

Luonnonmaantiede nyt

15.11.2023 Olli Ruth, Helsingin yliopisto

(kiitokset lähdemateriaaleista mm. Heidi Mod, Miska Luoto, HY)



Minkälaista tutkimusta
luonnonmaantieteilijä
tekee?

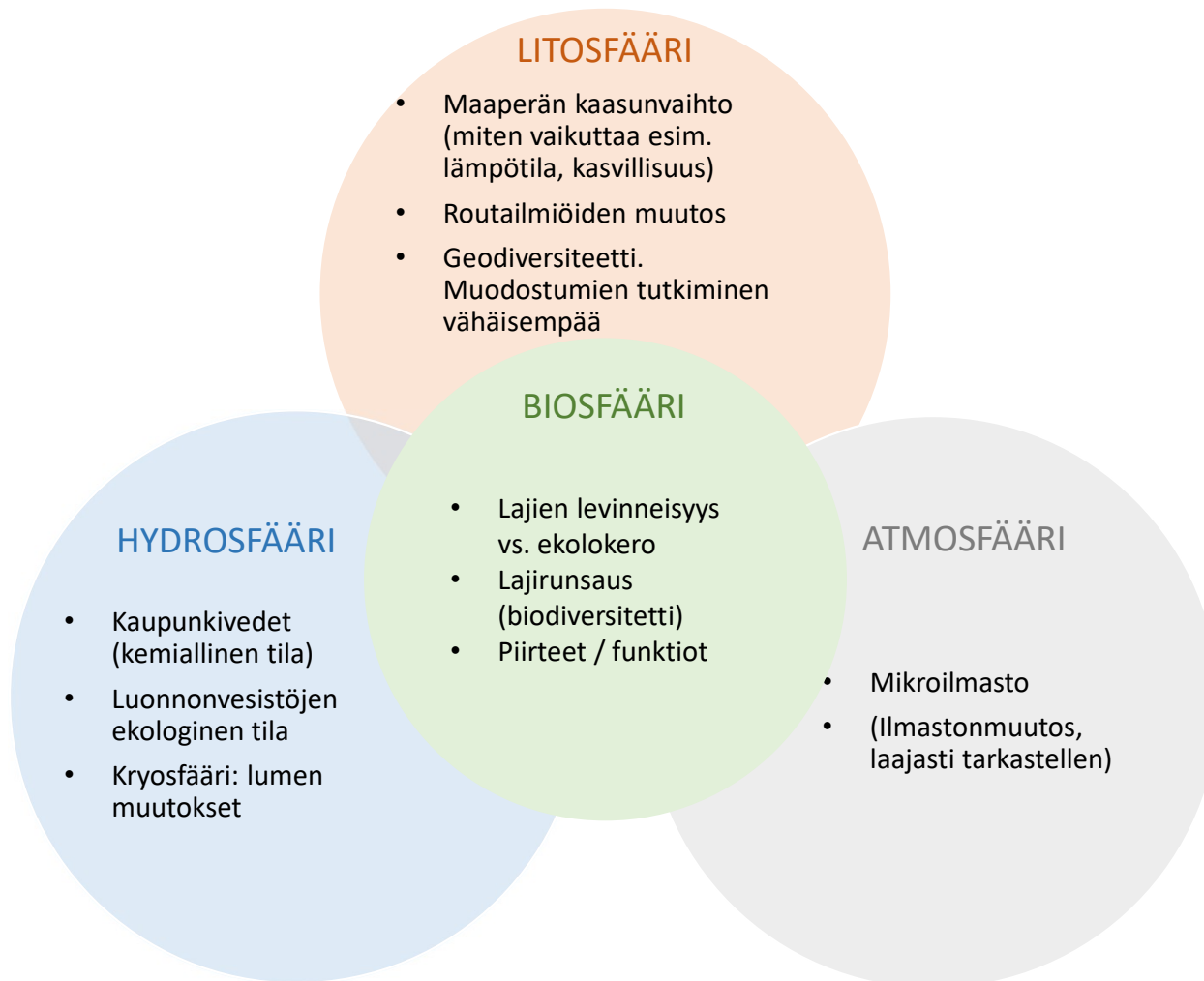
<https://edu.flinga.fi/s/EVFYFJL>

1. Kuinka luonnonmaantieteen metodit ja traditiot eroavat ihmismaantieteestä?
2. Alueellinen mallinnus luonnonmaantieteessä
3. Geodiversiteetti
4. Lidar-korkeusmallinnus ja murtoo-moreeni
5. linkkivinkkejä

Kuinka
luonnonmaantieteen
metodit ja traditiot eroavat
ihmismaantieteestä?

