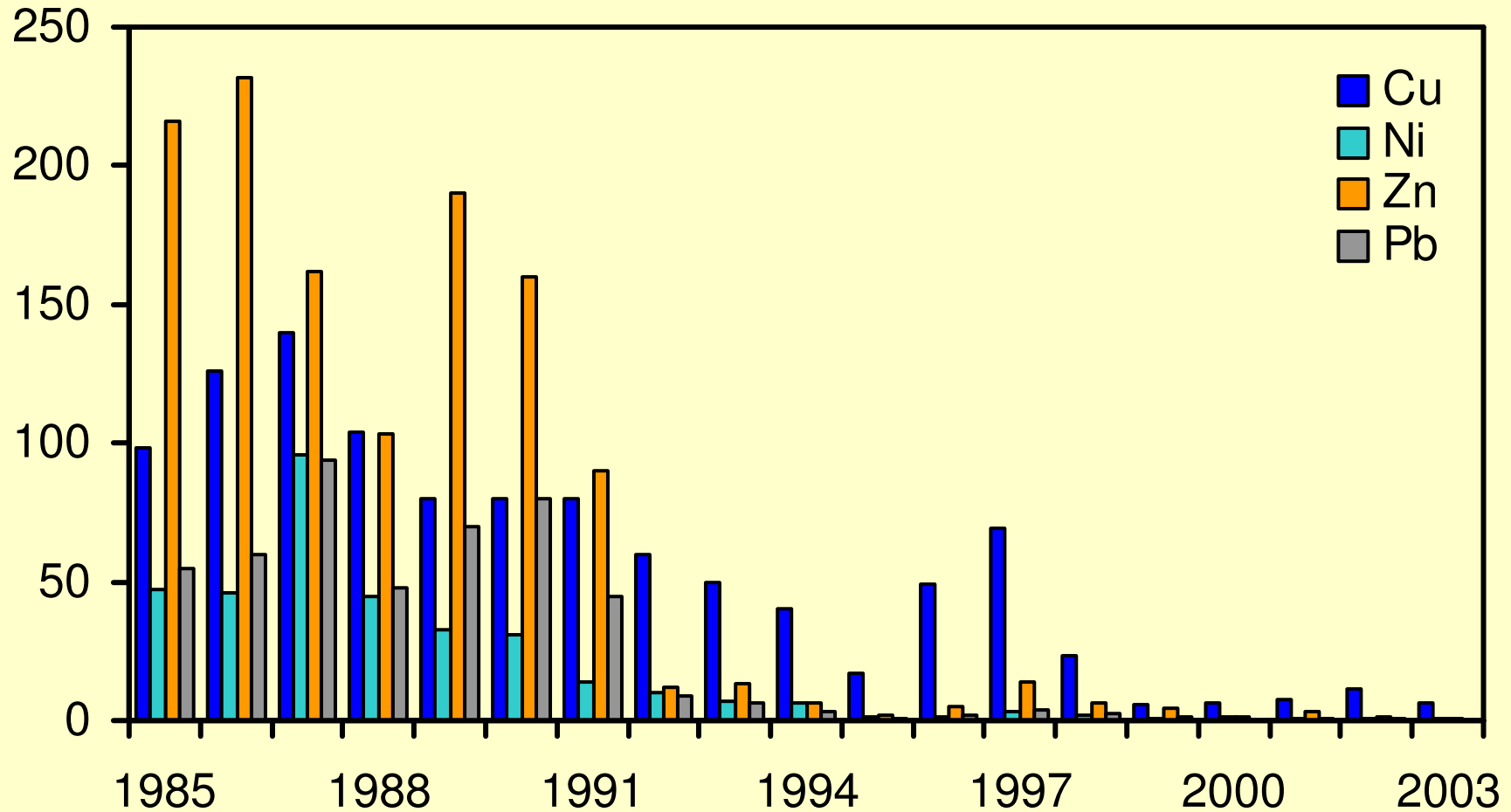


Harjavallan sulaton raskasmetallipäästöt

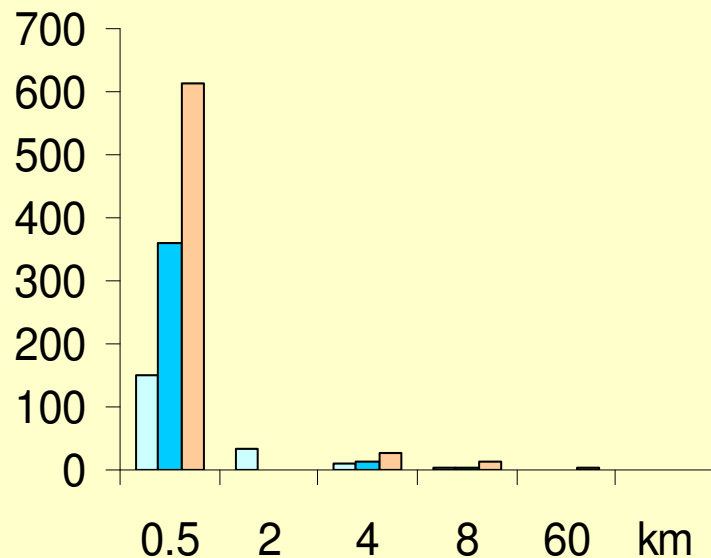
Mg vuodessa



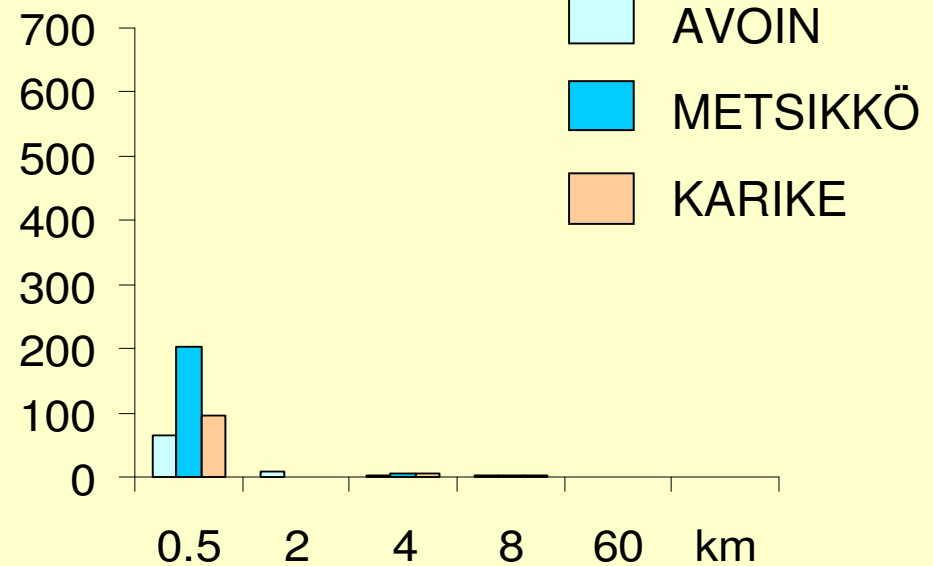
Outokumpu Oy

Keskimääräinen vuosilaskeuma Harjavallan tutkimusgradientilla vuosina 1992-1998

Cu, mg m⁻²



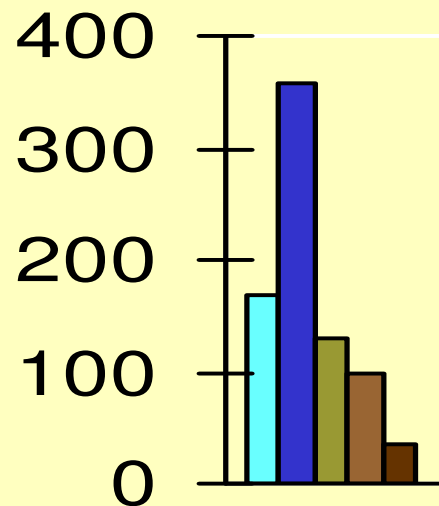
Ni, mg m⁻²



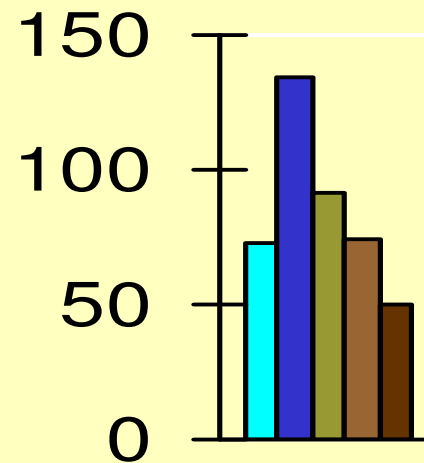
Nieminen & Saarsalmi 1998

