus "työntää" fosforia lähemmäs sorptiopintaa -> mitä korkeampi P-pitoisuus, sitä helpommin P löytää sorptiopinnan, johon kiinnittyy
- Anionien kilpailu
  - Kilpailevat anionit varaavat vapaana olevat sorptiopinnat
    - Fosfaatin kanssa kilpailevat mm. humuksen orgaaniset anionit ja sulfaatti ( $SO_4^-$ )

## Fosforin pidättymiseen vaikuttavat ympäristötekijät turvemilla

- pH on matala -> Fe tärkeämpi fosforin sitojana kuin Ca
- Märässä ja hapettomassa maassa fosfori voi liueta maaveteen Fe-oksidiin pinnoilta: ferriraudan ( $\text{Fe}^{3+}$ ) pelkistyminen ferriraudaksi ( $\text{Fe}^{2+}$ )
  - **Fosfaattia voi huuhtoutua**
- Vapaana oleville Al-oksidiin pinnoille voi sitoutua osa fosforista, sillä Al säilyttää fosforinsitomiskykensä huonoissakin happioloissa
- Raudan ja alumiinin oksidipintojen täytyessä fosforista
  - fosfaatin sitoutumislujuus heikkenee
  - uusien anionien (esim. fosfaatin) pidättyminen vaikeutuu
  - **Fosfaattia voi huuhtoutua**
- Humuksen orgaaniset anionit ja sulfaatti-ionit kilpailevat vapaista sorptiopinnoista fosfaatin kanssa

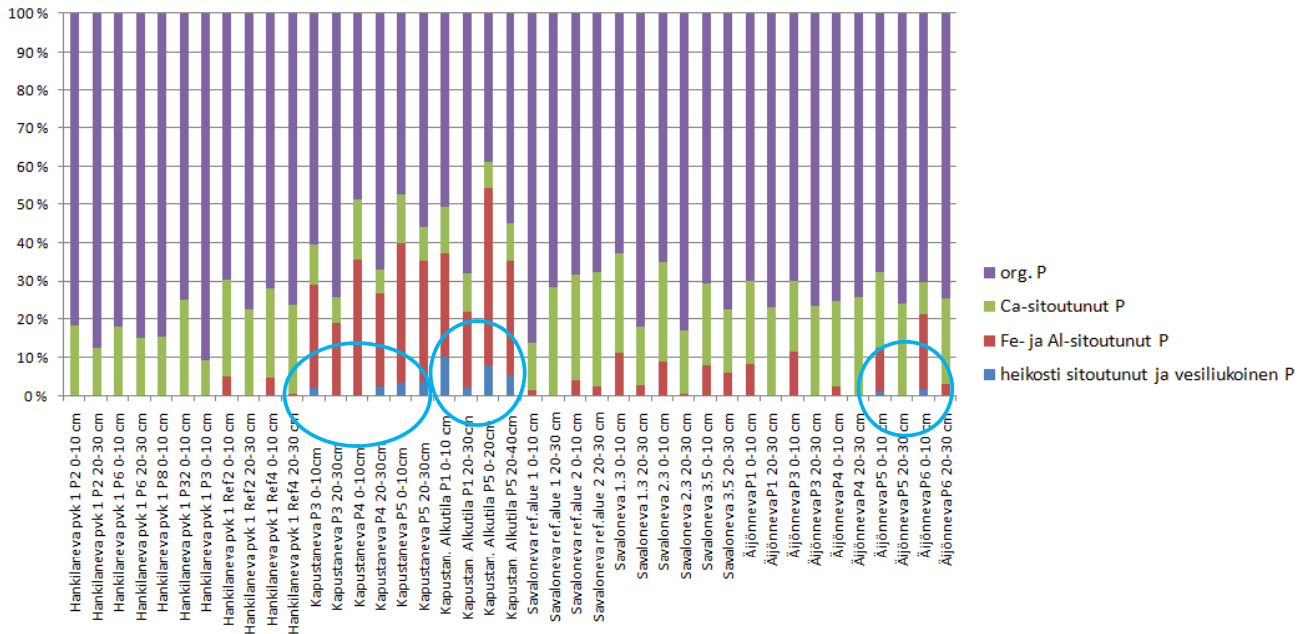
Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Mitä fosforille tapahtuu turvekosteikolla?

