



# HULEVESIEN HALLINTA VIHERKATOILLA JA MUILLA VIHERRAKENTEILLA

**Kirsi Kuoppamäki**

Post doc tutkija, dosentti

Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos, LAHTI



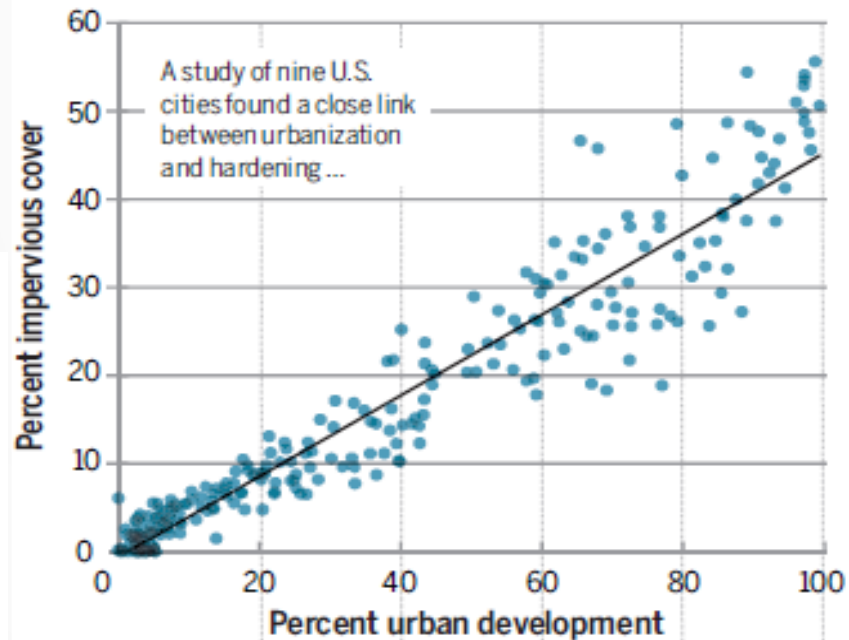
## KAUPUNGISTUMINEN

# RAKENNETUT ALUEET



### Urbanization's hard truth

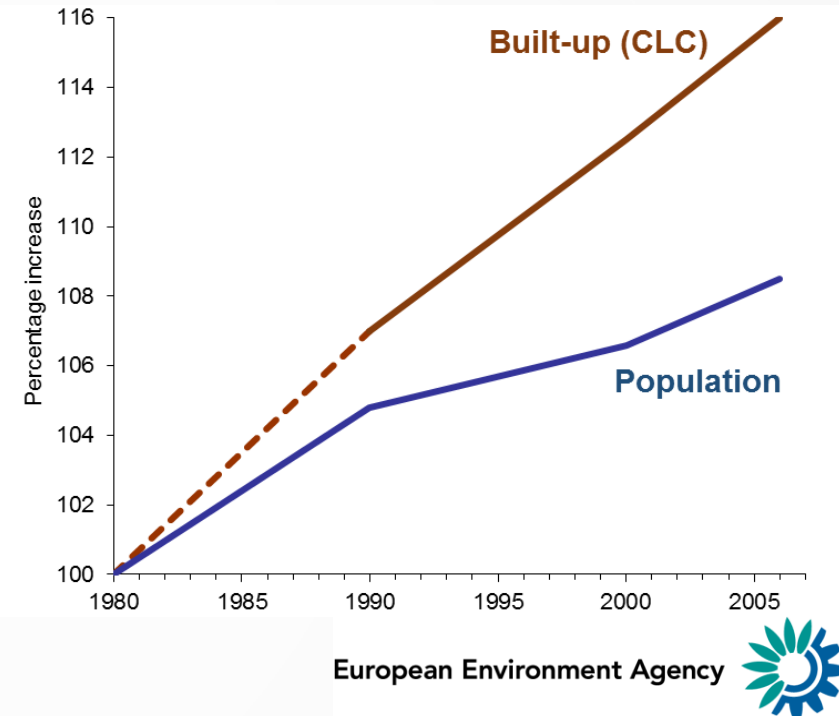
Cities alter the environment in many ways, from creating air pollution and unusually warm "heat islands" to producing noise and artificial light. One of the most dramatic ecological changes is caused by the spread of impervious surfaces, such as paved roads and roofs. The hardening prevents water from soaking into the soil, promoting flash floods and polluted runoff that damage aquatic ecosystems.



Science

Rise of the City

Science 352 (6288), 906-907. 2016  
DOI: 10.1126/science.352.6288.906



European Environment Agency

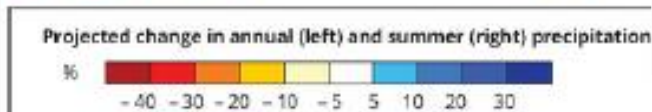
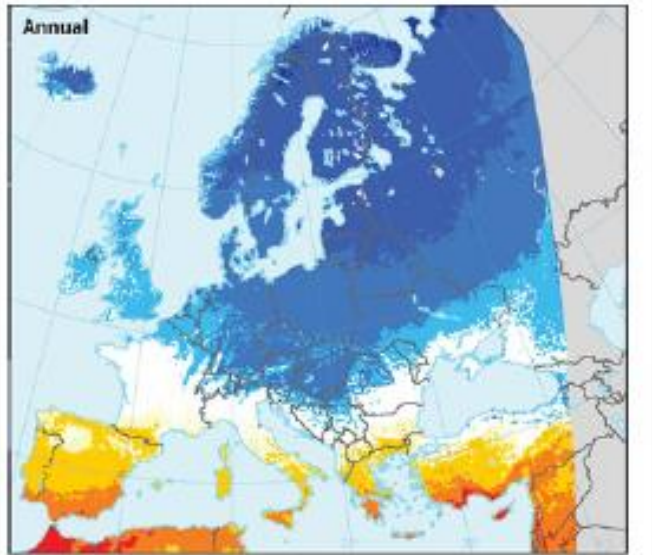


**Etelä-Suomi:** rakennettujen alueiden osuus kasvaa 2.5 % / 5 v (Tiitu et al. 2015)



# SADANTA ↗

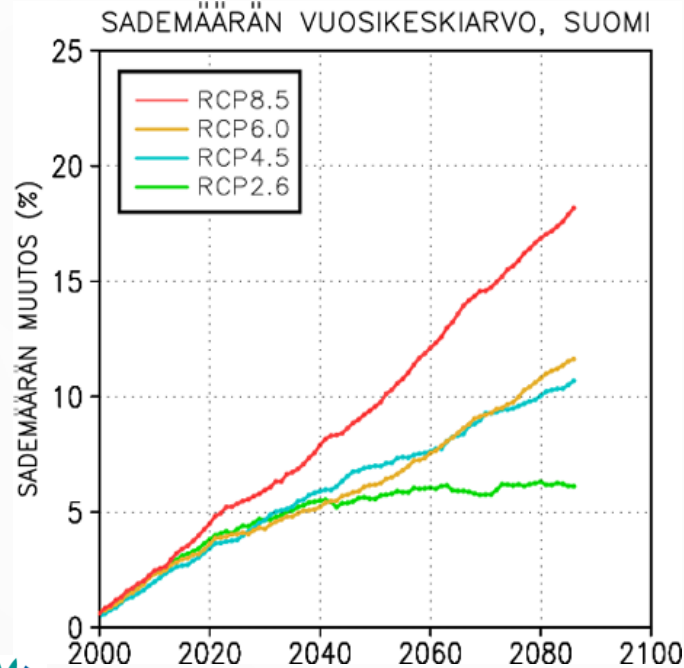
## Vuotuinen sademäärän muutos Eurooppa



European Environment Agency



## Suomi



Ilmatieteen laitos

Kun sadanta ja valunta kasvaa, kuormitus vastaanottaviin vesistöihin lisääntyy

Lisäksi hulevesitulvien riski kasvaa. **Kylmän ilmaston** kaupungeissa pohjoisella pallonpuoliskolla kaupunkitulva voi koskettaa n. 338 miljoonaa ihmistä (Järvi et al. 2017)

### Ajankohtaista

- Tapahtumat
- Politiikka
- Tutkimus
- Ilmasto-opas
- Työkalut

## Ilmastonmuutos näkyy selvästi Suomessa ja Euroopassa – sopeutumiseen syytä panostaa

Ilmastonmuutos vaikuttaa Suomeen voimakkaammin kuin moniin muihin Euroopan maihin, selviää Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) uudesta raportista Ilmastonmuutos, vaikutukset ja haavoittuvuus Euroopassa 2016. Tulevaisuudessa

### Sisällysluettelo

1 Artikkeleita löydät täältä



## KAUPUNGISTUMINEN + ILMASTONMUUTOS

# = LISÄÄ PINTAVALUNTAA

Länsi-Savo 6.7.2016:

Ongelman aiheuttaa Turkin mukaan se, että Mikkelin keskusta-alue on niin tiivis.

