



Aalto University
School of Science
and Technology

Metsät osana veden kiertoa

Harri Koivusalo

Aalto-yliopisto

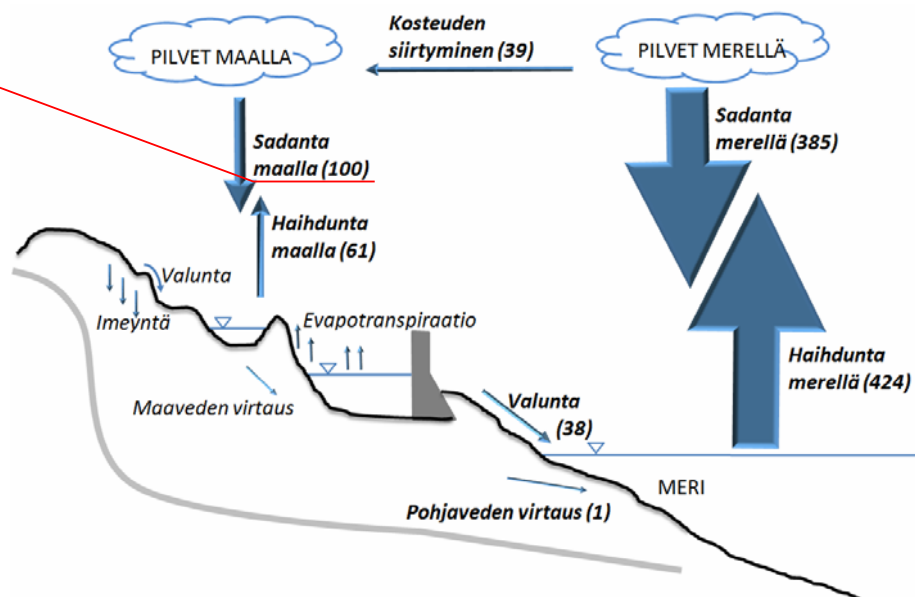
Insinööritieteiden korkeakoulu

Yhdyskunta ja ympäristötek. laitos



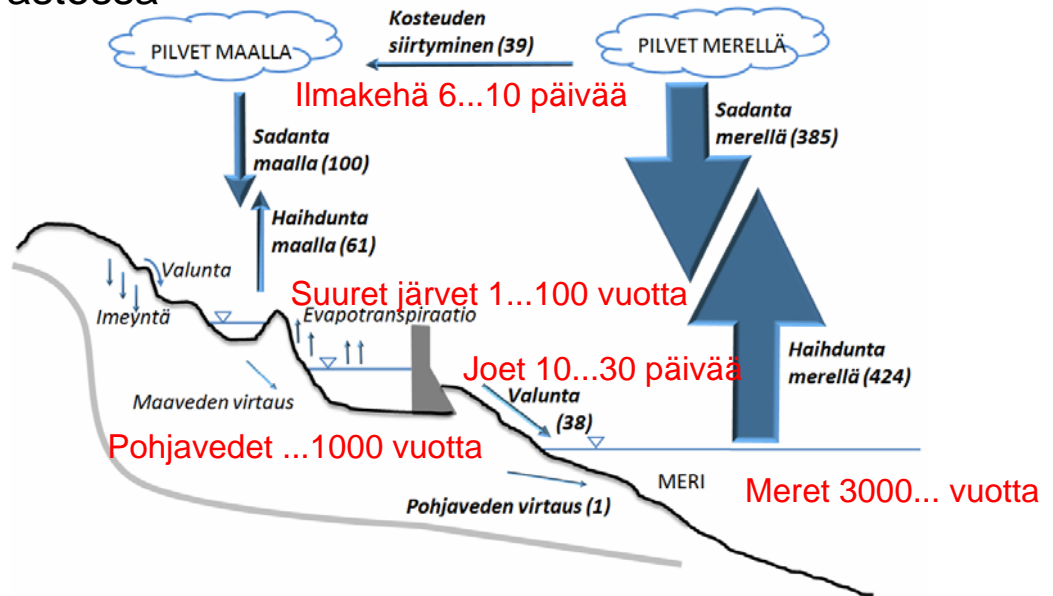
Veden globaali kierto

Yksiköt
suhteessa
sadantaan
mantereiden
alueella



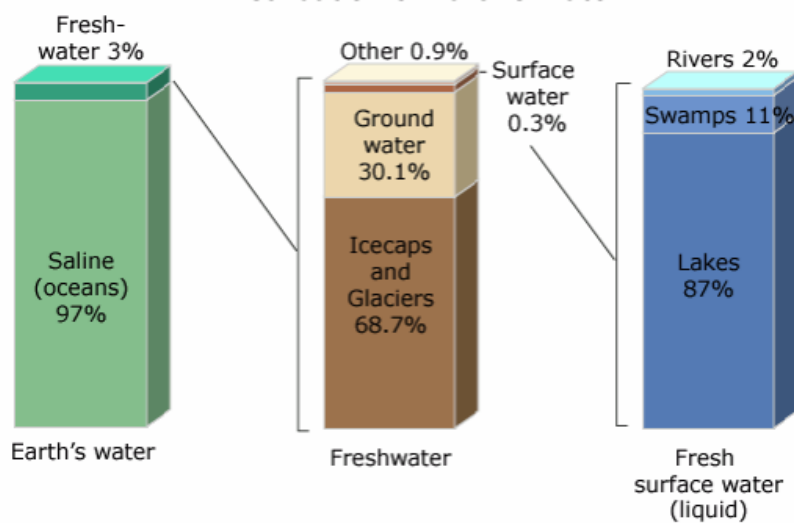
Viipymäaika

- aika jonka H₂O molekyyli keskimäärin viettää kussakin vesivarastossa



Vesivarannot

Distribution of Earth's Water



Ilmakehän vesimäärä
n. 0.04 % makean