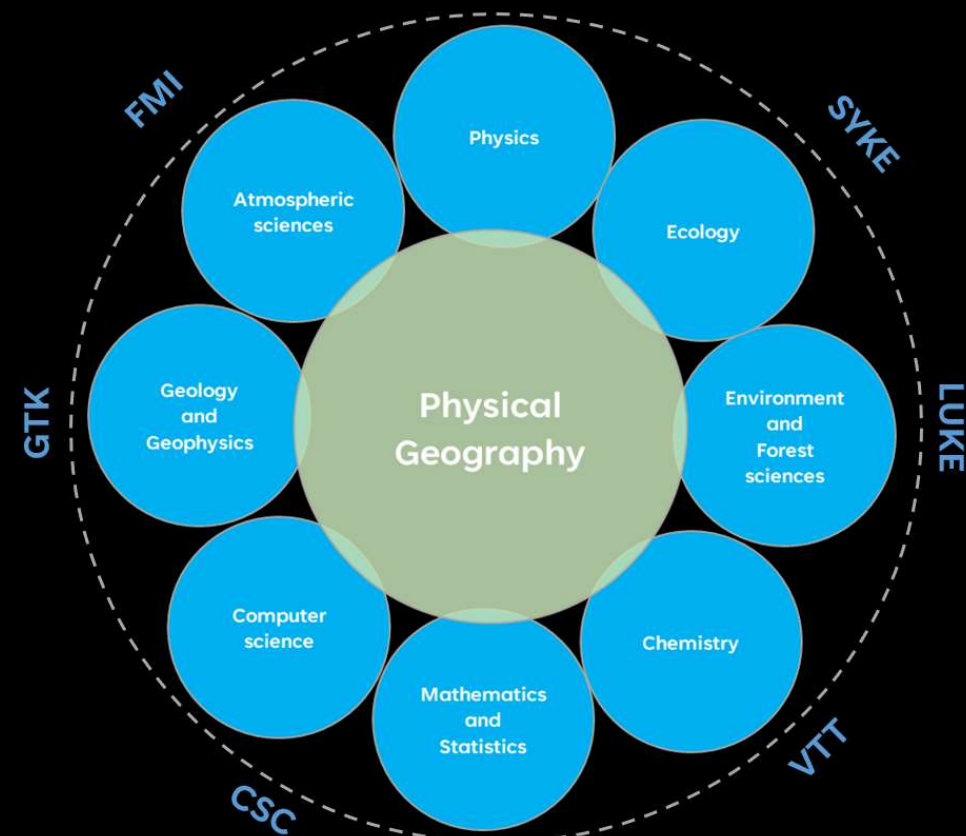
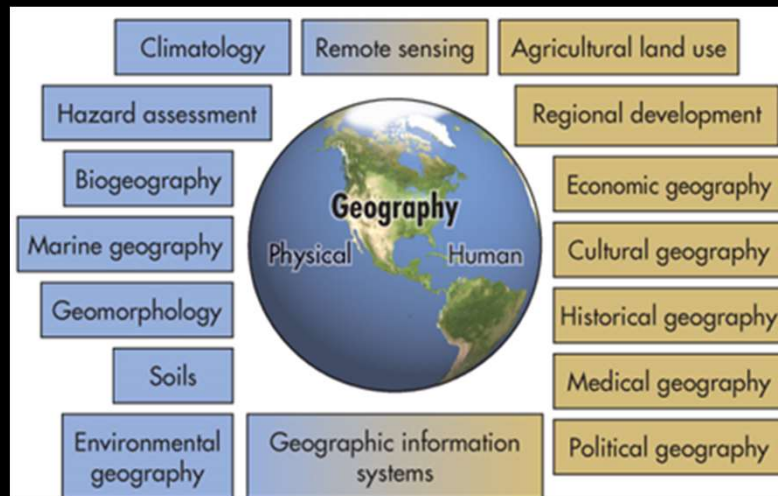
(kuuntele, pohdi ja tee muistiinpanoja)