Avoimen paikan sadannan (BP), metsikkösadannan (TF) ja vajoveden keskimääräiset vuotuiset Cu- ja Ni-määrät 0,5 km koemetsikössä vuosina 1992-1996

Cu, mg m⁻²

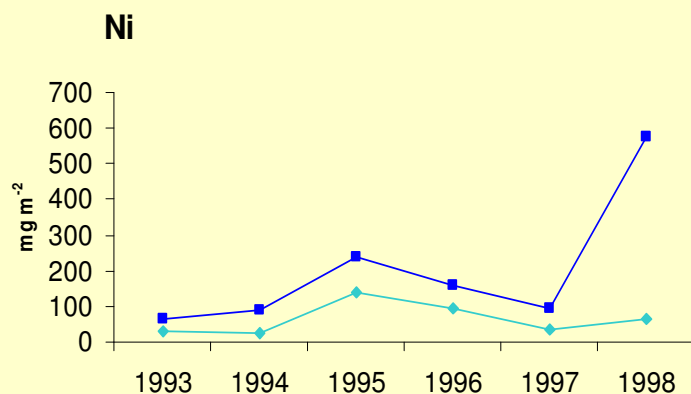
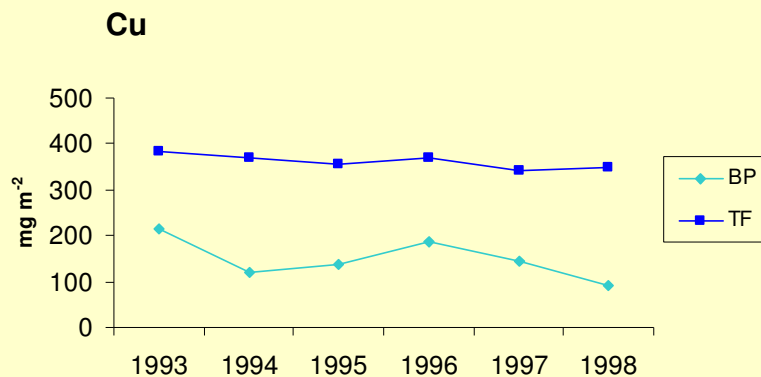


Ni, mg m⁻²



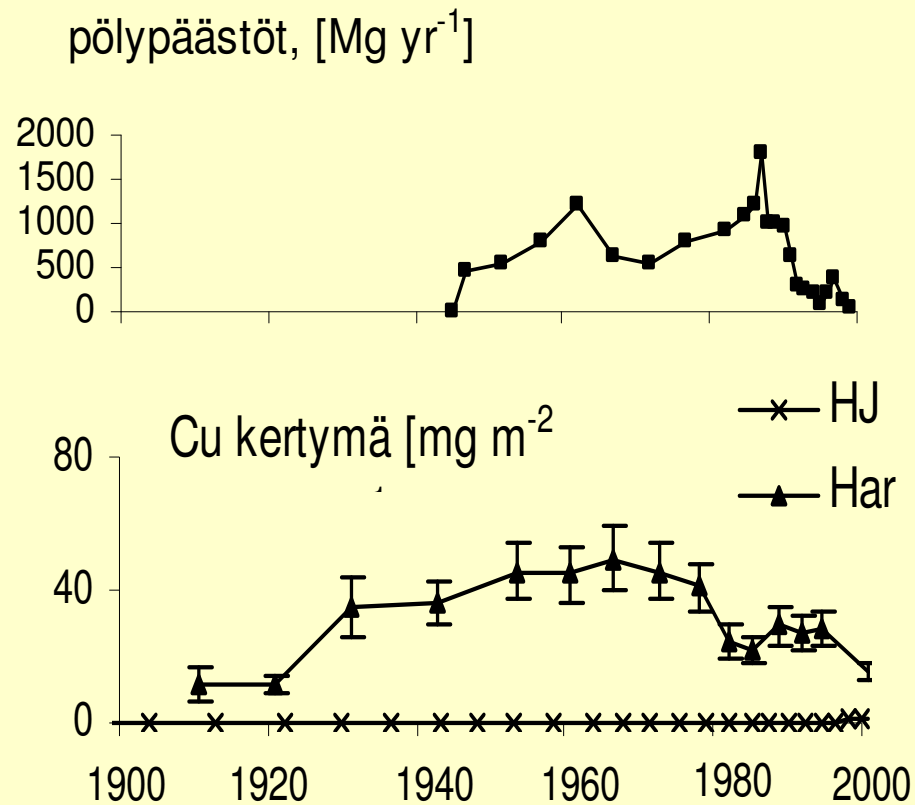
Derome & Nieminen 1998

Avoimen paikan sadannan (BP) ja metsikkösadannan (TF) Cu- ja Ni-määrät 0,5 km koemetsikössä