veden määrästä

Ilmakehän vesimäärä
n.13 % makean
pintaveden määrästä

Vesitase

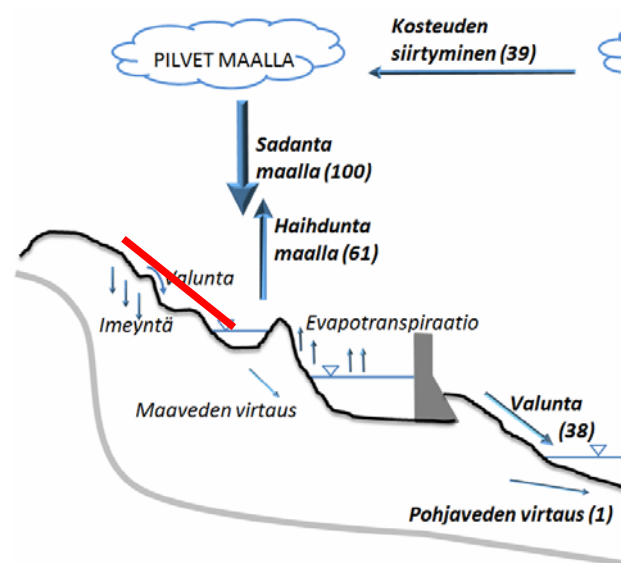
- Vesitaseen komponentit:

Sadanta =

Valunta

+ Kokonaishaihdunta

± Vesivaraston muutos

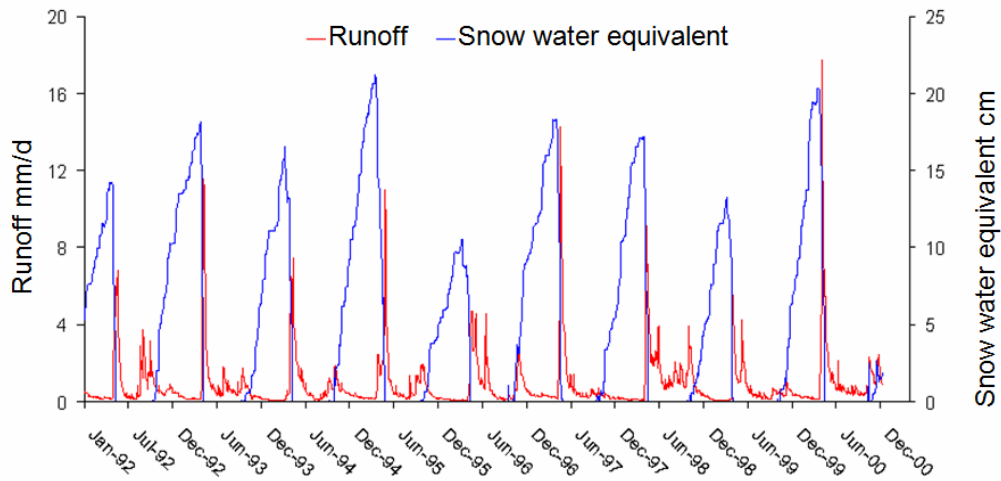


Valunnan merkitys?

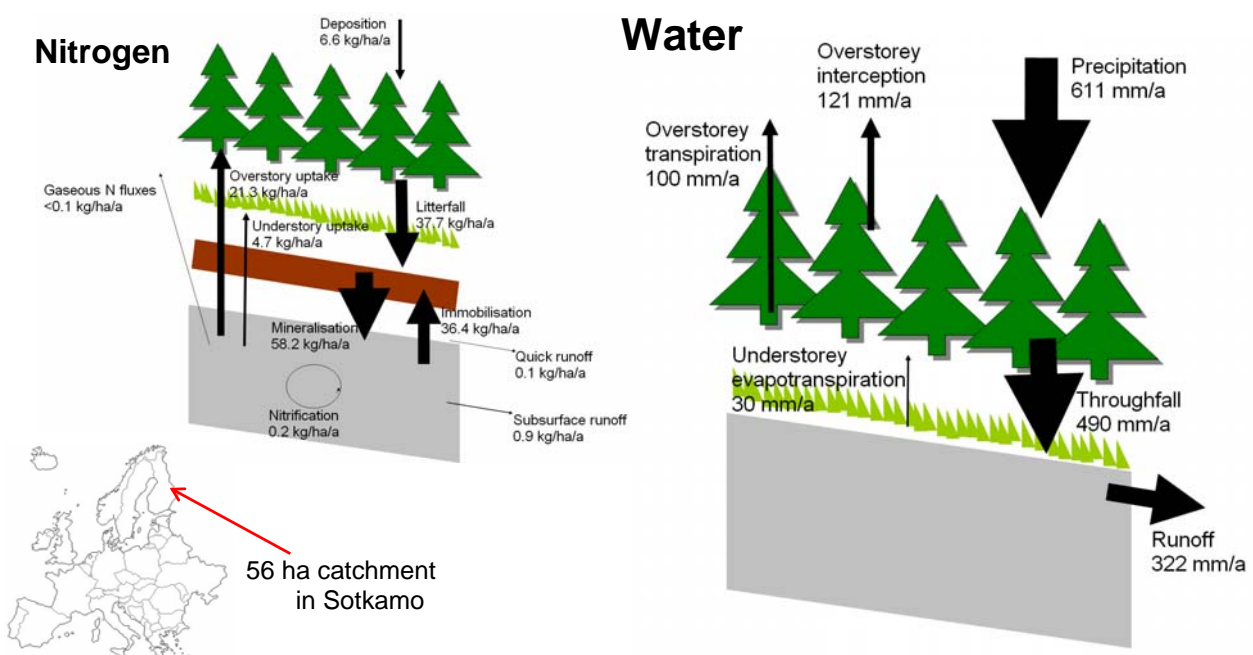
- Tulvat
 - Keski-Euroopan useasti toistuneet tulvat
 - **YK:n raportti:**
 - "In the past 20 years, 953 disasters killed nearly 88 671 people in Europe, affected more than 29 million others and caused a total of 269 US\$ billion economic losses."