LUONNONMAANTIETEEN PERINTEISET TUTKIMUSKOHTEET



Geomorfologia
Hydrogeografia
Biogeografia
Klimatologia

Luonnonmaantieteen rooli maantieteen sisällä ja lähialojen kanssa



Luonnonmaantieteen nykyhetken kehityksen ydinasiat

1. KVANTITATIIVISUUS



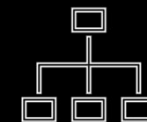
2. GLOBAALIMUUTOS

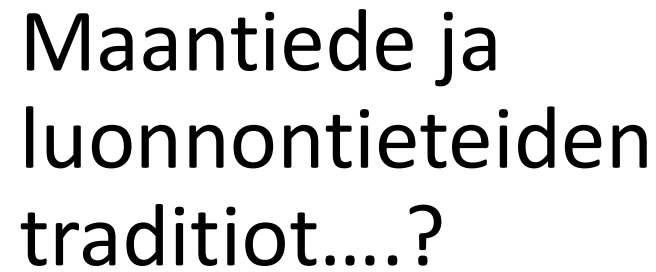


3. KAUKOKARTOITUS JA GIS



4. MONITIETEINEN LÄHESTYMISTAPA





Luonnonmaantieteessä ei ole vain yhtä tutkimistraditiota, paitsi **moniarvoisuus (pluralismi)**. Pluralismiin voidaan lukea paljon erilaisia maantieteellisiä menetelmiä, jotka perustuvat havainnointiin, mittaukseen, erilaisiin kokeellisiin tutkimuksiin, teorioiden kehittämiseen ja testaukseen.

Nämä monipuoliset, mutta toisiinsa läheisesti liittyvät tutkimusmenetelmät ovat **luonnontieteiden ydintä, joita maantiede voi sekä edistää että hyödyntää.**



Luonnontieteet ja luonnonmaantiede

- **Mitä, missä, miksi ja miten** ”kaikki vaikuttaa kaikkeen” ja miten maailma muuttuu tulevaisuudessa?