Derome 2000

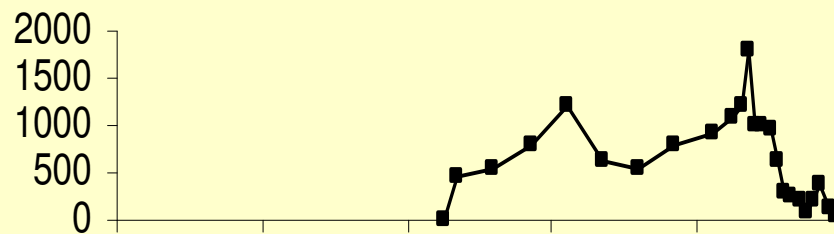
Turpeen Cu-kertymäsarja Harjavalta



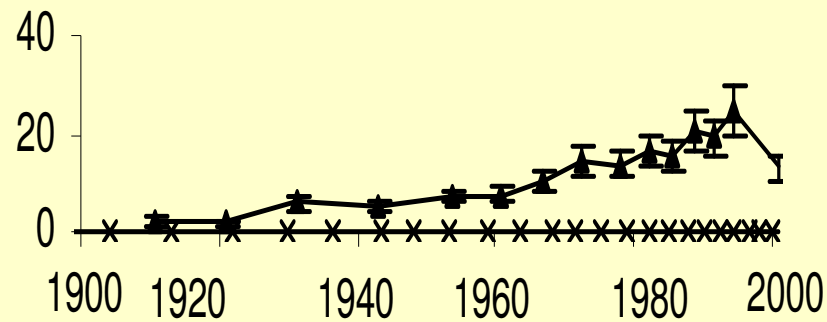
Rausch et al. 2005

Ni-kertymäsarja Harjavalta

pölypäästöt, [Mg yr⁻¹]



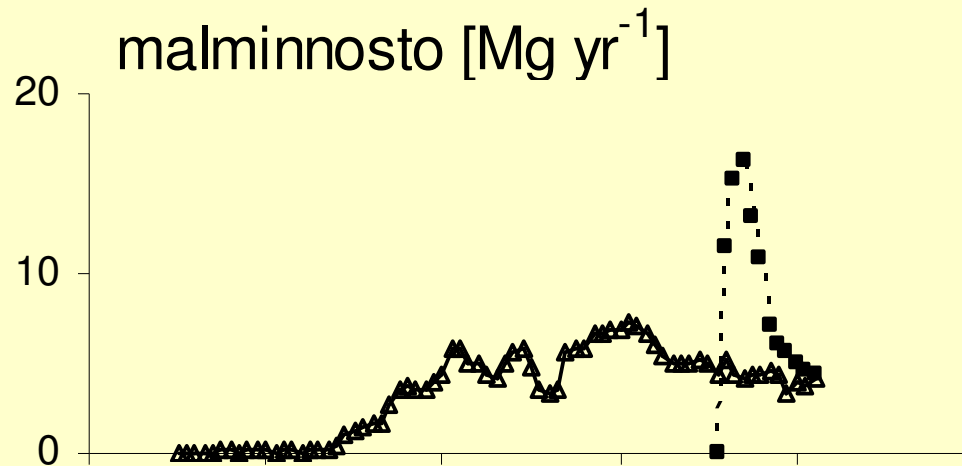
Ni-kertymät [mg m⁻² yr⁻¹]



Rausch et al. 2005

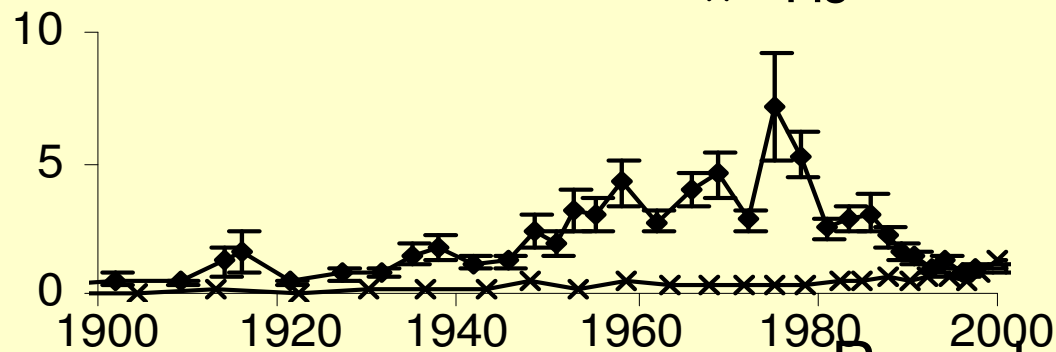
Turpeen Cu- kertymäsarja

Outokumpu



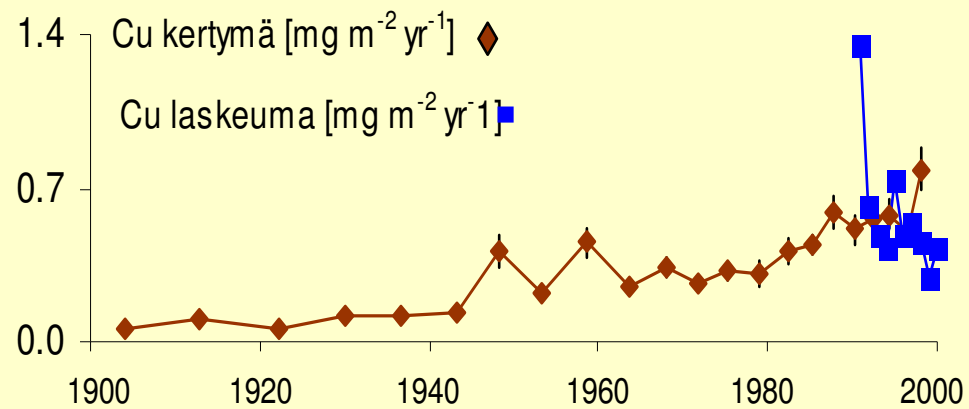
Cu kertymä [$\text{mg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$]