Valunnan merkitys?

- Tulvat kylmillä alueilla

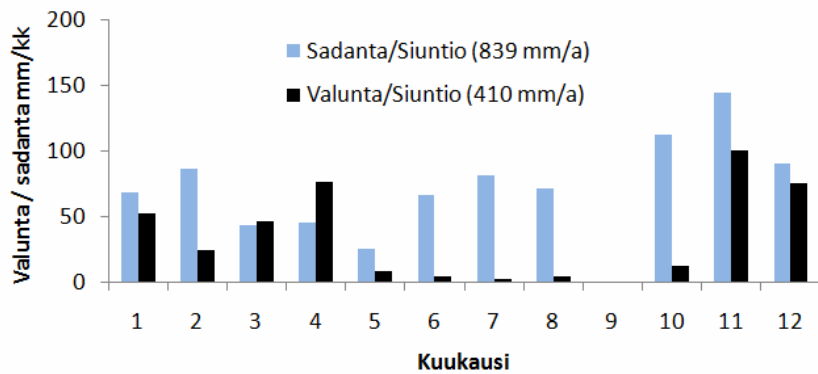
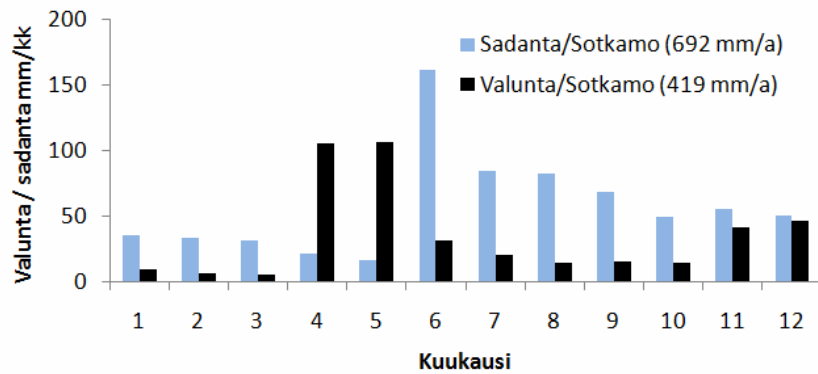


Valunnan merkitys?



Kokonaishaihdunnan merkitys?

- Vesitase Sotkamossa & Siuntiossa vuonna 2000



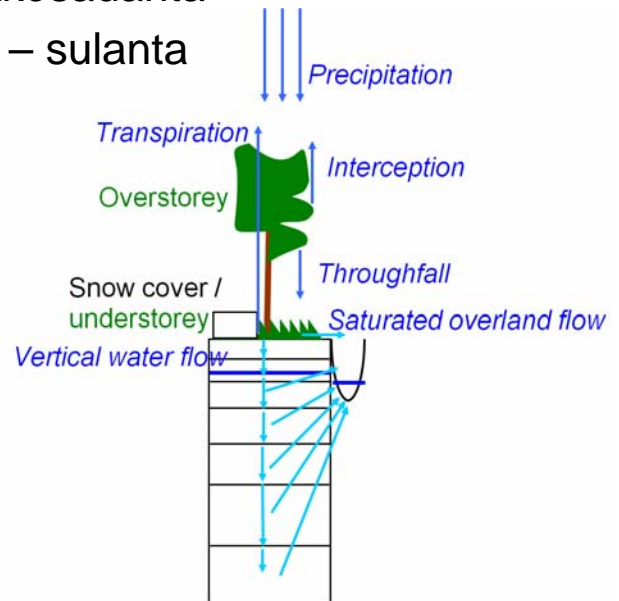
Vesitase Suomessa

	Espoo	Sodankylä
• Vuosisadanta	700 mm	600 mm
• Lumen sadanta	210 mm	270 mm
• Valunta	300 mm	350 mm
• Kokonaishaihdunta	400 mm	250 mm



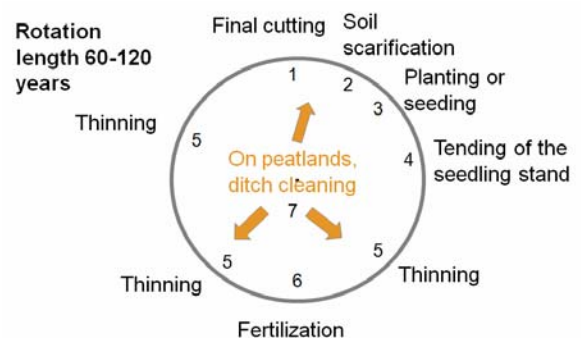
Veden kierto ja metsät

- Sadanta – interseptio – metsikkösadanta
- Lumen kertyminen – lumipeite – sulanta
- Evapotranspiraatio
- Infiltraatio – Maavedet
- Pohjavedet
- Valunnan muodostuminen
- Uomavirtaus
- Tulviminen