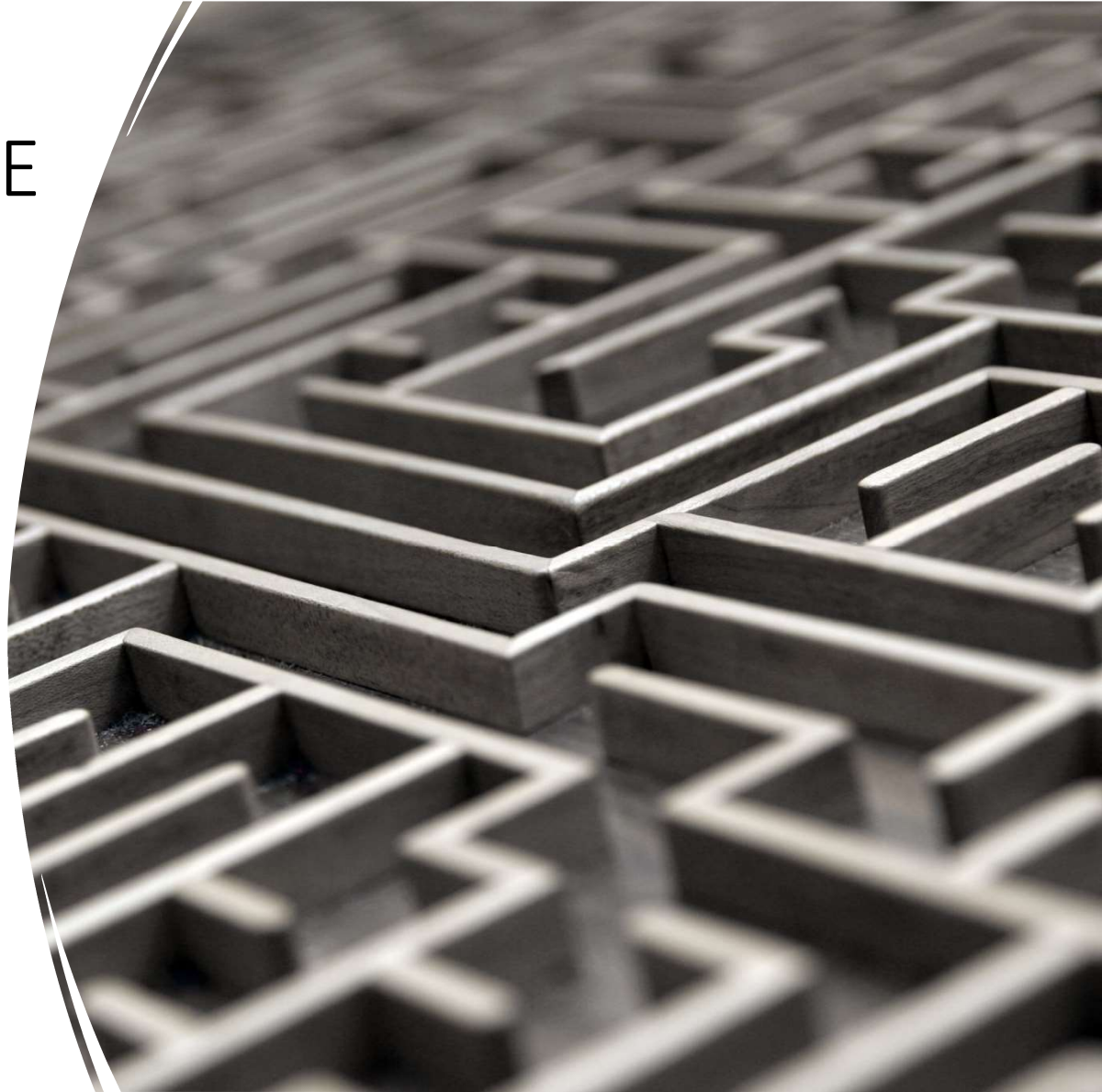
Luonnonmaatiedemaantieteen lähestymistapoja:

- **Syntetisointi**; nomoteettinen lähestymistapa, deduktiivinen mallintaminen, kvantitatiivinen testaus ja ennustaminen
- **kokonaisvaltaisuus**; systeemien kattava tutkimus (litosfääri, ilmakehä, hydrosfääri ja biosfääri + ihmisen toiminta)
- **alueellisuus**; materiaalit ja tutkimus hyödyntää muodostelmien, ilmiöiden ja prosessien alueellisia eroja

LUONNONMAANTIEDE

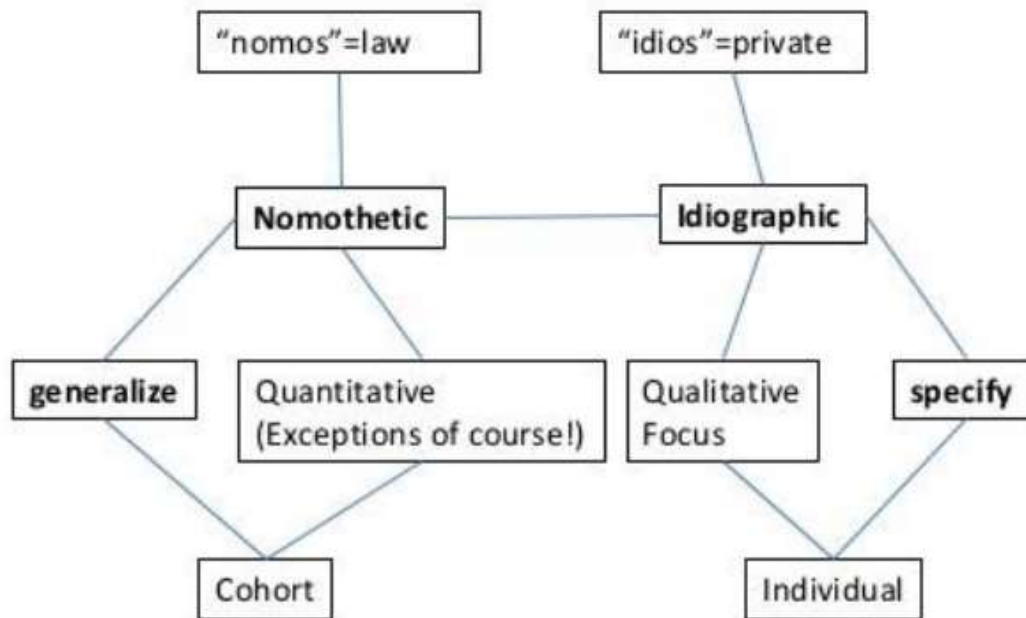
Luonnonmaantieteen tutkimuskohteet ovat niin moninaisia, että tarvitaan lukuisia eri lähestymistapoja ja metodologioita:

- Ei vain tämä hetki - vaan myös tulevaisuus
- kvantitatiiviset menetelmät (laajat materiaalit, numeeriset analyysit, alueellinen ja tilastollinen analyysi, GIS, kaukokartoitus)
- monitieteisyys / holistinen lähestymistapa



Nomoteettisessä tutkimuksessa on pyritään luomaan **yleisiä lakeja ja yleistyksiä**. Nomoteettisen lähestymistavan painopiste on objektiivisen tiedon hankkiminen tieteellisten menetelmien avulla. Tästä syystä käytetään **kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä, joilla pyritään tuottamaan tilastollisesti merkittäviä tuloksia**.

Asynchronous collaborative concept map of Idiographic ↔ Nomothetic





Deduktiivinen päättely on luonnontieteellisen päättelyn yksi perusmuodoista. Deduktiivinen päättely eli alkaa teorialla tai hypoteesilla ja siinä tutkitaan mahdollisuuksia päästä hypoteesista tiettyyn, **loogiseen johtopäätökseen**.



Luonnontieteet käyttävät deduktiota **hypoteesien ja teorioiden testaamiseen**. Deduktiivisessa päättelyssä tarkastelemme teoriaa ja sen perusteella ennakoimme sen seurauksia. Eli arvioimme, mitä havaintojen tulisi olla, jos teoria olisi oikea.



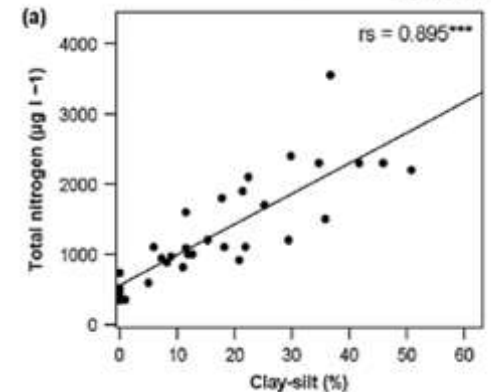
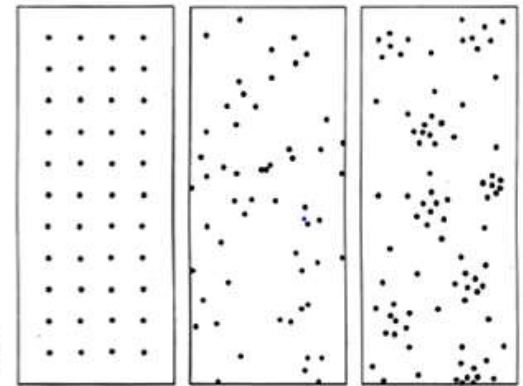
Yleisestä eli teoriasta - yksityiskohtiin eli havaintoihin

ALUEELLINEN ANALYYSI JA LUONNONMAANTIEDE

Alueellisten aineistojen analysoinnissa:

1. Toblerin maantieteen 1. laki: kaikki alueellinen analyysi perustuu sille, että on olemassa selkeitä alueellisia eroja: jos kaikki olisi tasaisesti tai sattumanvaraisesti jakautunutta, ei alueellisia analyyseja kannattaisi tehdä
2. Korrelatiivisissa analyyseissä teoria äärimmäisen tärkeä, muuten tuloksena, että "jäätelönsyönti lisää auringonpolttamia"
3. Alueellisen esiintymisen perusteena pisteet, viivat, alueet, pinnat. Ne voivat sisältää tietoa luokittelusta, voimakkuudesta, suunnasta ja yhteyksistä (ml. etäisyydet, muoto)
→ Valitaan aineistolle sopiva menetelmä
4. Erityisasiat, jotka huomioitava analyyseissä: spatiaalinen autokorrelaatio. Aineistot harvoin normaalijakautuneita, yhden tekijän vaikutus riippuvainen toisen tekijän vaikutuksesta -> monimutkaisia mallirakenteita

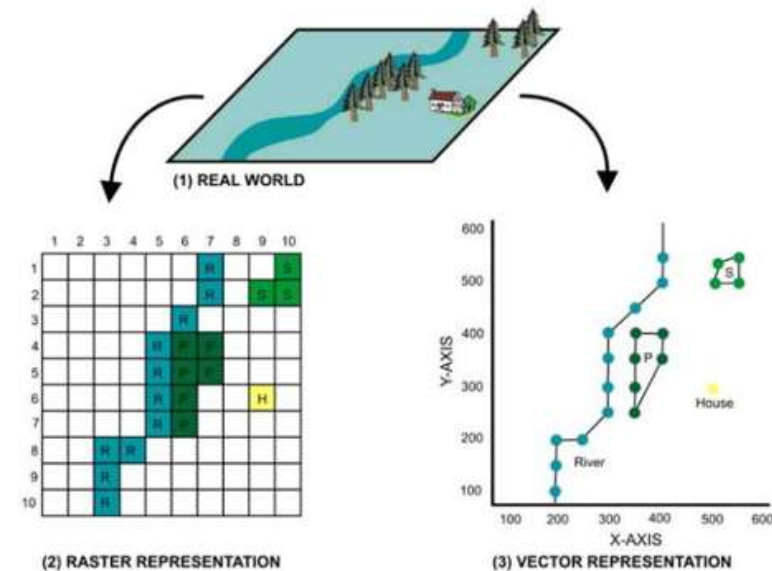
Eri alueellisia esiintymisiä:
universaali, randomi, tyypillisin



ALUEELLINEN ANALYYSI JA LUONNONMAANTIEDE

Alueellisten aineistojen analysoinnissa:

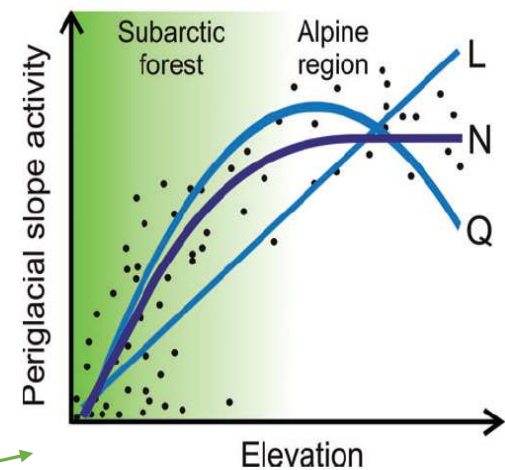
1. Toblerin maantieteen 1. laki: kaikki alueellinen analyysi perustuu sille, että on olemassa selkeitä alueellisia eroja: jos kaikki olisi tasaisesti tai sattumanvaraisesti jakautunutta, ei alueellisia analyyseja kannattaisi tehdä
2. Korrelatiivisissa analyyseissä teoria äärimmäisen tärkeä, muuten tuloksena, että "jäätelönsyönti lisää auringonpolttamia"
3. Alueellisen esiintymisen perusteena pisteet, viivat, alueet, pinnat. Ne voivat sisältää tietoa luokittelusta, voimakkuudesta, suunnasta ja yhteyksistä (ml. etäisyydet, muoto)
→ Valitaan aineistolle sopiva menetelmä
4. Erityisasiat, jotka huomioitava analyysissa: spatiaalinen autokorrelaatio. Aineistot harvoin normaalijakautuneita, yhden tekijän vaikutus riippuvainen toisen tekijän vaikutuksesta -> monimutkaisia mallirakenteita