—◆— Outokumpu
—×— HJ



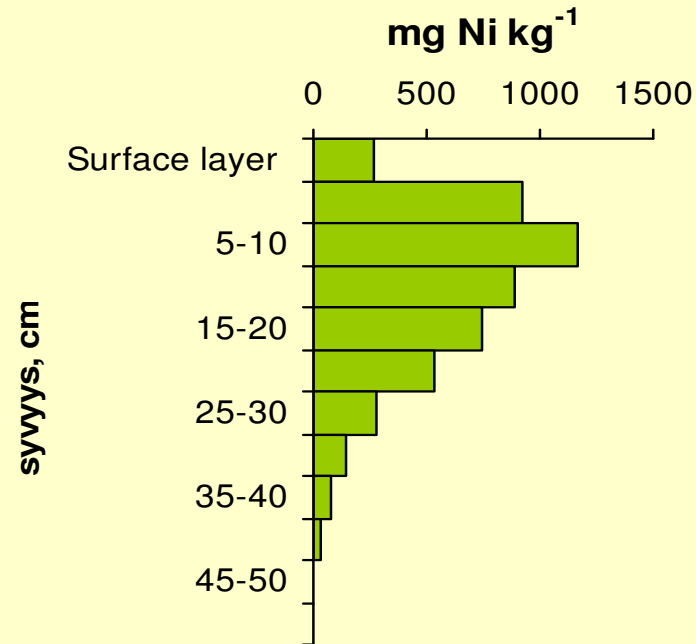
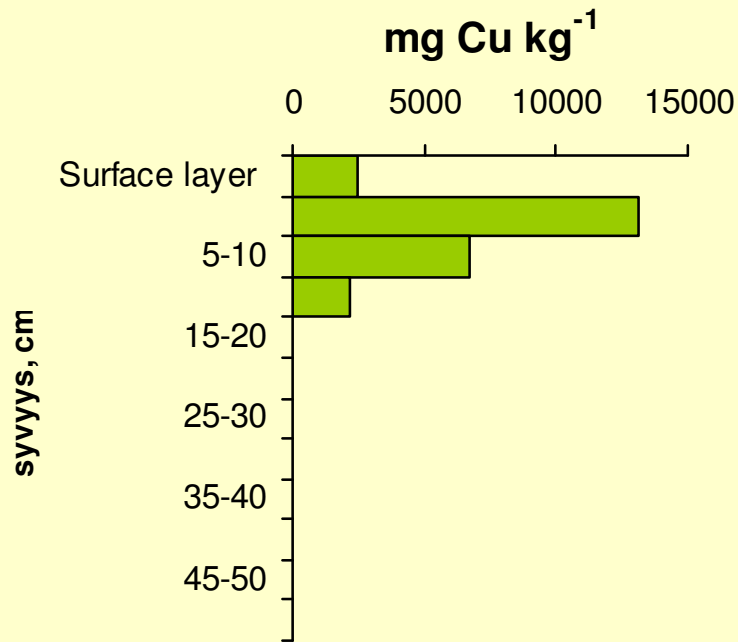
Rausch et al. 2005

Cu kertymäsarja ja avoimen sadannan Cu-määrä Hietajärvi



Rausch et al. 2005

Cu- ja Ni-pitoisuudet Alkkian turpeessa 40 vuotta metallisulfaattien levityksen jälkeen



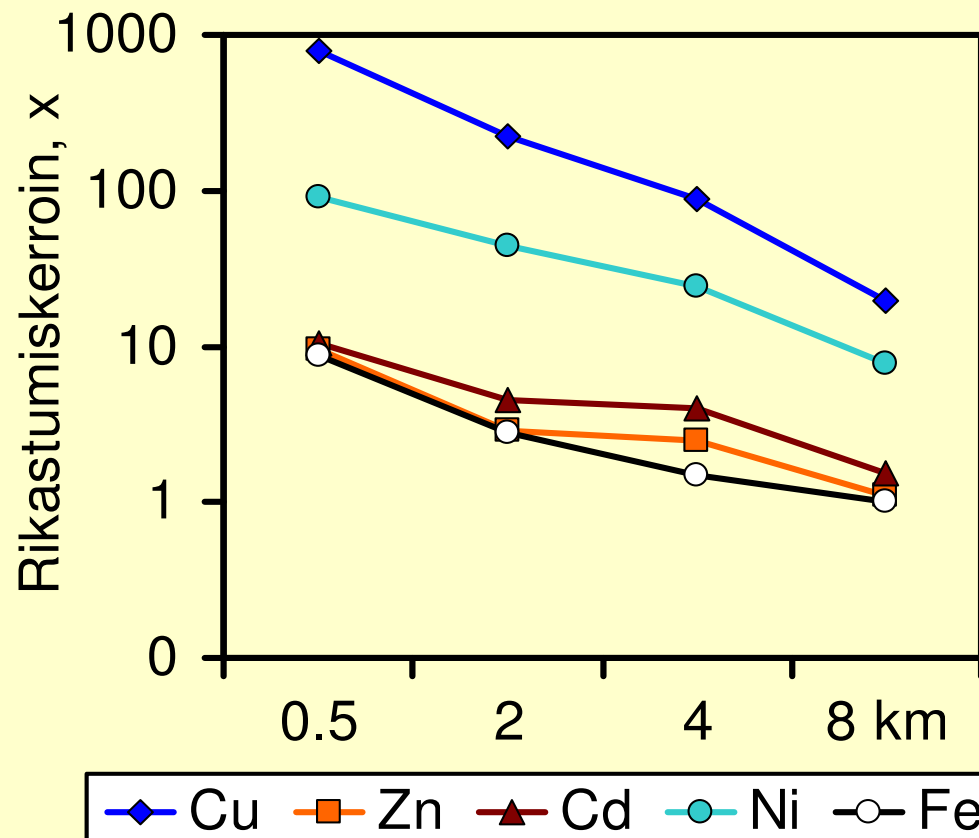
Totaalimäärä, 15 cm kerros
Totaalimäärä, 50 cm kerros