– Meillä ei ole olemassa tyhjää aluetta, jossa **vettä voitaisiin pidättää**. Vedet täytyy jotenkin saada ratapihan alitse Saimaan puolelle.

Rankkasade tulvi kaupunginmuseon tiloihin Helsingissä | Yle Uutiset | yle.fi

Helsinki 16.6.2016 klo 13:55 | päivitetty 16.6.2016 klo 16:45

## Rankkasade tulvi kaupunginmuseon tiloihin Helsingissä

Helsingin kaupunginmuseo on jouduttu tyhjentämään asiakkaista ja sulkemaan toistaiseksi vesivahinkojen vuoksi. Museon ensimmäisen kerroksen tiloja jäi tulvineen sadeveden alle.



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta

Asiakaspalvelu Tilaa Länsi-Savo Mediamyynti Ota yhteyttä Palaute Näköislehti Lähetä kuva Ilmoita

LANSI-SAVO

Keskiviikko, 6. heinäkuu 2016  
Esa, Esaias

Etsi

Lähellä Uutiset Urheilu Teemat Mieliäpidä Sporttiareena Menot

## Kuvat: Ukkoskuuro sai Mikkelin keskustan tulvimaan

03.07. 2016 16:25

Lasse Laitinen Uutiset > Lähellä Mikkelä



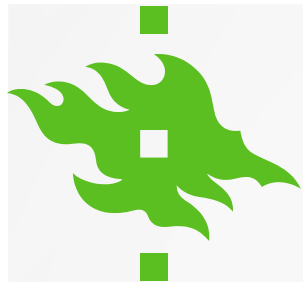
Mannerheimintie oli veden vallassa eilen. Kuva: Harri Sjögren

### ★ Luetuimmat

Tänään Tällä viikolla Tässä kuussa

- 1 Nyt katsotaan kalasääskä Saimaalta - livekuva kalasääsken pesältä ihastuttua  
20
- 2 Juvan Remojärveltä löytyi muinaisia ihmisen luita - leukaluussa hampaatkin tallella  
4
- 3 Anttilan liput näyttivät liekeiltä - pelastuslaitos muistuttaa myös epäselvien tilanteiden ilmoittamisesta
- 4 Muistojen Suur-Saimaan ajot käydään lauantaina - Osallistujia ennätysmäärä  
1
- 5 Vielä ehtii - vapaaksi jääneitä paikkoja Mamkiin voi hakea elokuulle asti
- 6 Autopaikat ovat perinteinen kiista-aihe taloyhtiöissä - tarkista tästä, mitä autopaikalla voi pitää ja mitä ei!  
9

Hulevesihallinta Vantaanjoen alueella, seminaari 12.10.2017



# VETTÄ VOITAISIN PIDÄTTÄÄ?

## → LUONTOPOHJAISET RATKAISUT

(NATURE BASED SOLUTIONS, **NBS**)

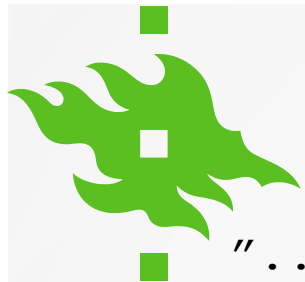
- Auttaa vähentämään riippuvaisuutta perinteisestä **harmaasta** infrastruktuurista joka kallis rakentaa ja ylläpitää
- Luonto voisi usein tarjota halvempia, kestävämpiä ratkaisuja → **vihreä** infrastruktuuri (green infrastructure, **GI**) = **viherrakenne**
- Ekosysteempalvelujen hyödyntäminen
- Rakennettuun ympäristöön tehdyt ekosysteemit voivat toimia kuin luonnon ekosysteemit

Lundholm 2014. The ecology and evolution of constructed ecosystems as green infrastructure. Front. Ecol. Evol. 3: 106.



<https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

(Löytyy google-haulla: europa nbs)



# EI TILAA

”...ei ole olemassa tyhjää aluetta, jossa vettä voitaisiin pidättää.”



UUTISET > LAHTI

Lahti 18.9.2015 klo 13:24

## Vesi tulvii Lahden keskustassa

Rankkasade on aiheuttanut tulvia Lahden keskustaan. Myös alikukuntuneleissa voi olla suuria vesilätäköitä.

**Suosittelle** 6 henkilöä suosittellee tätä. Ole kavereistasi ensimmäinen.



Kuva: Yle



Kuva: Katja Luoma/Etelä-Suomen Sanomat

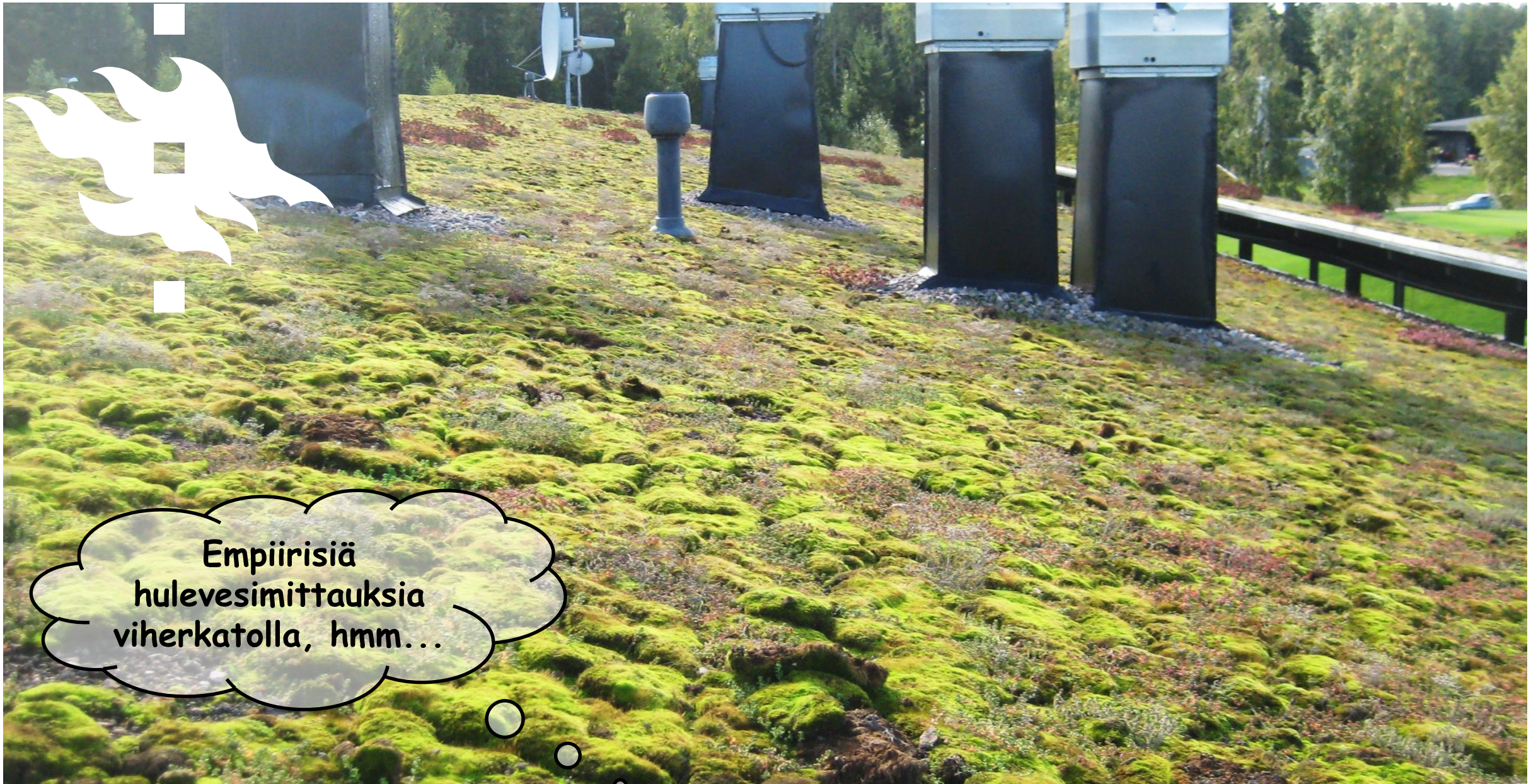
# LIIAN KYLMÄ

PITKÄ KYLMÄ VUODENAIKA HAITTAA VIHERRAKENTEIDEN HYDROLOGISTA TOIMINTAA  
**VAI HAITTAAKO?**

60°10'15"N, 24°56'15"E  
HELSINKI

- Hyvin niukasti empiirisiä mittauksia vedenhallinnasta viherrakenteilla, kuten viherkatoilla kylmässä ilmastossa
- **Tarvitaan mitattua dataa eri aika-/tilamittakaavoissa ja ilmasto-olosuhteissa!**