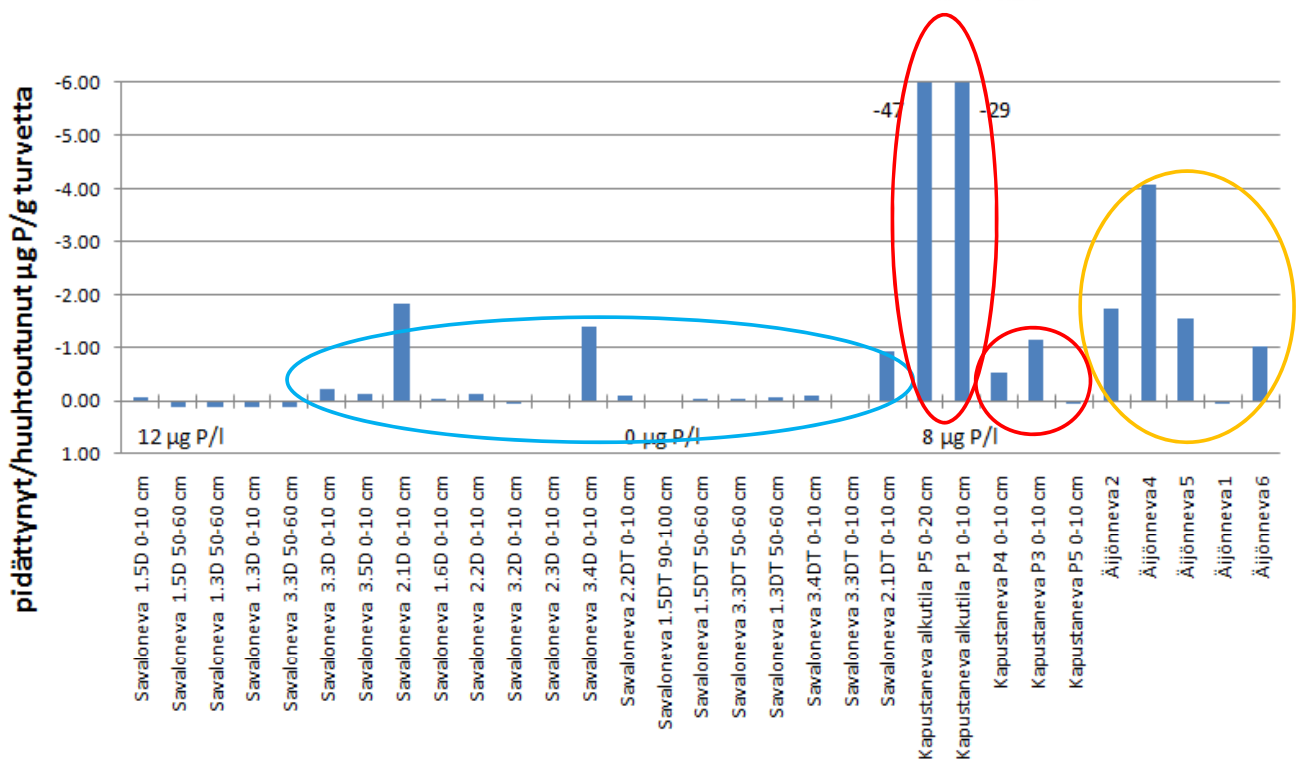
- Kiintoaineeseen ja hiukkasiin sitoutunut fosfori poistuu vedestä laskeutumalla ja suodattamalla
- Kosteikolle tulee vettä, jossa fosforia -> tasapainotila turpeen ja maaveden välillä
  - Kosteikolle tulevan veden **fosforipitoisuus korkea**
    - Tällöin maaveden fosforipitoisuus kasvaa -> fosfaatti kiinnittyy vapaaseen sorptiopintaan entistä tehokkaammin
    - Jos sorptiopinnoille jo kiinnittyneenä fosfaatteja (tai muita anioneja esim.  $\text{SO}_4^-$ ) -> sorptiopintojen saturaatio kasvaa ja sidokset heikkenevät -> fosfaattia voi huuhtoutua
  - Kosteikolle tulevan veden **fosforipitoisuus matala**
    - Jos turpeessa on vähän fosforia, fosfaatti voi kiinnittyä vapaisiin sorptiopintoihin
    - Jos turpeessa on paljon fosforia, sitä siirtyy maaveteen ja on altis huuhtoutumiselle