199 kg Cu ha⁻¹
200 kg Cu ha⁻¹

127 kg Ni ha⁻¹
203 kg Ni ha⁻¹

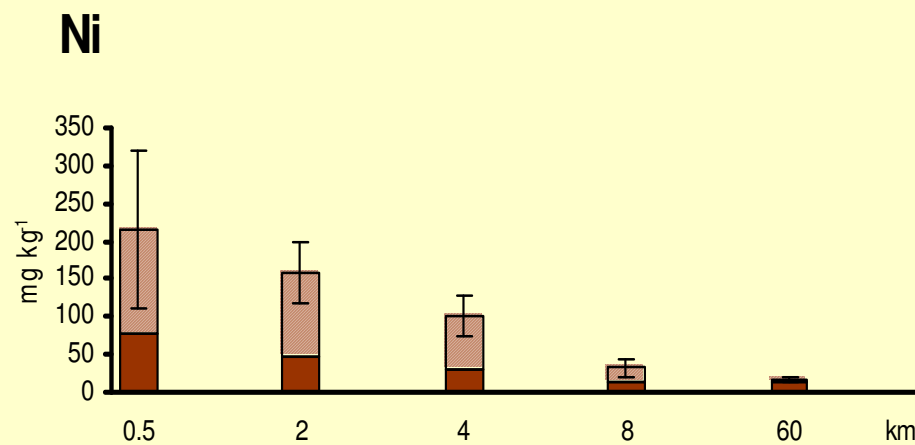
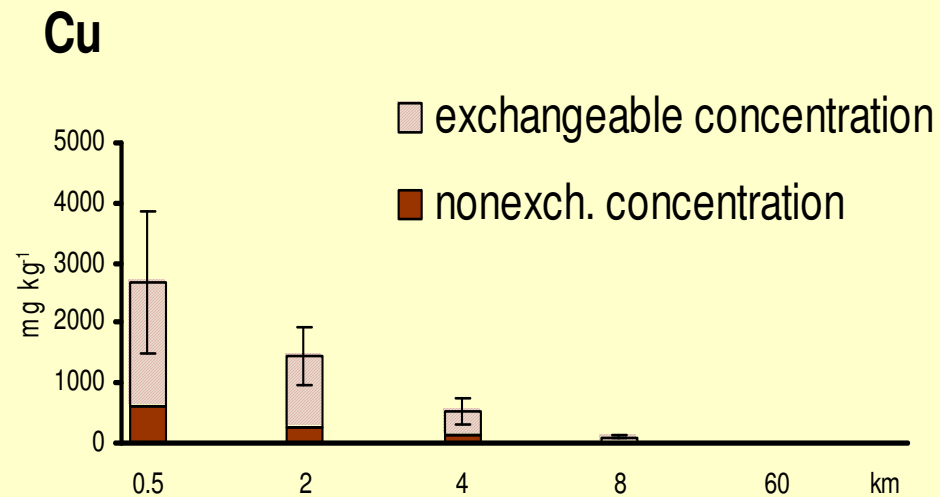
Nieminen et al. 2006

Metallien rikastuminen humuskerroksessa



Derome et al. 2000

Humuskerroksen Cu- ja Ni-pitoisuudet



Nieminen & Saarsalmi 2002

Ennallistamiskokeet:

1. Lannoitus

2. Biokompostikate

TAVOITTEET:

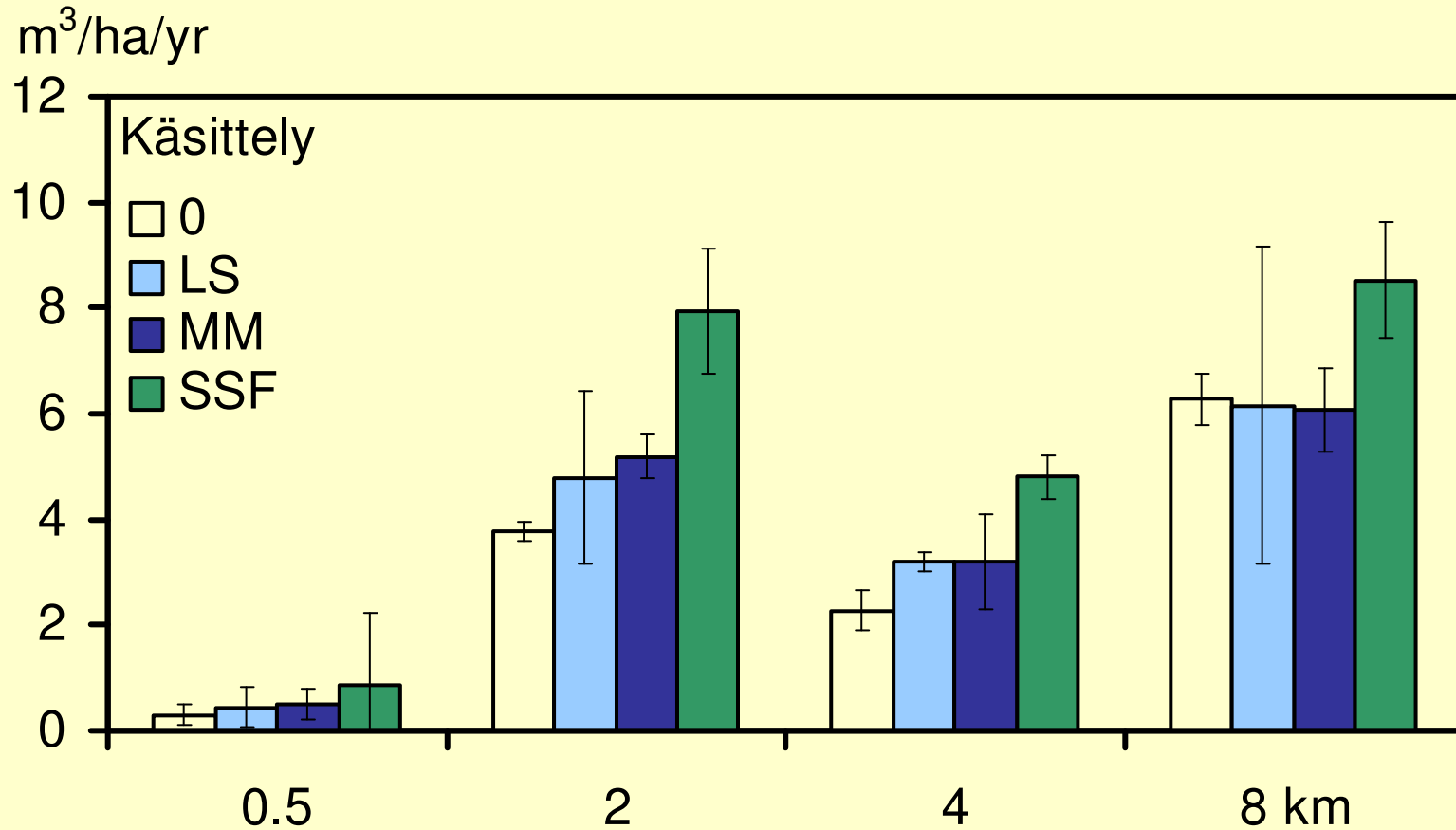
- puuston elpyminen
- mikrobitoiminnan elpyminen
- aluskasvillisuuden elpyminen