(Oberndorfer et al. 2007, Berndtsson 2010, Ayako & Dunnett 2012, Ahiablame et al. 2012, Carson et al. 2013, Nawaz et al. 2015)

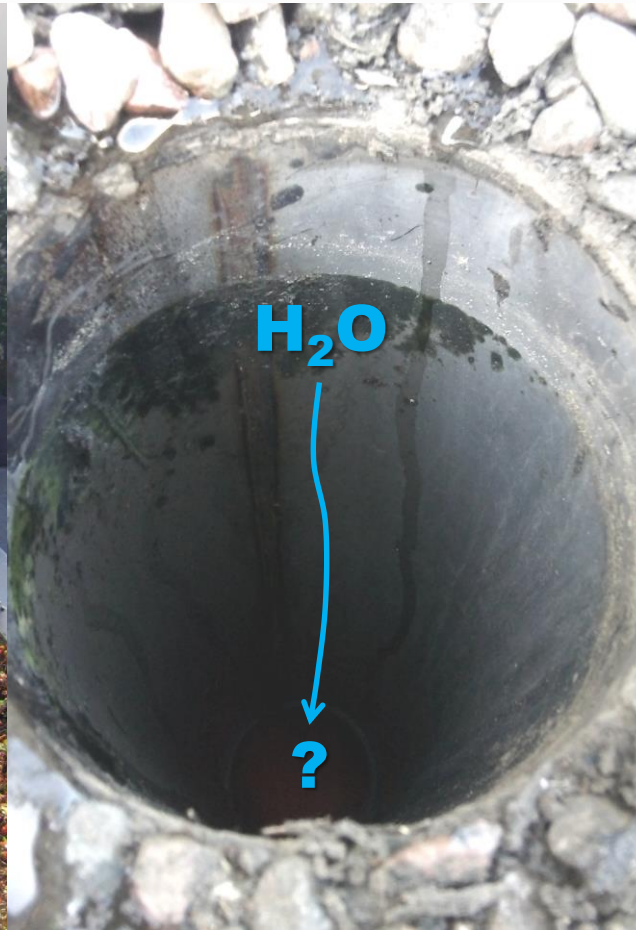
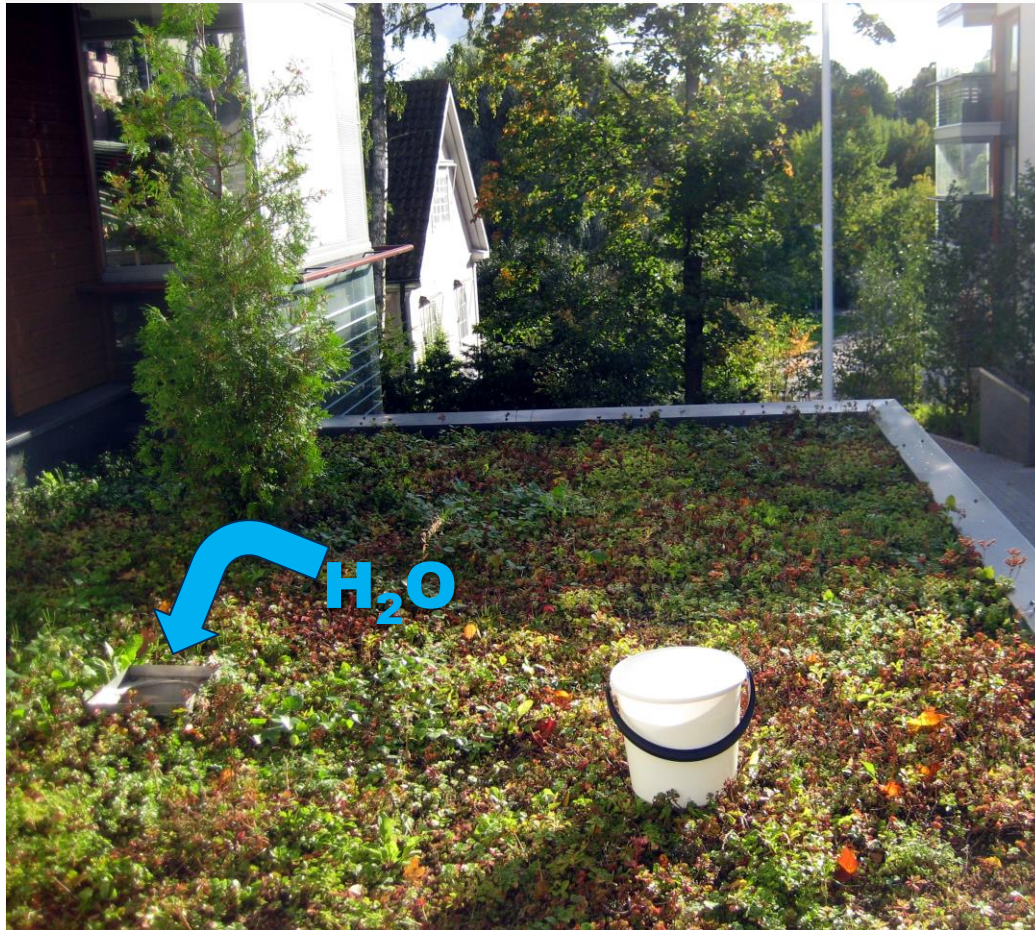


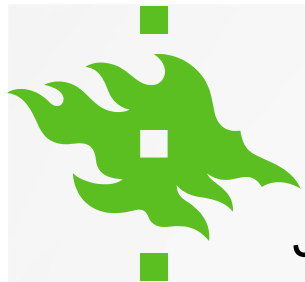
Empiirisiä  
hulevesimittauksia  
viherkatolla, hmm...





# KUINKA MITATA VIHERKATOLTA SUOTAUTUVAA VETTÄ...





# VIHERKATTOKOE

JATKUVATOIMINEN MITTAUS HEINÄKUUSTA 2013 ALKAEN (YHÄ KÄYNNISSÄ)

20 kpl 10 cm paksuja koeviherkattoja á 2 m<sup>2</sup> = 40 m<sup>2</sup>

Tutkimusasema Lahdessa

[www.soilia.fi](http://www.soilia.fi)