*Todellisen maailman kuvaaminen
pintoina, pisteinä, viivoina, alueina*

ALUEELLISET MALLIT

- Alueellisella/tilastollisella mallinnuksella on keskeinen merkitys modernissa luonnonmaantieteessä
 - Voidaan **testata hypoteeseja ja soveltaa** (esim. ympäristömuutosten alueellinen ja ajallinen vaihtelu, ja niiden vaikutus ihmis- ja luonnonjärjestelmiin)
 - **Suuret aineistot** (esim. GIS, kaukokartoitus) ja laskentateho pohjana
- Malli on tutkittavan ilmiön kuvaamiseen käytetty teoreettinen (konsepti) ja/tai matemaattinen rakennelma
- Mallintaminen tarkoittaa todellisuuden osan, esimerkiksi ilmiön tai systeemin esittämistä
 - Mallia rakennettaessa **ymmärrys ilmiön luonteesta, siihen vaikuttavista tekijöistä ja merkitysten suunnista on keskeistä**
 - Muuttujien välisten suhderakenteiden jäsentäminen, esim. onko **lineaarinen vai ei-lineaarinen vaste?**
- Paraskin malli antaa aina jossain määrin yksinkertaistetun kuvan todellisuudesta



Rinneprosessien aktiivisuus vs. korkeus;
L=lineaarinen malli, Q=kvadraattinen malli, N=eiparametrinen malli

ALUEELLINEN MALLINNUS

Mallien rakentamisessa pyritään mahdollisimman suureen:

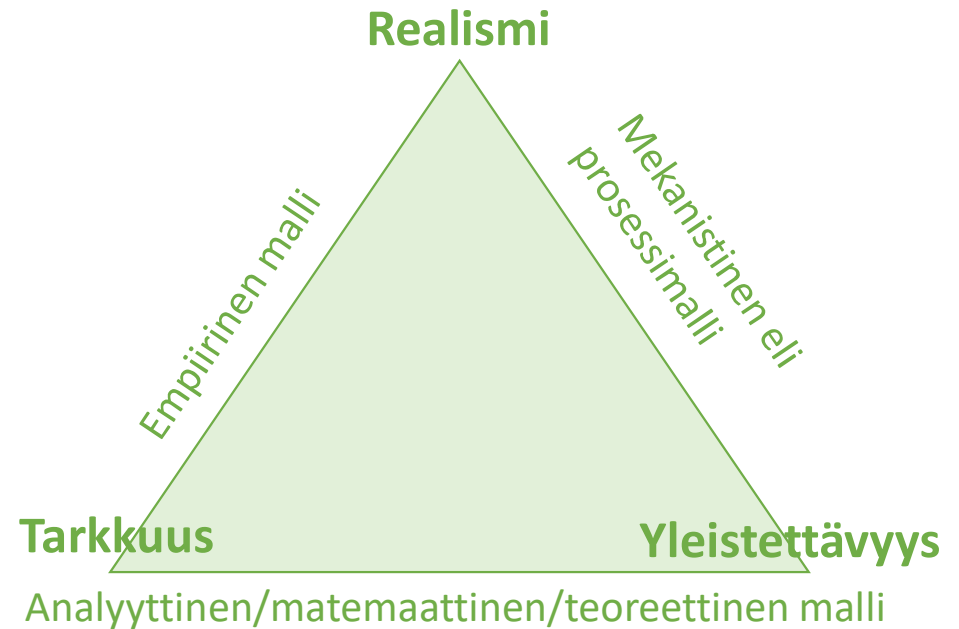
1. Realistisuuteen
2. Tarkkuuteen
3. Yleistettävyyteen

Mahdotonta saavuttaa kerralla kaikki kolme!

Realistisessa mallissa esitettävät relaatiot perustuvat todellisiin kausaalisuhteisiin (eivät satunnaisiin korrelaatioihin) tai ovat muuten merkittäviä tutkittavan ilmiön teorian kannalta. Realistiselta mallilta edellytetään edelleen, että **siitä ei saa puuttua ilmiöön merkittävästi vaikuttavia tekijöitä**.