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

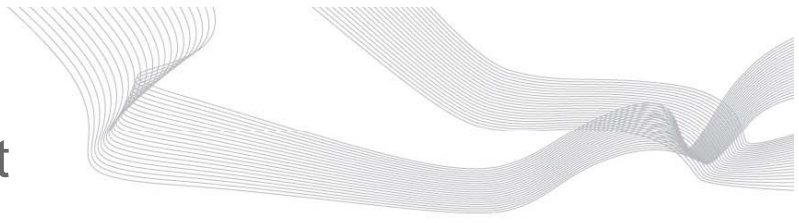
# Fosforin sitoutuminen kosteikoilla



# Fosforin huuhtoutuminen kosteikoilla



# Sorptiomateriaalit

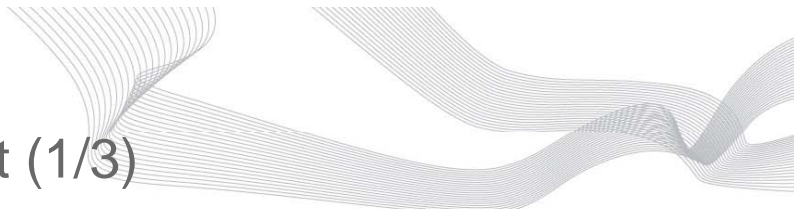


Turvemaalla olevalla kosteikolla käytettäväksi testattavat sorptiomateriaalit

- Teräskuona (3-10 mm)
- Teräskuona (10-20 mm)
- Filtralite®P (0-4 mm)
- CFH 12 (Ferrihydroksidi) (1-2 mm)
- Kalkkikivi (1-2 mm)
- Phoslock® (95% Bentoniitti+5% La<sup>3+</sup>) (1-2 mm)
- Rautakipsi (Fe(OH)<sub>3</sub>+kipsi) (5-10 mm)
  - Sachtofer PR (ferrihydroksidi)

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit (1/3)



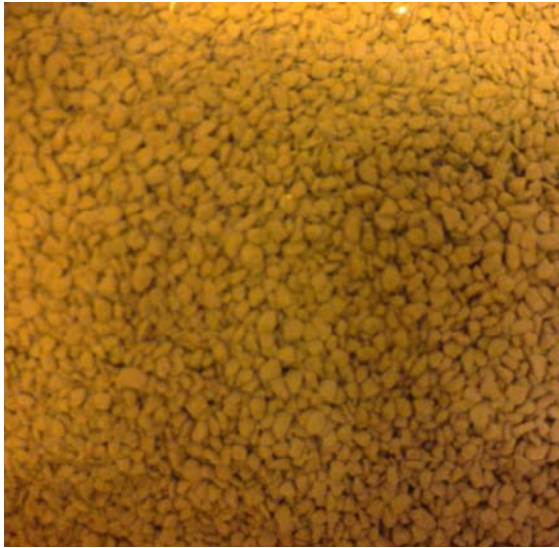
Teräskuona



Filtralite®P

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit (2/3)



CFH 12



Rautakipsi/Sachtofer PR

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit (3/3)



Phoslock®



Kalkkikivi

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit: tutkimukset (1/2)