Decagon ECRN-100 tippimittarit:  
sadanta sekä valunta viherkatoista

Decagon 5TE sensorit:  
kasvualustan kosteus, lämpötila

2 m<sup>2</sup>

10 cm

valunnan  
mittauskampanjoita  
kanisterein

Heinäkuu 2015



# KOEVIHERKATTOJEN PERUSTAMINEN:

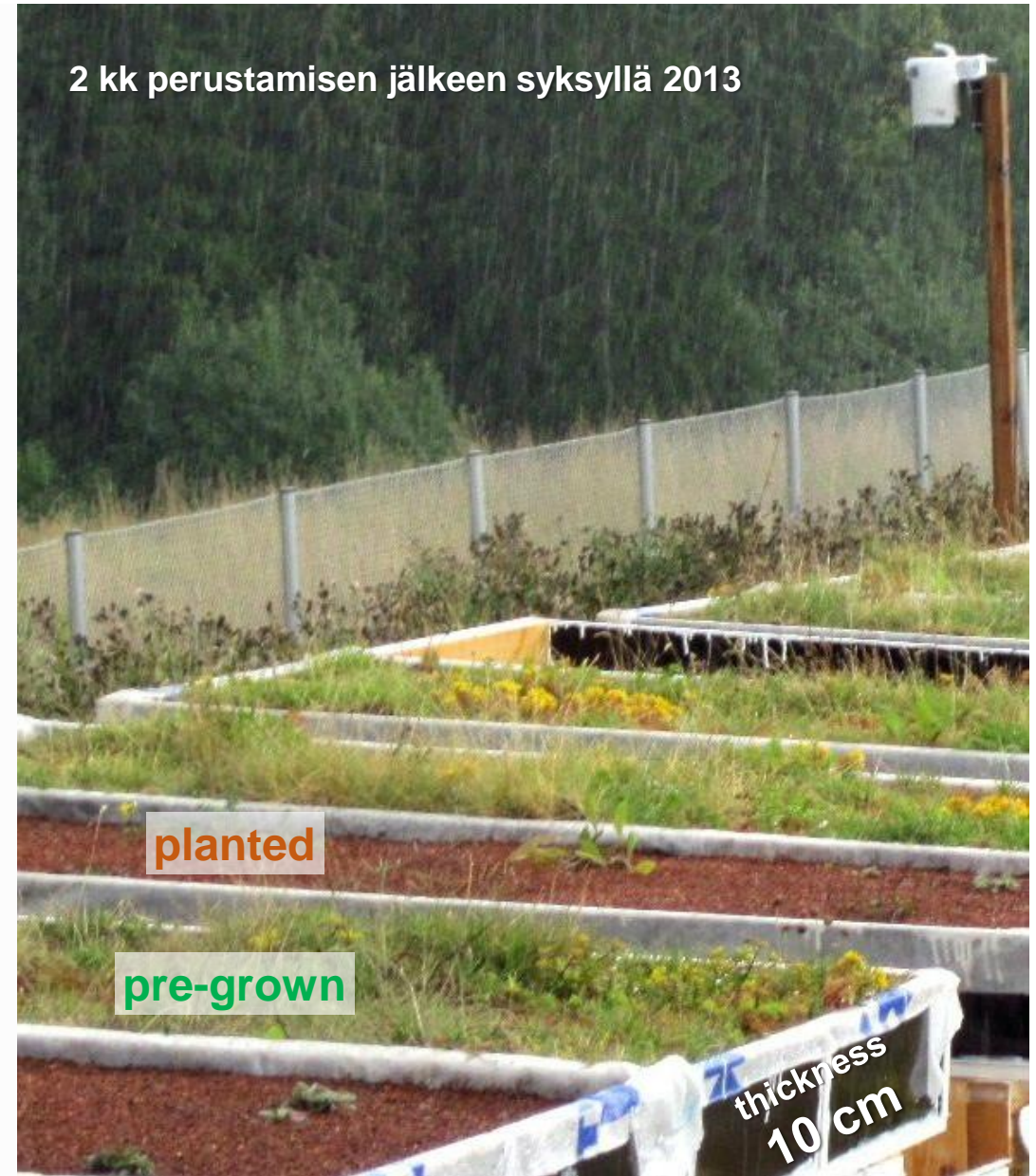
## Kasvillisuus

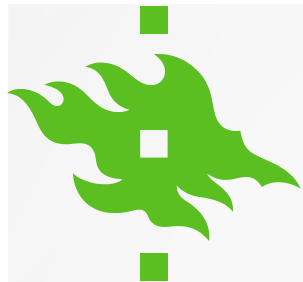
- a) taimet ja siemenkylvö ”**planted**”  
(suomalaisia niittykasvien siemeniä)
- b) esikasvatetut, Ruotsista tuodut niitty-  
maksaruoho –matot, ”**pre-grown**”

## Kasvualusta

- tiilimurska (85%), komposti (5%), turve (5%), kuorihake (5%)
  - prosentit osuuksina tilavuudesta

2 kk perustamisen jälkeen syksyllä 2013





# VEDEN PIDÄTTYMINEN VUOSITASOLLA 60-70 %

(toistomittaus Anova;  $F = 67.94$ ,  $p < 0.001$ )

**taimi-/siemenkylvö**katot pidättivät enemmän vettä kuin **valmismatot**



**Taimi-/siemenkylvö “planted”**

10 % peittävyys ensimmäisenä vuonna (2014),  
sittemmin 50-60 % peittävyys

**Valmismatot “pre-grown”**

Aina lähes 100 % peittävyys

Valmismatoissa oleva kangas ja tiheä kasvillisuus pitivät tiilimurska-kasvualustan kosteampana ja lämpötilavaihtelun vähäisempänä verrattuna taimi-/siemenkylvökattoihin, joissa evapotranspiraatio siis suurempi → sateiden välillä kylvökattoihin syntyi enemmän tilavuutta varastoida seuraava sade



# KYLMÄ VUODENAIKA EI HAITANNUT VIHHERKATTOJEN HYDROLOGISTA TOIMINTAA

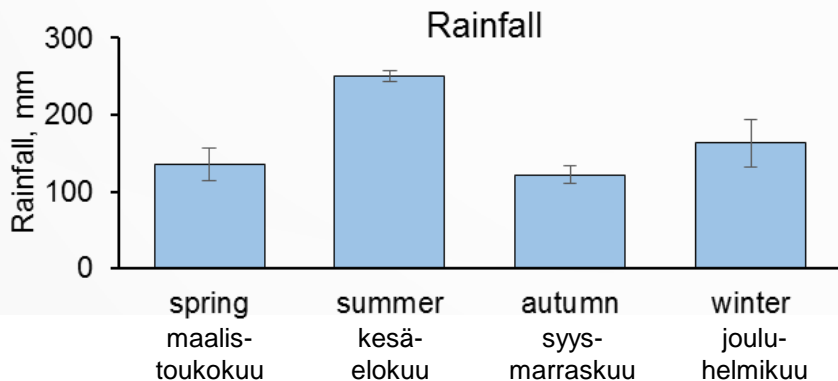
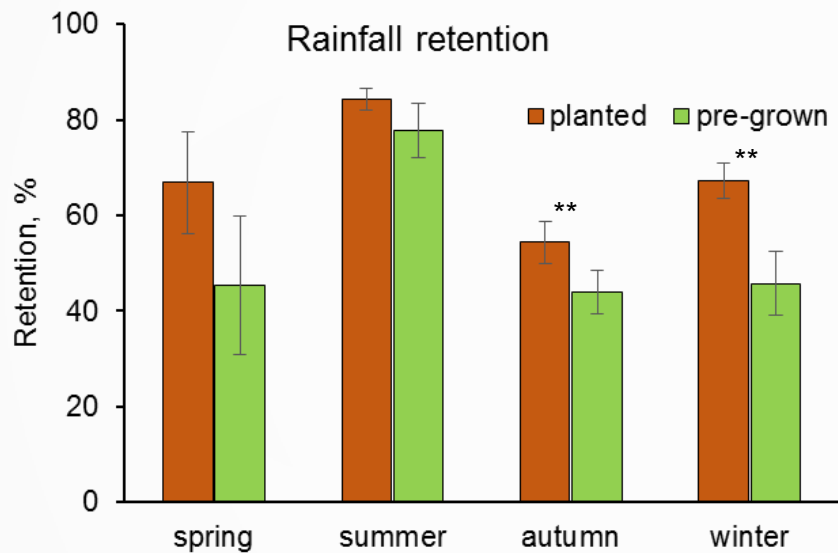
1.9.2013-31.8.2016