Metsät ja vesi – suhteen erityispiirteitä

- Puuston kiertoaika on pitkä
 - Metsän rakenteen muutokset
- Havumetsät ja lehtimetsät
- Kivennäismaat ja turvemaat
 - Soiden ojitus
- Kasvukausi ja lepokausi
 - Tärkeät hydrologiset ilmiöt kuten tulvat tapahtuvat usein kasvukauden ulkopuolella
- Metsän käsittely muuttaa veden kiertoa
 - Vain pieni osa metsäalueesta vuosittain käsittelyn alla
 - Erilaiset käsittelyt vaikuttavat eri tavoin



Metsän käsittely

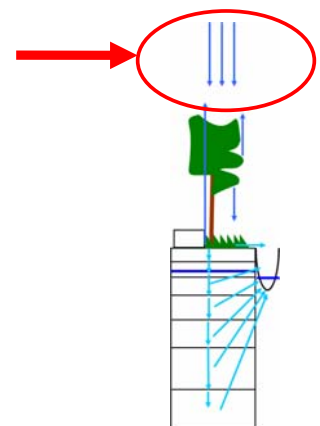
- Metsänuudistaminen
 - Päätehakkuu
 - Maanmuokkaus
 - Istutus
- Ojitus
 - Kunnostusojitus
- Pienempi vaikutus
 - Harvennus
 - Lannoitus



Sadanta

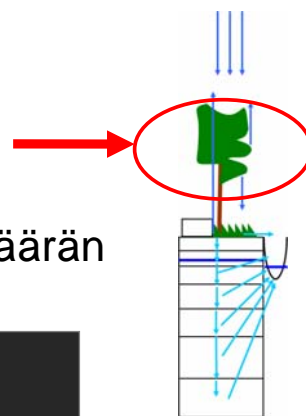
- Paljonko sataa? Vettä vai lunta?

Lumen
kulkeutuminen
mosaiikkimaisella
metsikkökuvioiden
rikkomalla alueella



Interseptio – latvuspikäntä

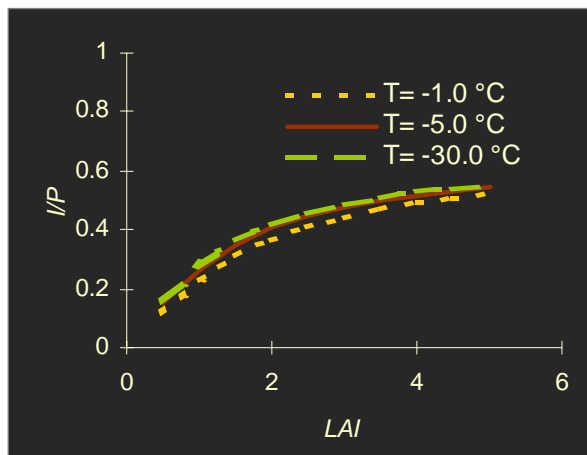
- Havupuustolatvus voi pidättää merkittävän määrän sadannasta



I on interseptio

P on sadanta

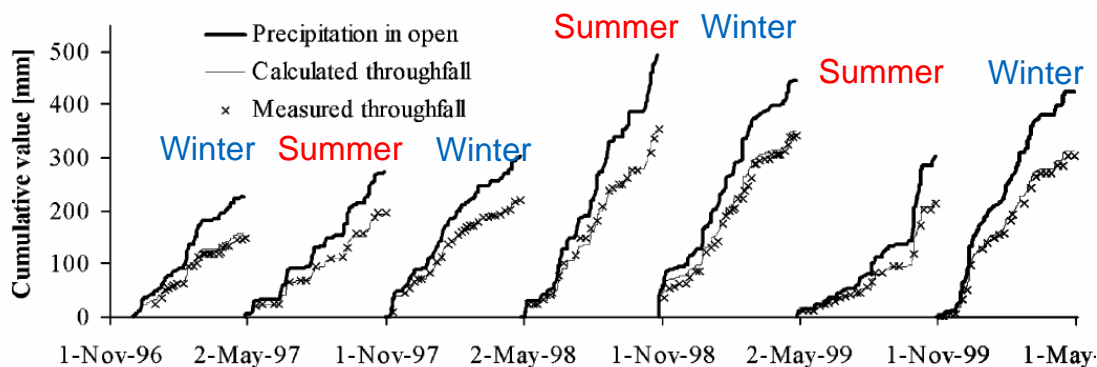
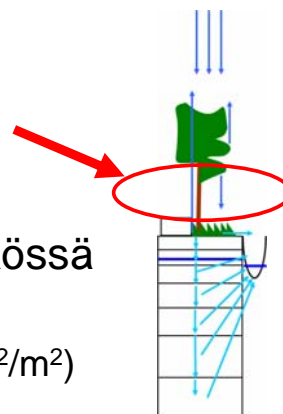
T on ilman lämpötila