- Fosforin pidättyminen sorptiomateriaaliin
- Sorptiomateriaalista huuhtoutuvia aineita (Fe, Al, Ca, Mg, Mn, S, K, Na, Sr, Ba, Ti, Zn)
- Sorptiomateriaalin vaikutus liuoksen pH-arvoon
- Ravistelukoe
  - Kiinteä:Neste-suhde 1:2
  - Turvevesi
    - 40 µg PO<sub>4</sub>-P/l, pH 5.6
    - 250 µg PO<sub>4</sub>-P/l, pH 6.0

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013

## Sorptiomateriaalit: ravistelukoetulokset

		PO <sub>4</sub> -P poistuma (%)	pH	Kalsium mg/l	Alumiini µg/l	Rauta µg/l	Magnesium mg/l	Mangaani µg/l	Rikki µg/l
Teräskuona (3-10 mm)	KA	98	12.1	620	120	18	<0.1	4	1200
	MIN	98	12.1	580	98	<5	<0.1	2	1100
	MAKS	99	12.2	660	150	23	<0.1	6	1500
Filtralite®P	KA	98	12.3	670	590	6	<0.1	1	9400
	MIN	93	12.2	660	530	<5	<0.1	1	8200
	MAKS	100	12.3	690	640	13	<0.1	1	12000
CFH 12	KA	99	4.6	280	17	59	1800	360	2700000
	MIN	98	4.4	260	13	41	1800	290	2600000
	MAKS	100	5.5	300	21	87	1900	520	2700000
Kalkkikivi	KA	82	7.9	38	120	2100	3	25	810
	MIN	70	7.6	28	29	1800	3	15	590
	MAKS	93	8.0	50	210	2500	4	33	1000
Phoslock®	KA	93	6.4	170	2	<5	20	37	16000
	MIN	88	5.6	57	1	<5	7	13	15000
	MAKS	99	6.7	350	3	11	40	73	17000
Rautakipsi	KA	98	7.7	530	30	17	63	14	610000
	MIN	98	7.5	520	26	7	56	12	550000
	MAKS	99	7.8	550	34	30	76	25	640000

ta  
17-2013

## Sorptiomateriaalit: tutkimukset (2/2)

- Turvetuotannon valumavesien puhdistamiseen mahdollisesti sopivia sorptiomateriaaleja valittiin jatkotutkimuksiin kolonneilla
  - Teräskuona (raekoot 0-3 mm ja 10-20 mm)
  - CFH 12
  - Rautakipsi (Sachtofer PR)
- Kolonnikokeet (3 kk)
  - Sorptiomateriaalin tukkeutuminen ja aineiden (Al, Fe, Ca, S/SO<sub>4</sub>, Mg, Mn, K, Na, Sr, Ba, Ti, Zn) huuhtoutuminen
  - Suuri raekokoiset isommassa kolonnissa (halkaisija 10 cm) kuin pienirakeiset (halkaisija 5 cm)
  - 1 kolonni/sorptiomateriaali



EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit: kolonnikoetulokset

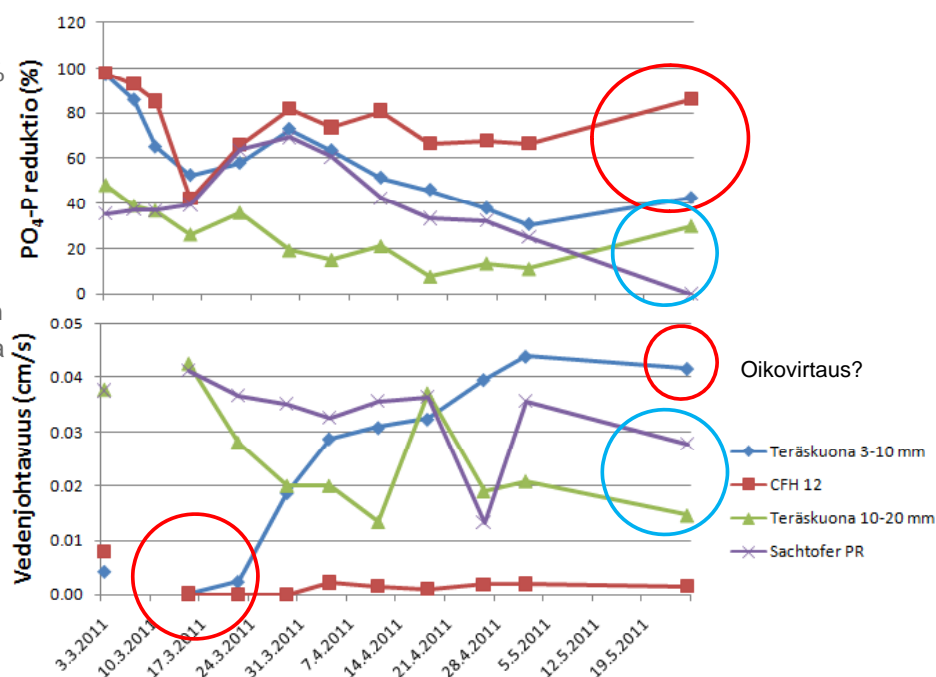
### PO<sub>4</sub>-P reduktio ja kolonnin tukkeutuminen

#### Pieni raekoko

-> vedenjohtavuus 0.1%  
kahden viikon kuluttua  
1. vrk verrattuna

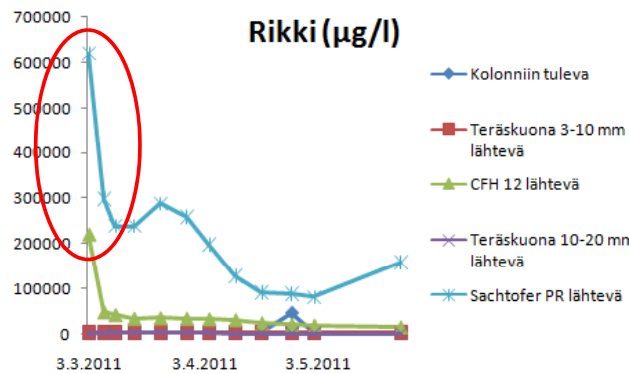
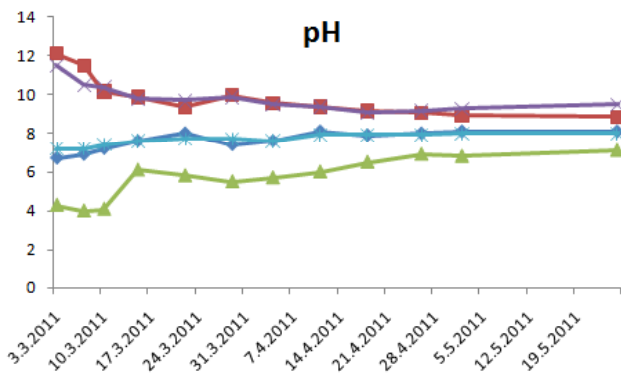
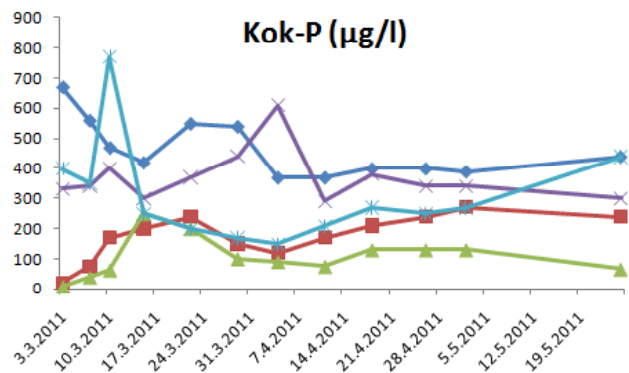
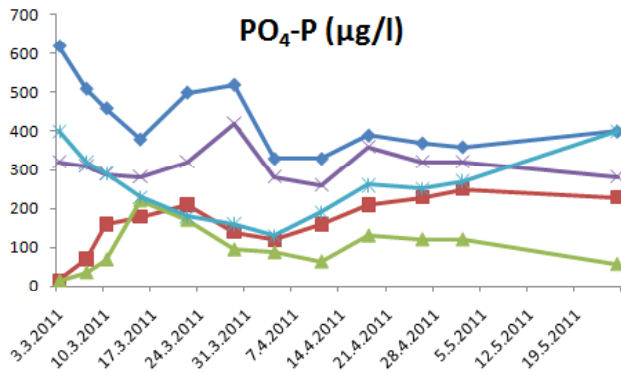
#### Suuri raekoko