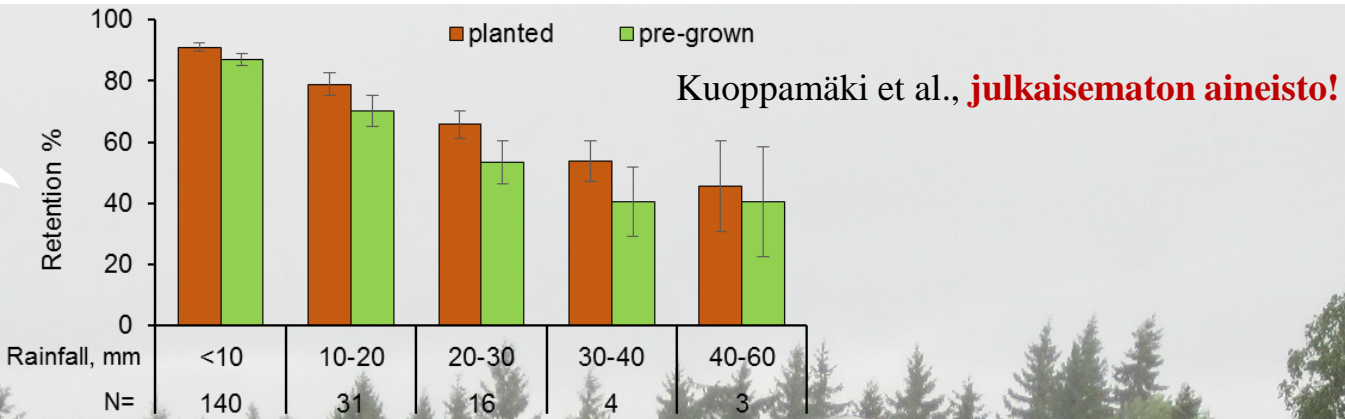
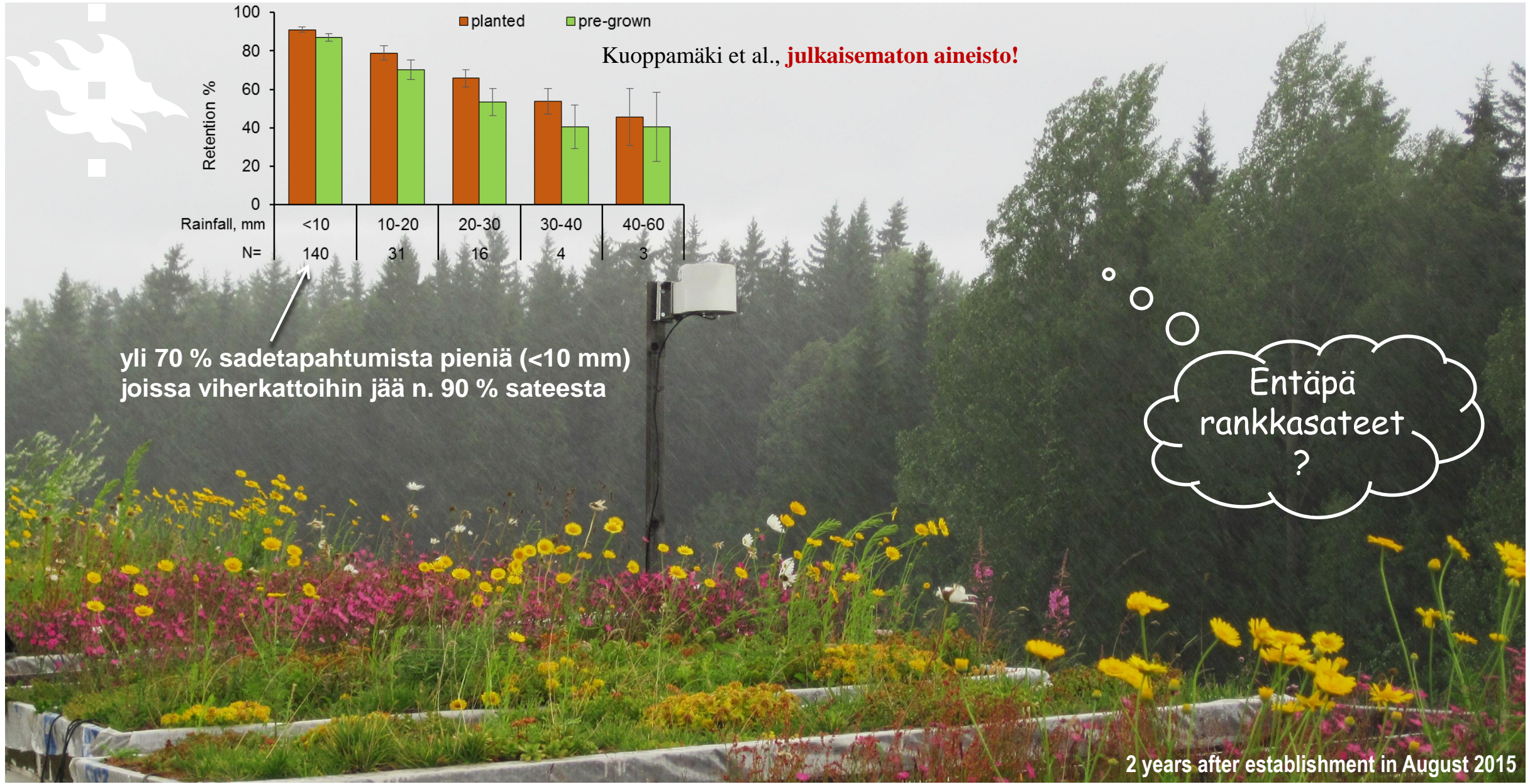
Kuoppamäki et al., **julkaisematon aineisto!**

Vuodenaikojen välillä merkitsevä ero

(Anova;  $F = 62.14$ ,  $p < 0.001$ ), paras pidätyskyky kesällä (Tukey;  $p < 0.001$ ) joka sateisin vuodenaika

Taimi/kylvökatot pidättivät enemmän sadetta, erityisesti syksyllä ( $F = 10.52$ ,  $p = 0.005$ ) ja talvella ( $F = 14.72$ ,  $p = 0.002$ ). Keväällä ja kesällä ei (merkitsevää) eroa.

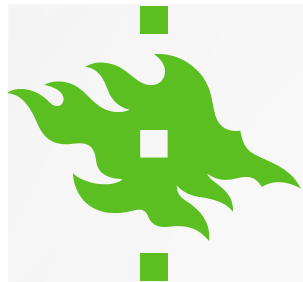




yli 70 % sadetapahtumista pieniä (<10 mm) joissa viherkattoihin jää n. 90 % sateesta

Entäpä rankkasateet ?

2 years after establishment in August 2015



# HULEVESITULVAN HALLINTA VIHERKATOILLA?

Viherkatot  
vain osa  
ratkaisua

yle UUTiset Lahti

Uutiset + Urheilu + Osallistu Sää + Tuoreimmat

UUTiset > LAHTI


## Lahti 18.9.2015

Lahti 18.9.2015 klo 13:24

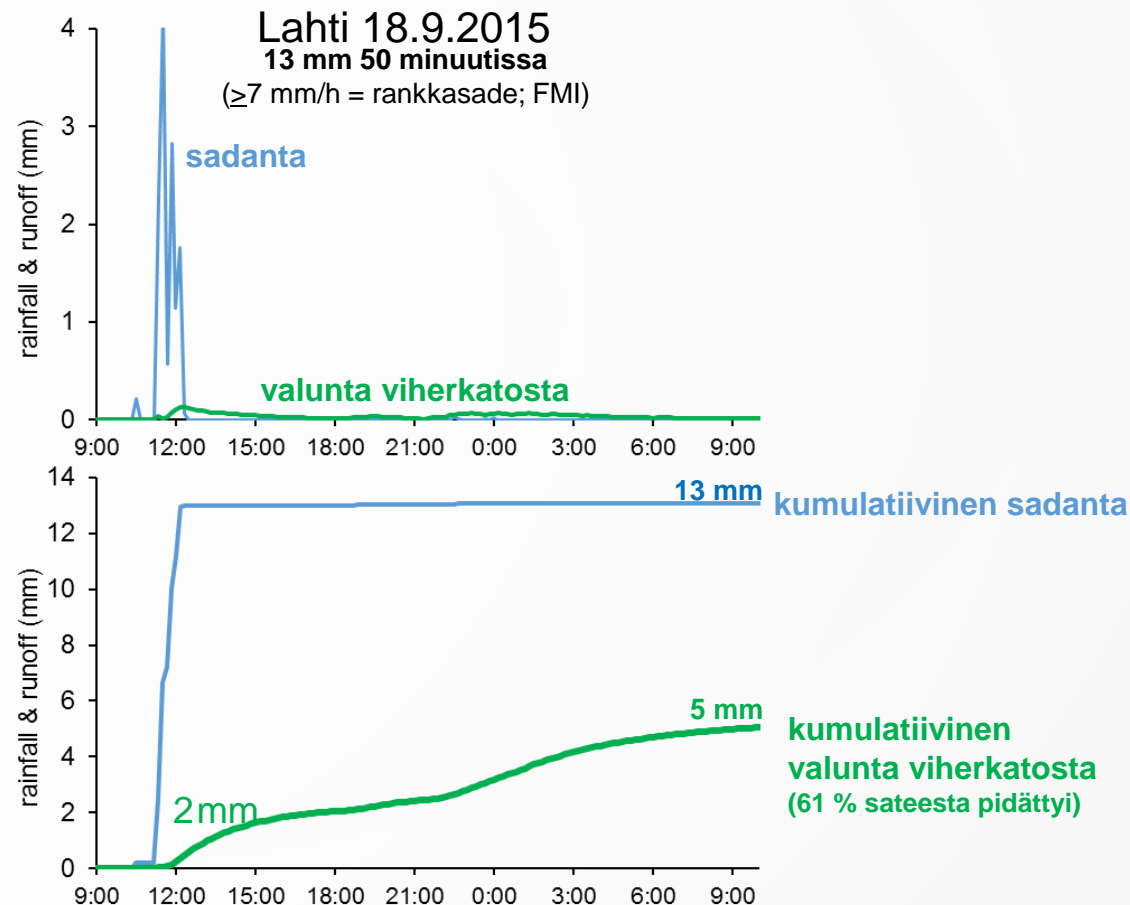
### Vesi tulvii Lahden keskustassa

Rankkasade on aiheuttanut tulvia Lahden keskustaan. Myös alikulkutunneleissa voi olla suuria vesilätäköitä.

Suosittelut 6 henkilöä suosittelee tätä. Ole kavereistasi ensimmäinen.