Metsikkösadanta

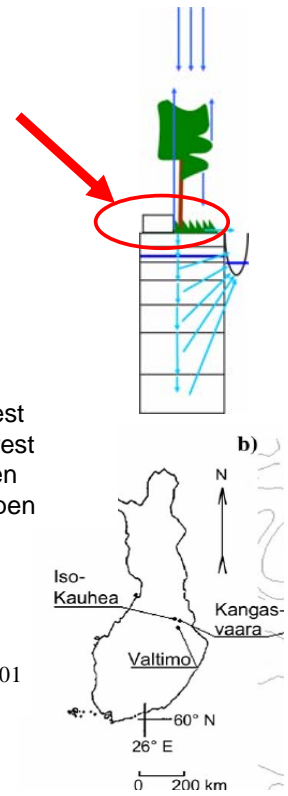
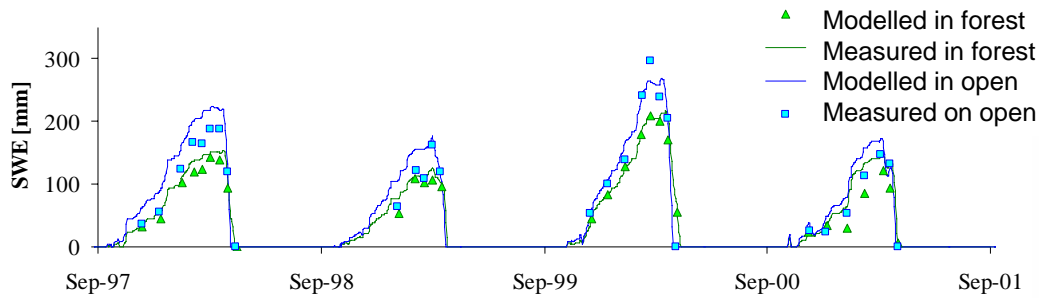
- Sekä vesisade että lumisade muuttuvat metsikössä interseption vaikutuksesta

– Häviö 26-29% kuusimetsässä Siuntiossa ($LAI = 4 \text{ m}^2/\text{m}^2$)



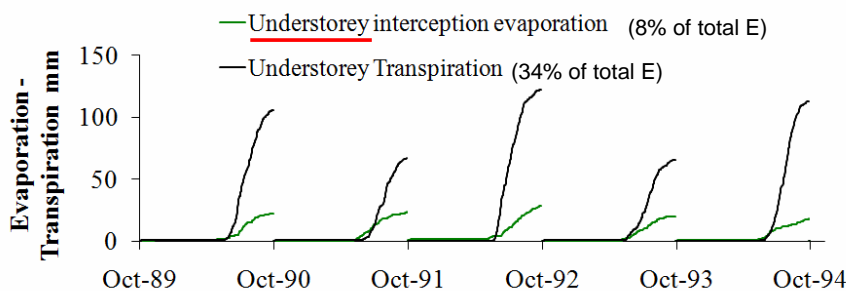
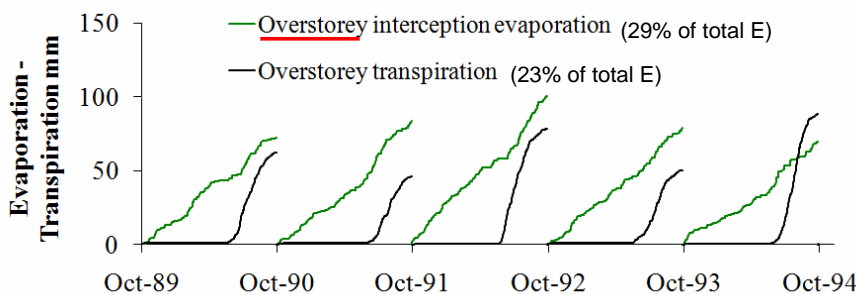
Lumen kertyminen ja sulanta

- Lunta kertyy vähemmän metsään (266 m³/ha kuusikko) kuin aukealle
- Sulanta on hitaampaa metsässä kuin aukealla

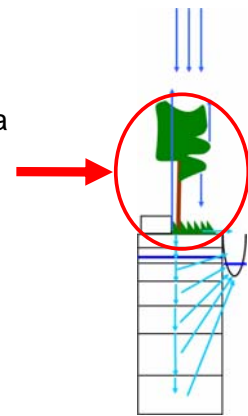


Evapotranspiraatio

7 mäntymetsikkökuviota (30-50 m³/ha)

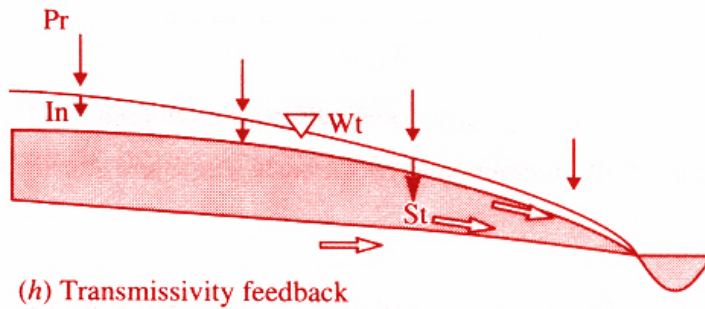
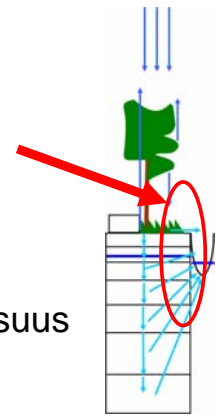


- Miten haihdunta jakautuu kasvillisuuskerrosten välillä?
- Metsän käsittely vaikuttaa sekä puuston että aluskasvuston haihduntaan.