-> vedenjohtavuus  
35-113% kolonnikokeen  
aikana 1. vrk verrattuna

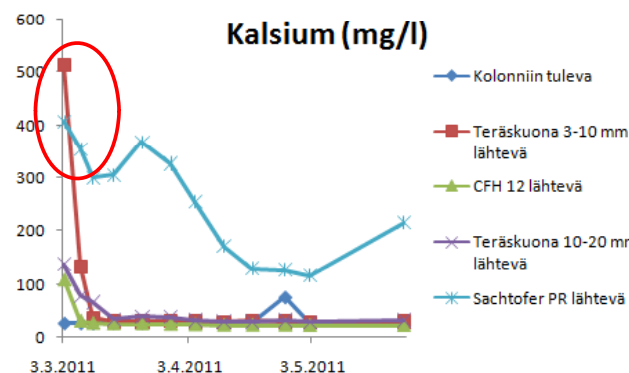
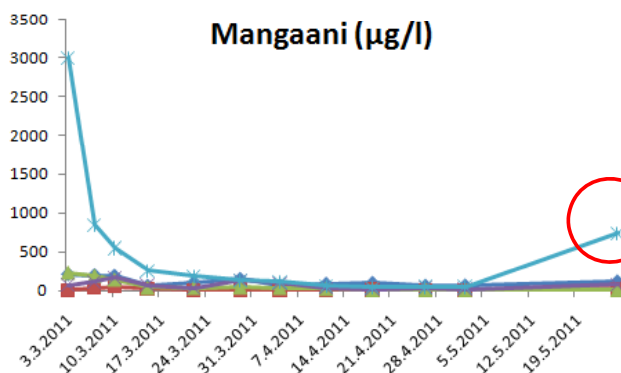
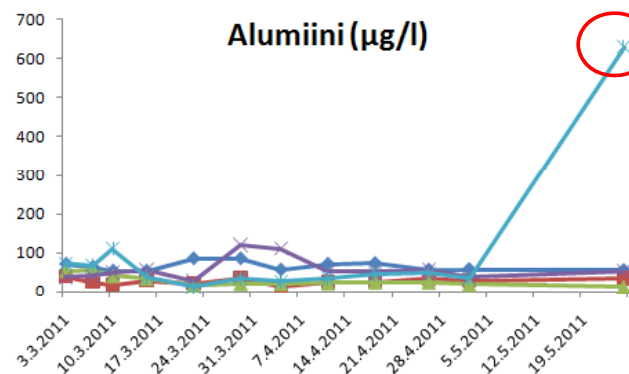
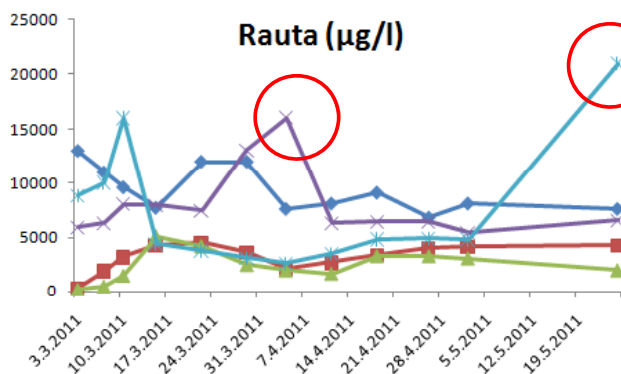