Kuva: Yle



Kuoppamäki et al., **julkaisematon aineisto!**



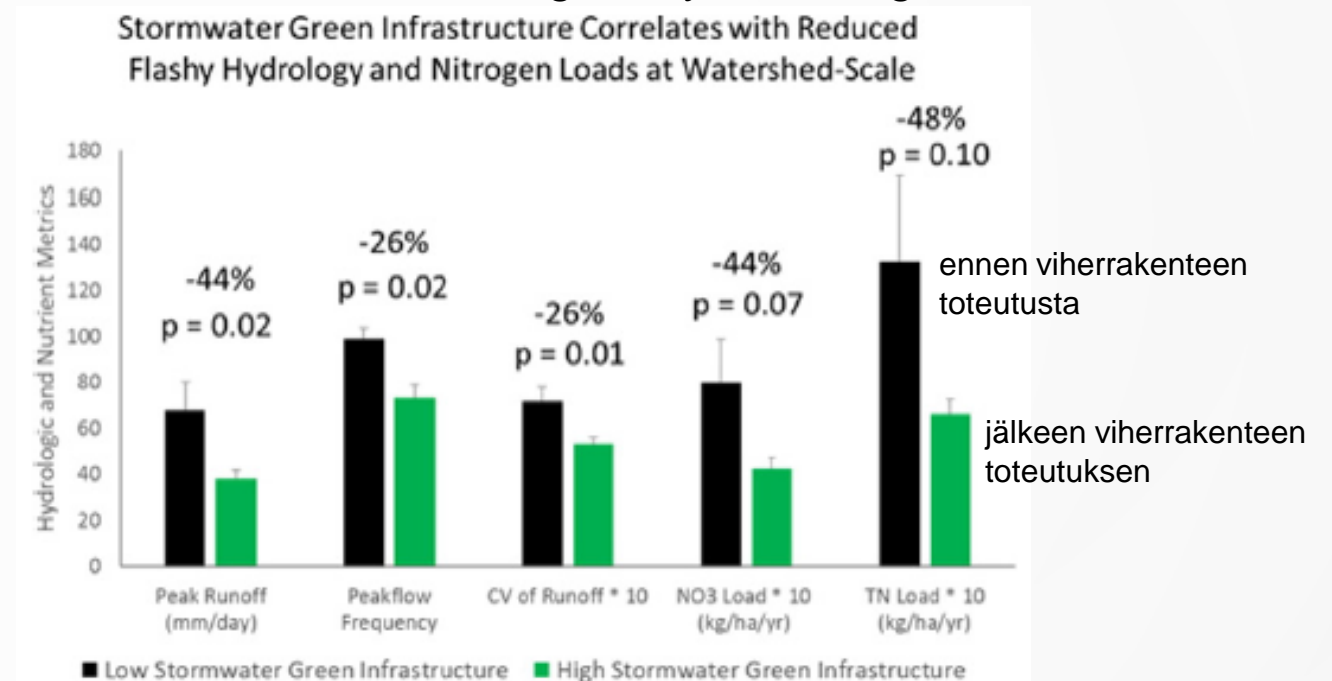
# MAAILMALLA VIHERRAKENNE HULEVESIEN HALLINNASSA JO ARKIPÄIVÄÄ

Valuma-alueella vihreä hulevesi-infrastruktuuri

- vähentää huleveden määrää
- alentaa virtaamahuippuja
- pienentää typpikuormitusta

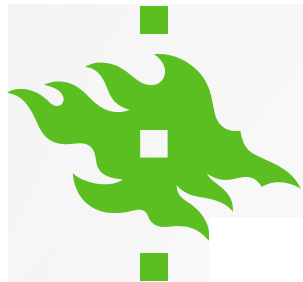
→ rohkaisevia uutisia hulevesien hallinnasta vastaaville!

Baltimore, Montgomery, Washington DC



Pennino et al. 2016. Sci. Tot. Env. 565: 1044-1053





# HULEVEDEN MÄÄRÄLLINEN HALLINTA

## BIOSUODATUS JA VIHERRAKATTO PARHAITA, KOSTEIKKO HEIKOIN

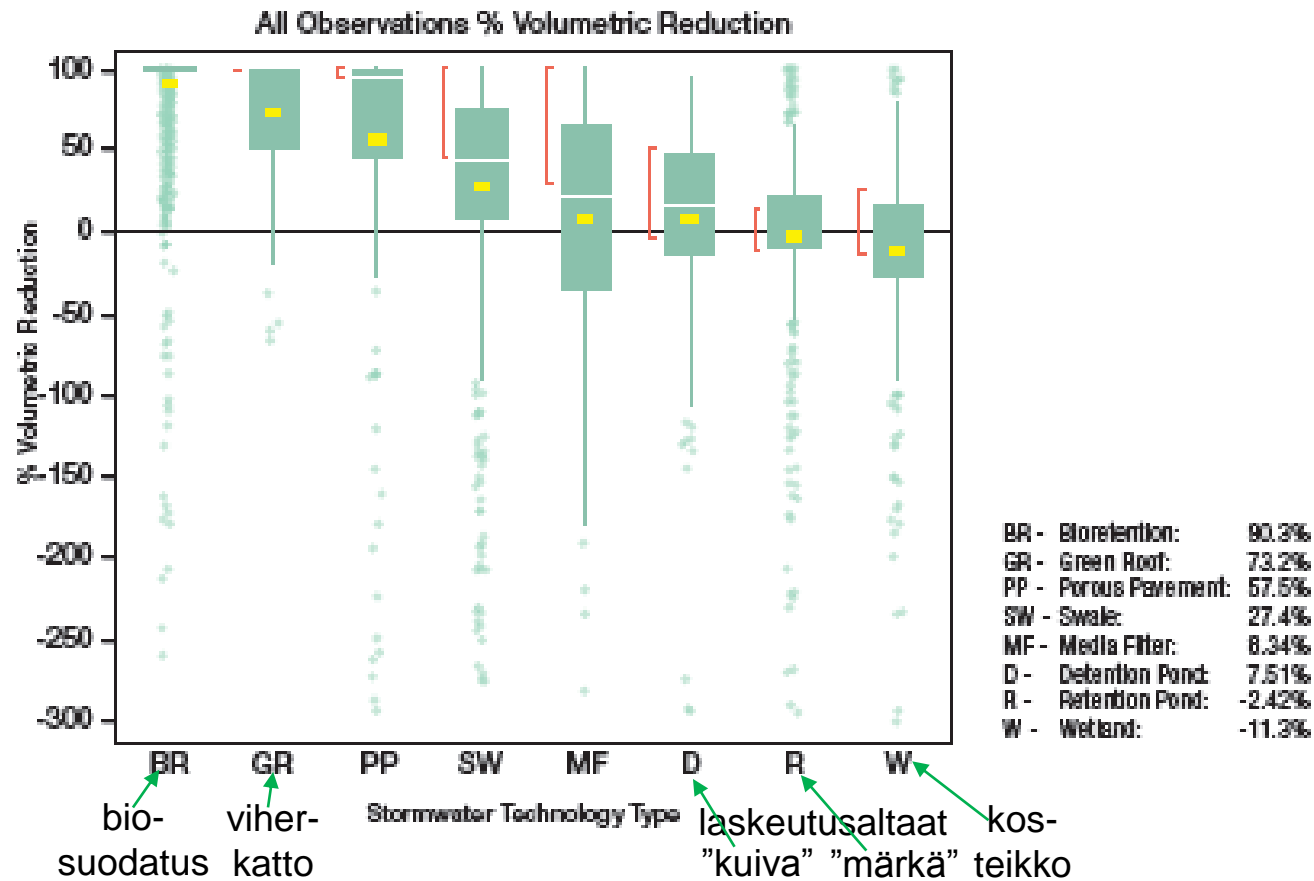


Figure 3. Summary of volumetric stormwater capture, loss and leakage by technology, summarized as percent volume reduction of inflowing water. The values shown are of performance by individual events.

Driscoll et al. 2015. Green infrastructure: lessons from science and practice. A publication of the Science Policy Exchange.