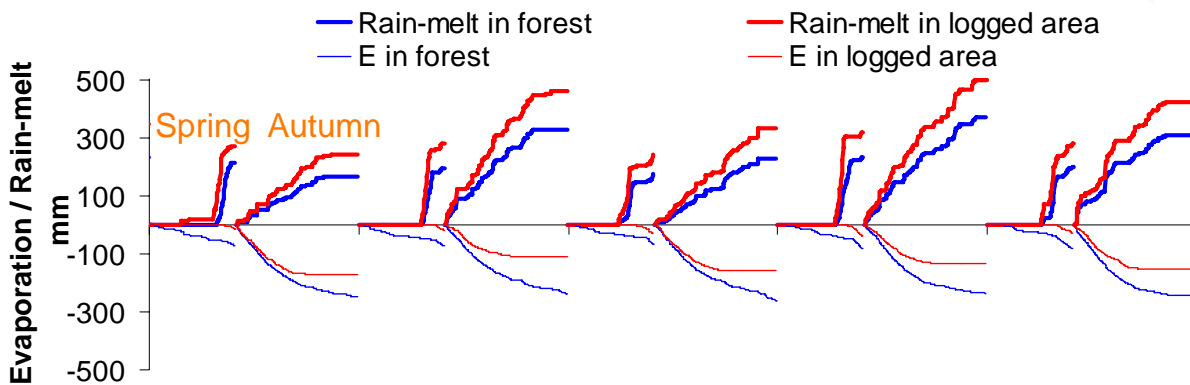
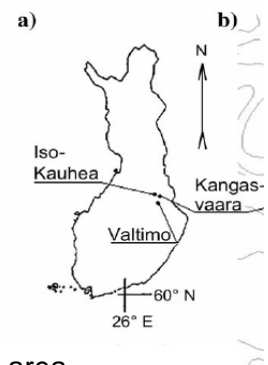
Valunnan muodostuminen

- "Transmissivity feedback" – mekanismi
 - Transmissiviteetti =
hydraulinen johtavuus * vettäjohtavan kerroksen paksuus
- "Preferential flow" – oikovirtaukset



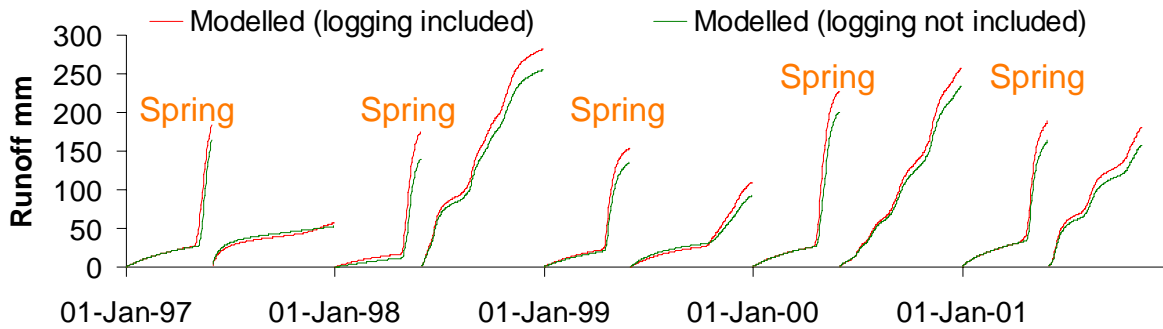
Hakkuiden vaikutus valunnan muodostumiseen

- Avohakkuu Kangasvaaran valuma-alueella Sotkamossa



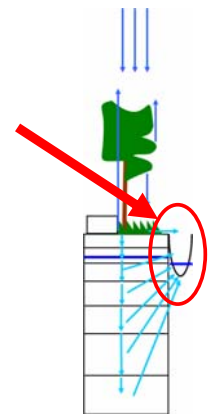
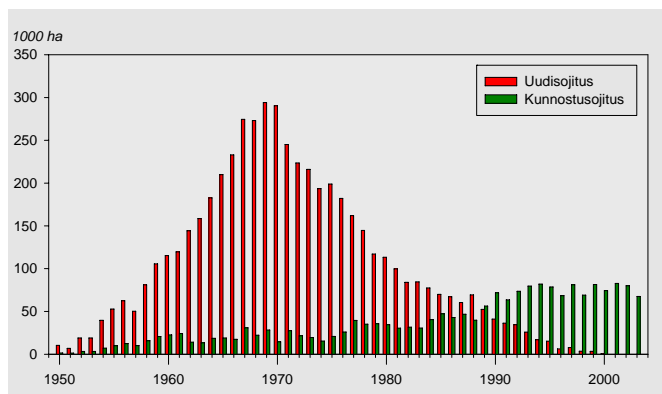
Avohakkuun vaikutus valuntaan

- 35 % valuma-alueesta (56 ha) hakattiin ja seurauksena
 - Kevään maksimivirtaama aikaistui 3-5 päivää
 - Valunnan kokonaismäärä lisääntyi 14 %