Lannoituskäsittelyt

Käsittely	N	P	K	Ca	Mg	S	B
	kg ha ⁻¹						
1. Kontrolli							
2. Kalkitus (LS)				420	100		2
3. Mineraali sekoitus (MM)		31	56	98	61	37	1.3
4. Metsikkökohtainen lannoitus (SSF)	60-75 (urea)			315	50		
	60-75 (ammonium nitraatti)						

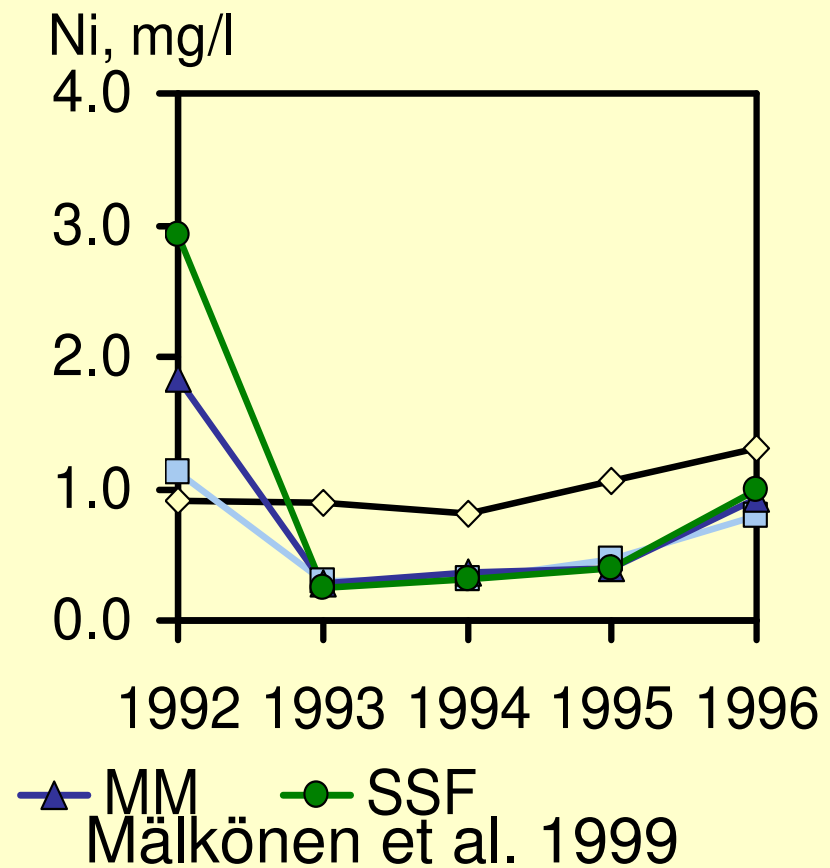
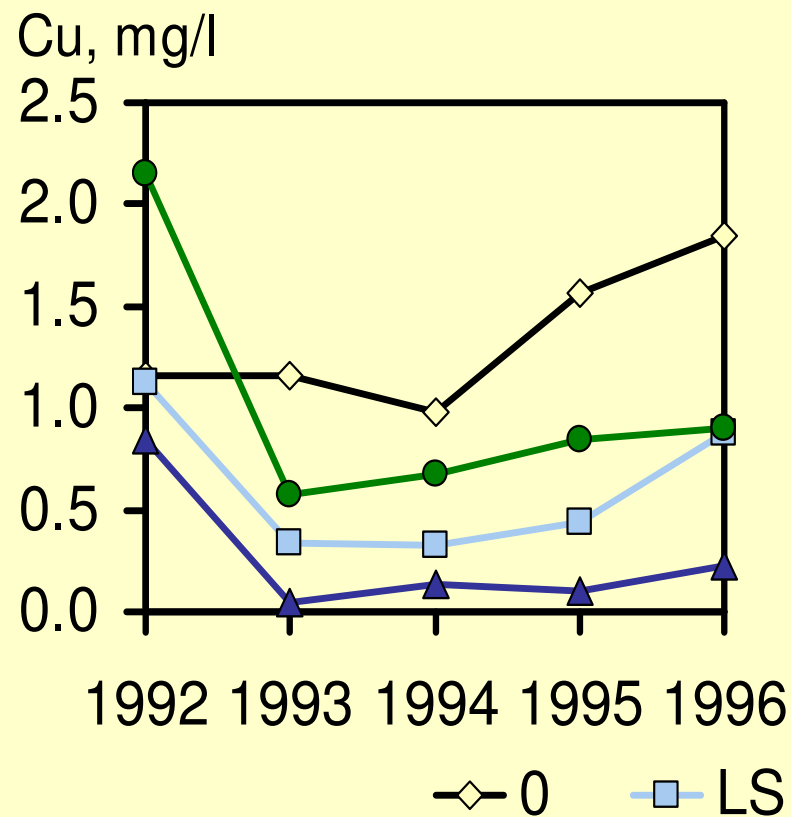
Mälkönen et al. 1999

Puiden tilavuuskasvu 1992-1996



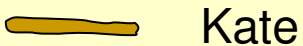
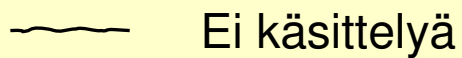
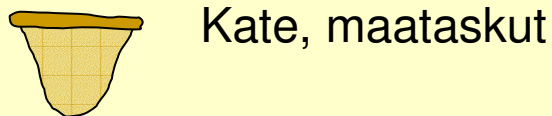
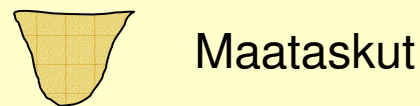
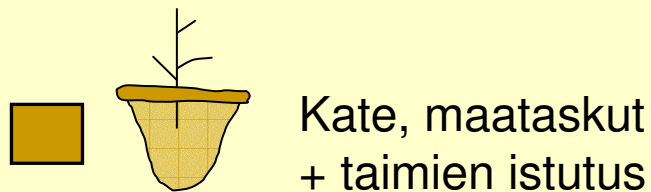
Mälkönen et al. 1999