# Kolonneista lähtevän veden laatu (1/2)



# Kolonneista lähtevän veden laatu (2/2)





## Sorptiomateriaalit: kolonnikoetulokset

- Aineiden pidättyminen/huuhtoutuminen
  - $\text{PO}_4\text{-P}$  pidättynyt parhaiten pieniraekokoisiin kolonneihin
  - Kokeen alussa olleet erot pH:ssa (emäksinen teräskuonissa, neutraali Sachtofer PR:ssä ja hapan CFH12:ssa) tasoittuneet kokeen aikana
  - Sachtofer PR:stä ja CFH12:sta huuhtoutunut alussa rikkiä, myöhemmin vähentynyt
  - Kokeen lopussa Sachtofer PR:stä huuhtoutunut metalleja, samalla fosforinpidätys loppunut -> syy ei tiedossa
  - Kaikista materiaaleista alussa huuhtoutunut kalsiumia, eniten teräskuonasta (3-10 mm) sekä Sachtofer PR:stä

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013



## Johtopäätökset (1/2)

- Vesiliukoista/heikosti sitoutunutta fosforia ojitetussa turvekosteikossa ennen käyttöönottoa -> voi huuhtoutua otettaessa kosteikko käyttöön
- Sorptiomateriaaleista pienirakeiset sitovat fosforia tehokkaasti suuren sorptiopinta-alan takia, mutta pato/suodinrakenteena tukkeutuvat nopeasti
  - veden virtausnopeus hidastuu tällöin rakenteessa ja vesi voi kulkeutua pääasiassa sorptiomateriaalista tehdyn suotimen yli/ohi ilman kontaktia materiaaliin

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Johtopäätökset (2/2)

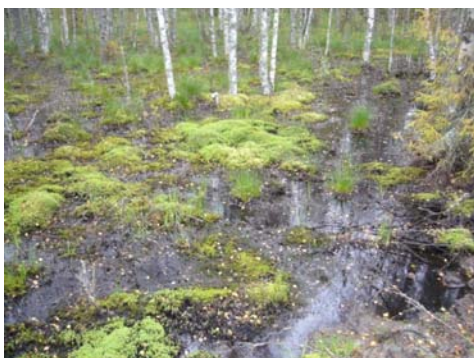
- Tutkituista sorptiomateriaaleista
  - kaikki pidättivät hyvin fosforia ravistelukokeissa, lisätutkimukset kuitenkin tarpeen pitkäaikaisen pidättymisen selvittämiseksi esim. kolonnikokein ja kenttäolosuhteissa
  - osasta huuhtoutui metalleja erityisesti alussa
  - osalla veden pH muuttui voimakkaasti alussa, mutta tasaantui myöhemmin
  - Phoslock® sopii levittäväksi pinnoille (esim. turpeen päälle), muut materiaalit mahdollisesti myös pato/suodinrakenteisiin



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013

## Sorptiomateriaalit kosteikolla: kenttäkoe

- Vapo Oy:n Äijönnevellä testataan maasto-olosuhteissa sorptiomateriaalien käyttöä (asennus elo-syyskuussa)
- TuKos-projektin laboratoriotulosten perusteella testattavaksi ehdotettu
  - teräskuona 10-20 mm sorptiosuotimina ojissa (10-80 mm)
  - teräskuona 3-10 mm levitetynä yhden reikäputken ympärille (7-15 mm)
  - Phoslock® levitetynä laajalti yhdelle sarkaojavälille reikäputken ympärille



- Kosteikolla seurataan tehostetusti vedenlaatua, sähkönjohtavuutta ja pH:ta
- Seuranta ja tulosten analysointi VAPO Oy:n rahoittamassa SulKa-hankkeessa

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007-2013