Kuivatus

- Noin puolet Suomen 9 milj. suohehtaarista ojitettu

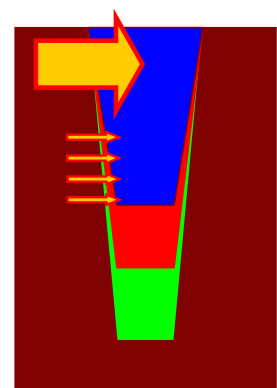
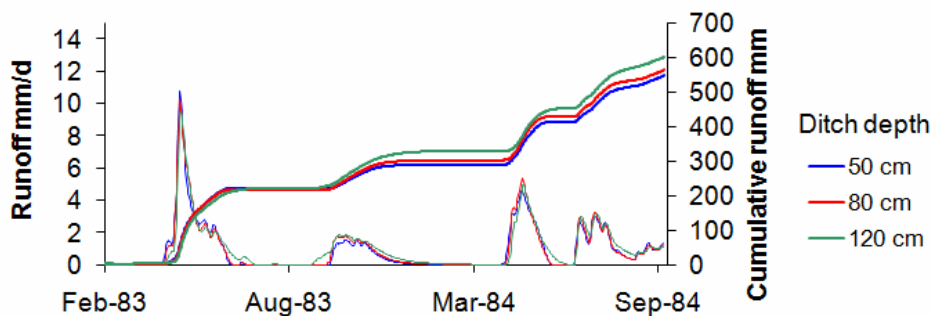


Ojituksen vaikutus valuntaan

- Erisuuntaisia vaikutuksia
- Suuret linjat
 - Lyhytaikaiset vaikutukset
 - Valunta kasvaa
 - Kasvilajisto muuttuu
 - Pitkäaikaiset vaikutukset
 - Valunta vähenee jos puusto elpyy ja kasvaa
 - Valunta pysyyn suurentuneella tasolla jos puuston kasvu on huono tai jos pohjavesivalunta on lisääntynyt

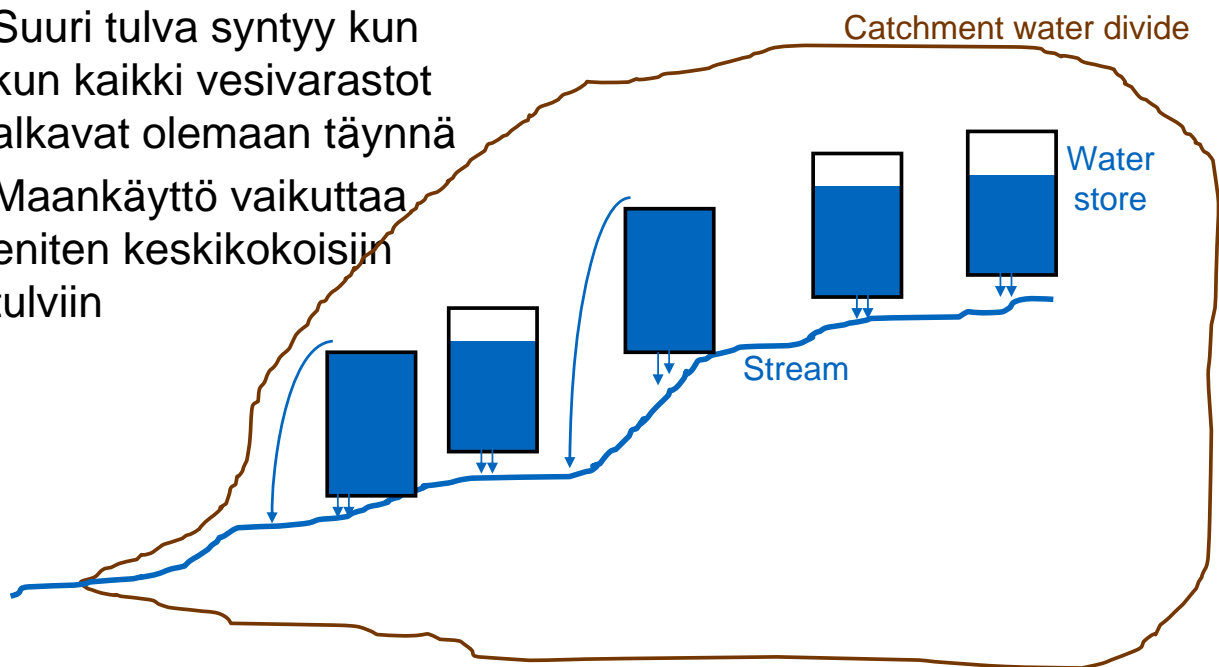
Kunnostusojituksen vaikutus valuntaan

- Kunnostusojituksella pienempi vaikutus valuntaan kuin uudisojituksella



Tulvan muodostumisen konseptualisointi

- Suuri tulva syntyy kun kun kaikki vesivarastot alkavat olemaan täynnä
- Maankäyttö vaikuttaa eniten keskikokoisiin tulviin