Lannoituksen vaikutus maaveden Cu- ja Ni-pitoisuuteen 0,5 km etäisyydellä sulatosta

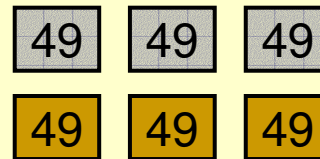


Biokompostikate -koe 0,5 km etäisyydellä

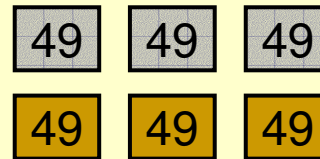
Koejärjestely:



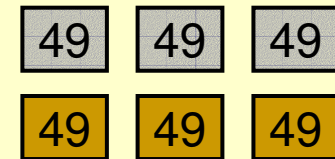
Arctostaphylos uva-ursi



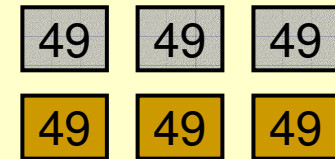
Empetrum nigrum



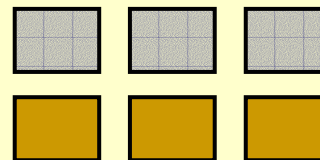
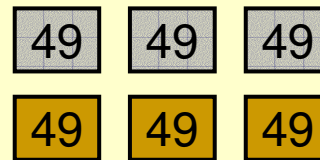
Pinus sylvestris



Betula pubescens



Ei istutettu taimia

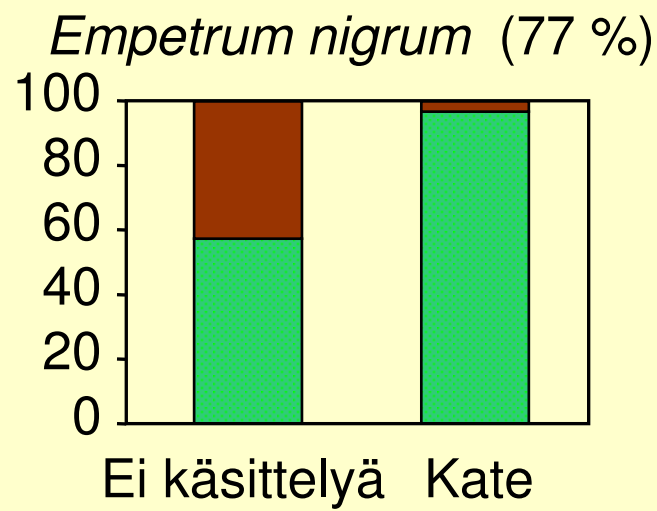
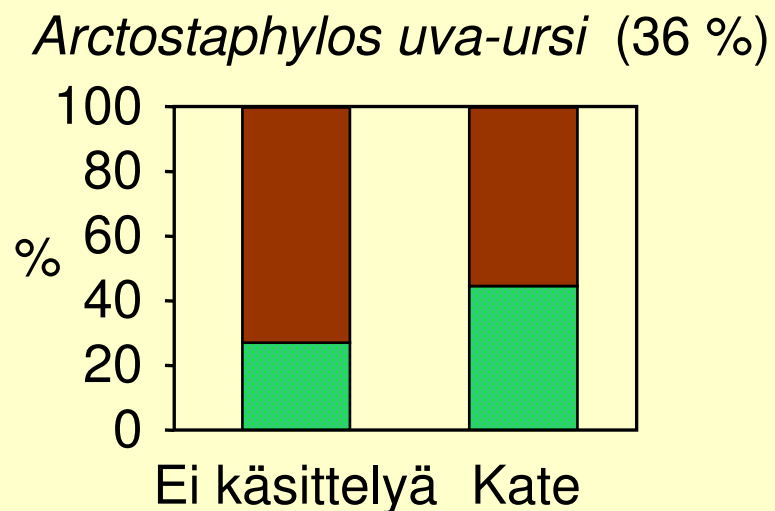
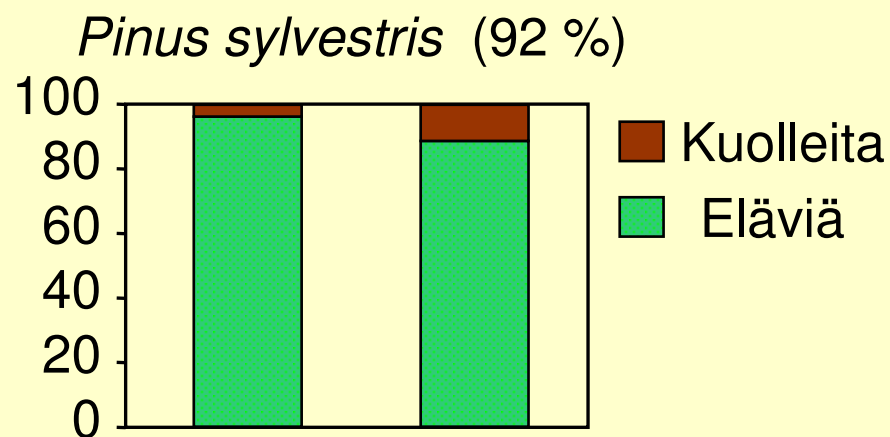
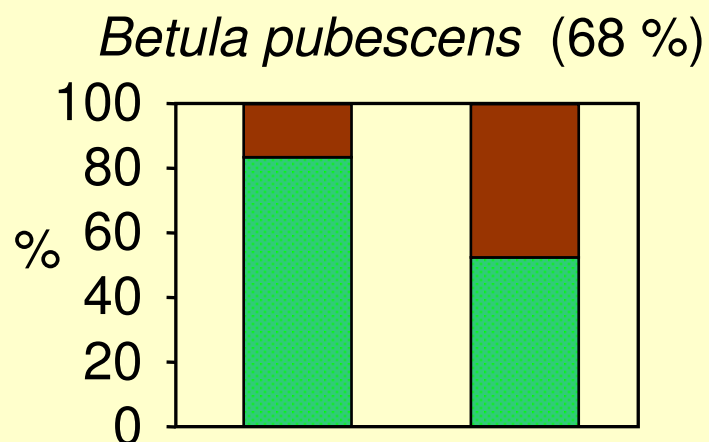