### Biosuodatusrakenne:

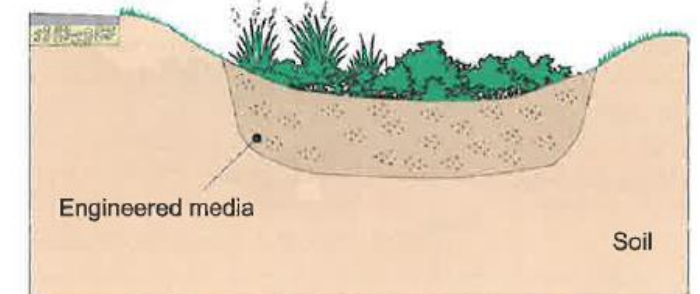


Fig. 4.14 Typical bioinfiltration (rain garden) cross section

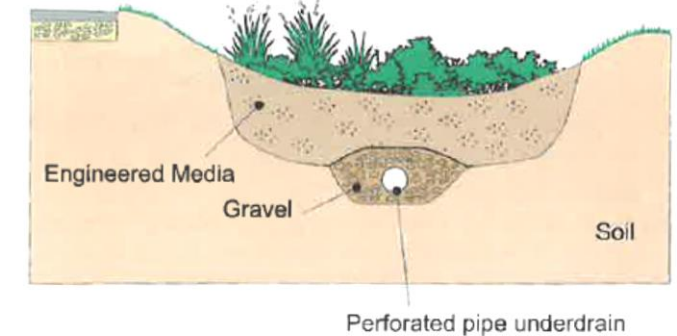
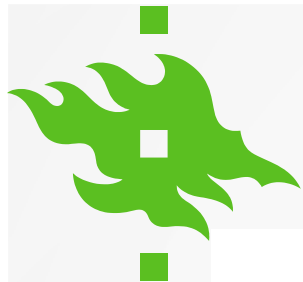


Fig. 4.15 Typical bioinfiltration system cross section

Erickson et al. 2013. Optimizing stormwater treatment practices. A handbook of assessment and maintenance. Springer



# HULEVEDEN LAADULLINEN HALLINTA

## BIOSUODATUS PARAS, VIHHERKATTO HEIKOIN

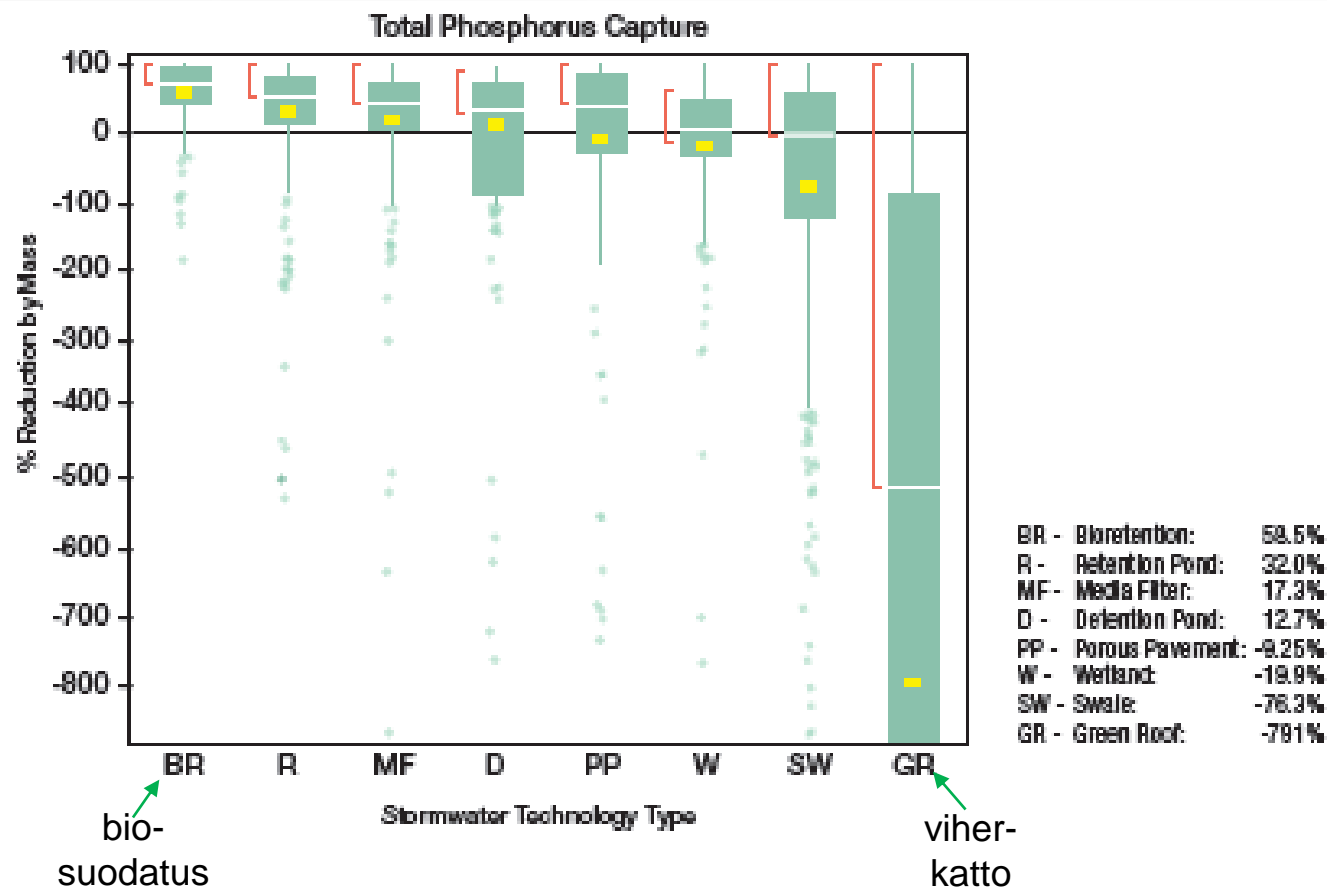


Figure 9. Summary of stormwater capture, loss and leakage of the mass of total phosphorus by technology. The values shown are the average of performance by event observations.

Driscoll et al. 2015. Green infrastructure: lessons from science and practice. A publication of the Science Policy Exchange.