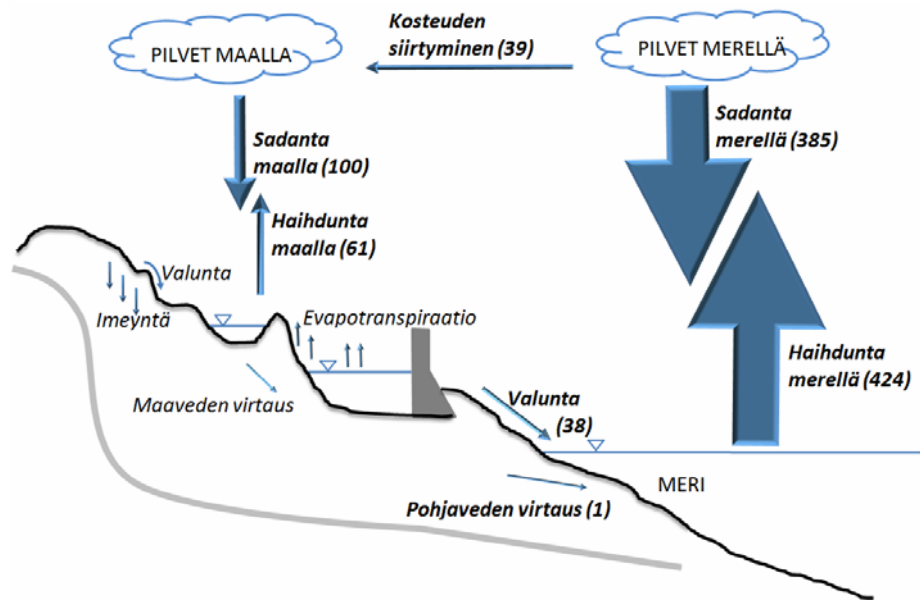


Metsät ja tulvat

- Metsittäminen on tulvasuojelua
 - Suurempi puusto \Rightarrow vähemmän valuntaa
 - Avohakkuu lisää valuntaa
 - Onnistunut kuivatus on tulvasuojelua
 - Kuivatus ilman puuston kasvun elpymistä lisää valuntaa
- Tehokas varautuminen suurtulviin kytkeytyy vesistöjen yhteydessä tehtäviin toimenpiteisiin
- Metsätalouden vaikutus suuriin tulviin on rajallinen

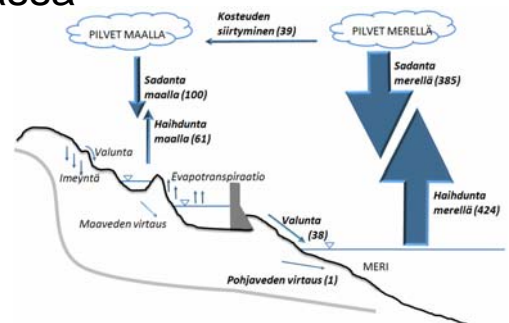
Takaisin veden kiertoon

- Vesi ei häviä kierrosta
- Onko metsien pinta-alan muutoksilla vaikutusta?



Metsät veden kierrossa – lopputulemat

- Lokaalissa mittakaavassa metsittäminen yleensä vähentää valuntaa
 - Tulos muuttuu jos puusto ei voi hyvin
 - Tulos esiin jos muutoksia tapahtuu suuremmalla pinta-alalla kuin 15-20% valuma-alueesta
 - Metsittäminen voi lisätä sadantaa ja valuntaa esim. saarilla
- Metsän vaikutus laajassa mittakaavassa
 - Pienet muutokset metsäpinta-alassa eivät näy globaalissa vesitaseessa
 - Kasvihuonekaasut, erityisesti vesihöyry
 - Albedo, säteilytase



Relevantteja viitteitä

- Jordan RE, Andreas EL, Makshtas AP. 1999. Heat budget of snow-covered sea ice at North Pole 4. *Journal of Geophysical Research* 104, C4, 7785–7806
- Laine-Kaulio, H. 2011. Development and Analysis of a Dual-Permeability Model for Subsurface Stormflow and Solute Transport in a Forested Hillslope. Doctoral Dissertations 71/2011. Aalto University.
- Korkalainen T, Laurén A, Koivusalo H, Kokkonen T. 2008. Impacts of peatland drainage on the properties of typical water flow paths determined from a digital elevation model *Hydrology Research* 39, 359-368
- Starr M, Päivänen J. 1981. The influence of peatland forest drainage on runoff peak flows. *Mires and Peat*, 32: 79-84.
- Schüller G. 2006. Identification of Flood-generating *Forest Areas and Forestry*. Measures for Water Retention. *Forest Snow and Landscape Research* 80, 99-114.
- Dirmeyer PA, Brubaker KL, Del Sole T. 2009. Import and export of atmospheric water vapor between nations. *Journal of Hydrology* 365, 11-22.
- Garcia-Santos G, Marzol MV, Aschan G. 2004. Water dynamics in a laurel montane cloud forest in the Garajonay National Park (Canary Islands, Spain). *Hydrol. Earth System Sci.* 8, 1065-1075
- Gates, LD, Liess S. 2001. Impacts of deforestation and afforestation in the Mediterranean region as simulated by the MPI atmospheric GCM. *Global and Planetary Change*, 30, 309-328.
- van Dijk & Keenan. 2007. Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management* 251, 1-9
- Koivusalo, H., Ahti, E., Laurén, A., Kokkonen, T., Karvonen, T., Nevalainen, R., Finér, L. 2008. Impacts of ditch cleaning on hydrological processes in a drained peatland forest. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 1211-1227.
- Koivusalo, H., Kokkonen, T., Laurén, A., Ahtiainen, M., Karvonen, T., Mannerkoski, H., Penttinen, S., Seuna, P., Starr, M. & Finér, L. 2006. Parametrisation and application of a hillslope hydrological model to assess impacts of forest clear-cutting on runoff generation. *Environmental Modelling and Software* 21: 1324-1339.
- Koivusalo, H., Hökkä, H., Ahti, E., Sarkkola, S., Marttila, H., Nieminen, M., Laurén, A. 2009. Role of vegetation cover in the water balance of a drained forested peatland in southern Finland. In: Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M., Starr, M. (eds.) 6th International Symposium on Ecosystem Behaviour BIOGEMON 2009, Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 128: 136.