Maaveden laatu

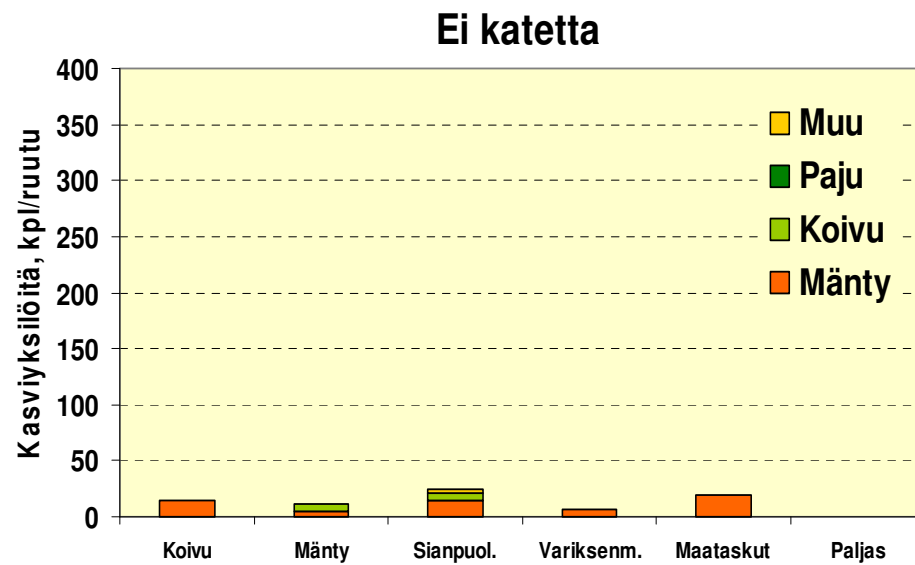
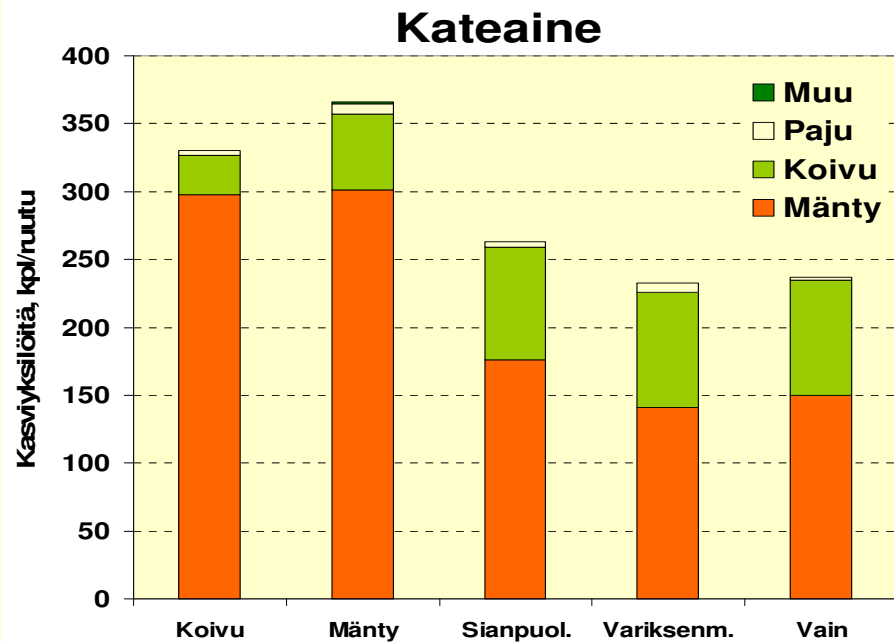
	Ei käsittelyä	Biokompostikate
Vesimäärä, ml	960 (302)	640 (300)
pH	4.3 (0.2)	4.3 (0.1)
DOC, mg L ⁻¹	23 (6)	32 (4)
Cu _{tot} , mg L ⁻¹	1.6 (0.6)	1.1 (0.3)
Cu _{comp} , mg L ⁻¹	0.11 (0.03)	0.15 (0.04)
Cu ²⁺ , mg L ⁻¹	2.0 (0.78)	0.79 (0.34)
Ni _{tot} , mg L ⁻¹	0.78 (0.22)	0.63 (0.2)
DI %	36 (4)	29 (3)

Kiikkilä et al. 2001

Istutettujen taimien elossa säilyminen 1996-2005



Helmisaari et al. 1999



Kateaineella peitetyille ruuduille ilmestyi runsaasti luontaista kasvillisuutta, etenkin puiden taimia.

Helmisaari et al. 1999

Kirjallisuus:

- Derome, J. & Nieminen, T. 1998. Metal and macronutrient fluxes in heavy-metal polluted Scots pine ecosystems in SW Finland. *Environmental Pollution* 103: 219-228.
- Derome, J. 2000. Effects of heavy-metal and sulphur deposition on the chemical properties of forest soil in the vicinity of a Cu-Ni smelter, and means of reducing the detrimental effects of heavy metals (väitöskirja). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 769. 78 s. + 5 osajulkaisua.
- Helmisaari, H.-S., Salemaa, M., Derome, J., Kiikkilä, O., Uhlig, C. & Nieminen, T. 2007. Remediation of heavy metal-contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants. *Journal of Environmental Quality* 36: 1145-1153.
- Kiikkilä, O., Perkiömäki, J., Barnette, M., Derome, J., Pennanen, T., Tulisalo, E. & Fritze, H. 2001. In situ bioremediation through mulching of soil polluted by a copper-nickel smelter. *Journal of Environmental Quality* 30: 1134-1143.
- Mälkönen, E., Derome, J., Fritze, H., Helmisaari, H.-S., Kukkola, M., Kytö, M., Saarsalmi, A. & Salemaa, M. 1999. Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 239-268.
- Nieminen, T.M. & Saarsalmi, A. 2002. Contents of Cu, Ni and Zn in smelter-polluted soil-plant systems. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 2: 167-174.
- Nieminen, T.M., Ukonmaanaho, L., Rausch, N. & Shotyk, W. 2006. Availability and toxicity of Cu and Ni to Scots pine in different soils. *Forest, Snow and Landscape Research* 80(3): 349-360
- Rausch, N., Nieminen, T., Ukonmaanaho, L., Le Roux, G., Krachler, M., Cheburkin, A.K., Bonani, G. & Shotyk, W. 2005. Comparison of atmospheric deposition of copper, nickel, cobalt, zinc, and cadmium recorded by Finnish peat cores with monitoring data and emission records. *Environmental Science & Technology* 39(16): 5989-5998.