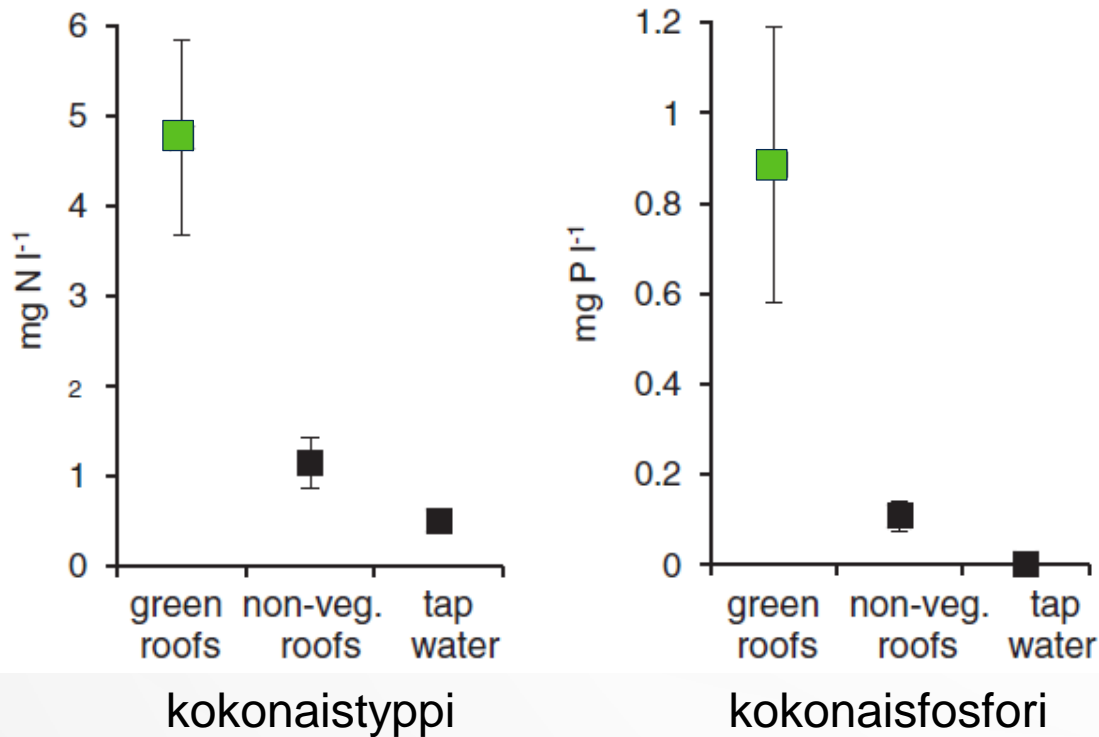




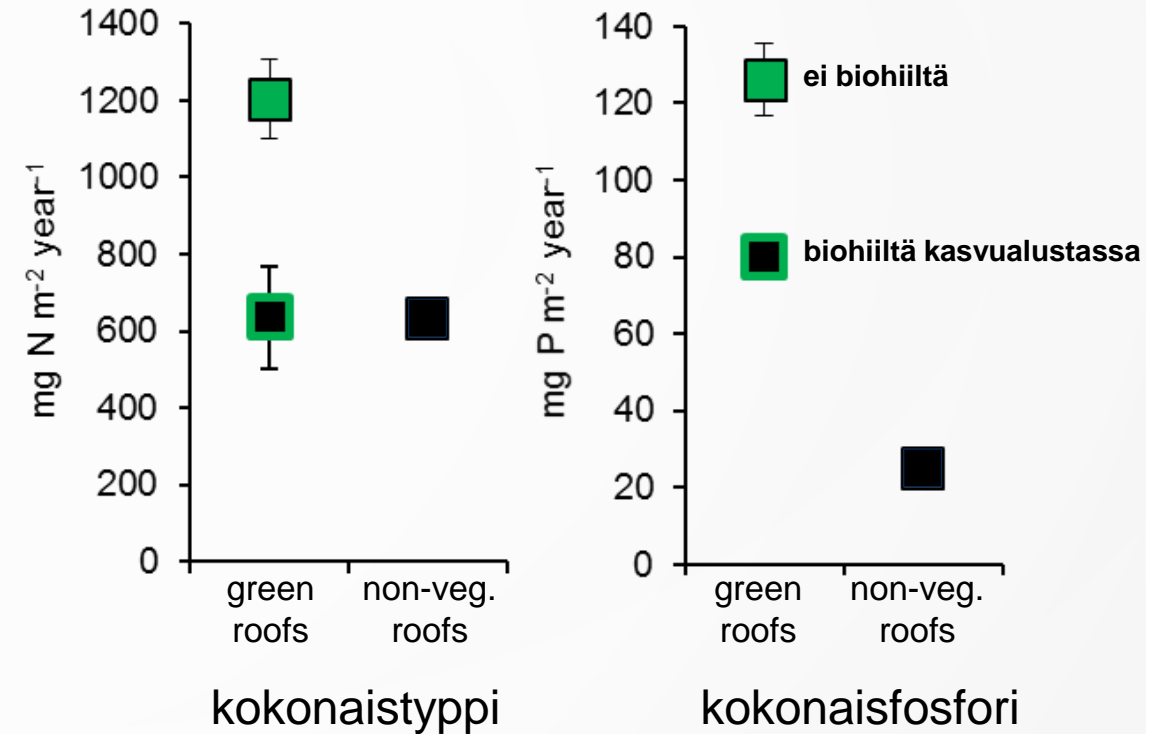
# RAVINTEIDEN HUUHTOUTUMINEN VIHERKATOISTA

Satunnaisesti valittuja kattoja pääkaupunkiseudulla  
(konsentraatiot valumavedessä)

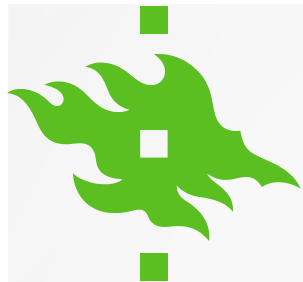
*K. Kuoppamäki, S. Lehvävirta / Landscape and Urban Planning 152 (2016) 39–48*



Koeviherkatot Lahdessa  
(vuosikuormitus)

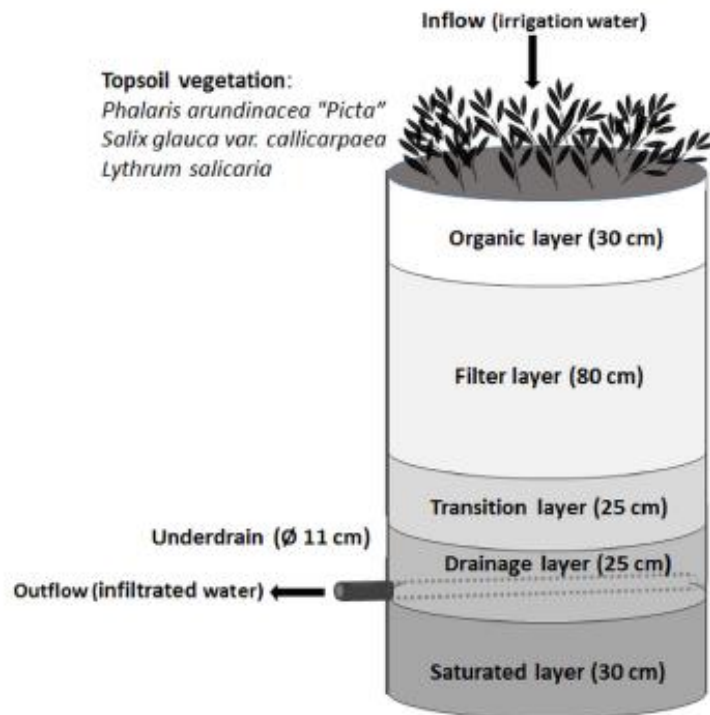


Kuoppamäki et al. 2016; Landscape Urban Plann. 152: 39-48



# BIOSUODATUS

Kasvit  
tärkeitä!



- Hulevesien sekä määrällinen että laadullinen hallinta:
- lähes 100 % fosforista
- 0-47 % typestä
- 82-96% Cu, Zn
- 70-90% Al
- Kasvit olennaisia varsinkin veden imeytymisen kannalta

Fig. 2. Schematic presentation of the soil layers (depth in cm) in a vegetated biofiltration system constructed in a lysimeter. Organic layer – a mixture of 50% peat and compost and 50% sand (0–2 mm), filter layer – sand (0–2 mm), transition layer – gravel (2–6 mm), drainage layer – gravel (8–16 mm), saturated layer – gravel (16–32 mm). Organic layer: pH 7.0, P 9.1 mg/L, Ca 1400 mg/L, K 80 mg/L, Mg 200 mg/L, bulk density 1.26 kg/L. Infiltration water samples were taken from the underdrain.

Valtanen et al. 2017; Ecol. Eng. 100: 89-98



Lysimetrlaitos "Soilia", Lahti



# UUSIA, KOKONAISVALTAISIA (LUONTOPERUSTAISIA) RATKAISUJA

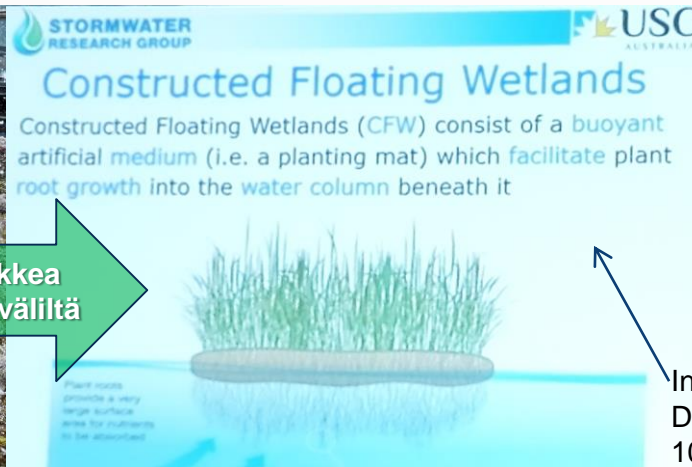
- Hulevesien keskitettyä hallintaa kritisoidaan yhä enenevässä määrin: ei kestävällä pohjalla (urbanisoituminen jatkuu, ilmastonmuutos jne.) → oppia luonnontilaisesta hydrologiasta
- Ajatusmaailma, käsitteet uusiksi – ei tapahdu hetkessä. . . tarvitsee aikaa mutta muutos voi tapahtua hyvin nopeasti kun olosuhteet lopulta valmiit

Larsen et al. 2016; Science 352: 928-933.

- Luontoperustaiset ratkaisut: muitakin hyötyjä kuin hulevesien hallintaa

## → MONITOIMINNALLISUUS!

- kaupunkialueiden viihtyisyys, esteettisyys
- ihmisten terveys
- alueen, kiinteistöjen arvo
- ilmanlaatu
- hiilen sidonta
- melu, lämmöneristys (viherkatot)
- biodiversiteetti



International Conference on Urban Drainage (ICUD) –kongressissa 10-15.9.2017 nähtyä...





Vantaa 21.9.2017



- Ainakin eteläisen Suomen ilmastossa, kylmässäkin, hulevesiä voi hallita viherrakenteilla
- Mutta pitää ymmärtää miten moisia tehdään (kasvualustan materiaalit!) ettei ainakaan aiheuteta uusia vesistökuormituksen lähteitä

Viides ulottuvuus – viherkatot osaksi kaupunkia

[helsinki.fi/fifth-dimension](https://helsinki.fi/fifth-dimension)

Urban Ecosystems

[helsinki.fi/urbanecosystems](https://helsinki.fi/urbanecosystems)



Rahoittajat:



Uudenmaan liitto  
Nylands förbund



SUOMEN AKATEMIA



MAA- JA VESITEKNIIKAN TUKI