Tarkassa mallissa todellisten havaintojen ja mallinnuksen tulosten välinen erotus on pieni.

Yleistettävyys mittaa mallin pätevyysalueen laajuutta (voidaanko mallilla ennustaa muualle tai tulevaisuuteen)



*Malli ei voi olla samanaikaisesti kaikkien piirteiden suhteen optimaalinen.
Esimerkiksi realistinen malli on tavallisesti niin monimutkainen, ettei sitä
kyetä helposti yleistämään toiseen ympäristöön*

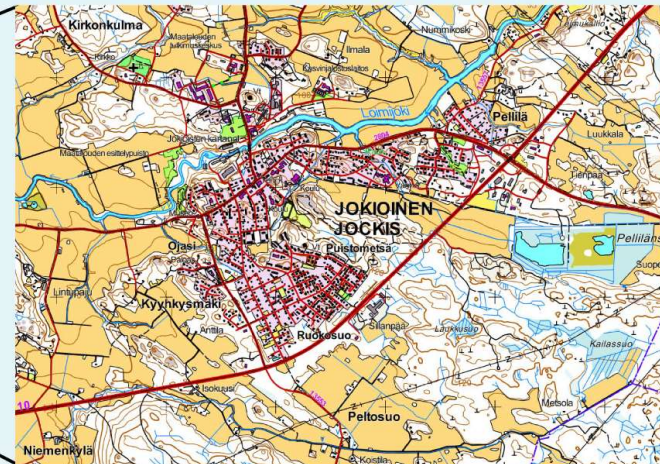
LUONNONMAANTIEDE: MITTAKAAVA

pienimittakaavainen kartta



0 100 200 km

suurimittakaavainen kartta

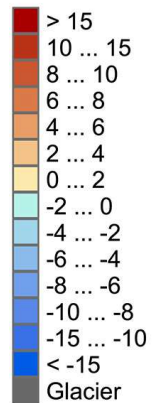


0 1 2 km

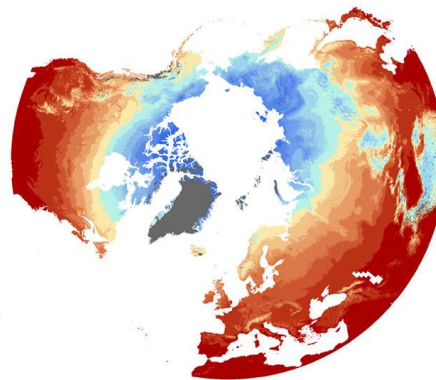
LUONNONMAANTIEDE: ESIMERKKEJÄ AJANKOHTAISISTA TUTKIMUSTEEMOISTA JA TUOREISTA TUTKIMUKSISTA

Laajoja ilmastomalleja

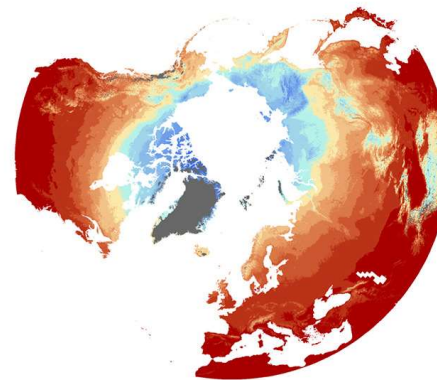
MAGT (°C)



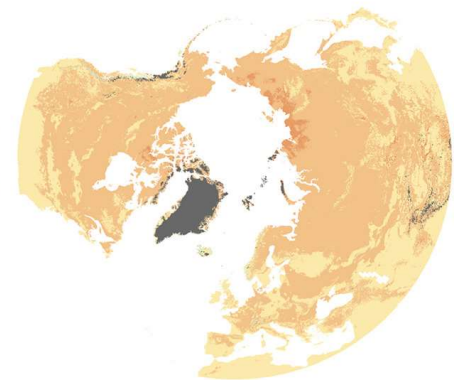
2000-2014



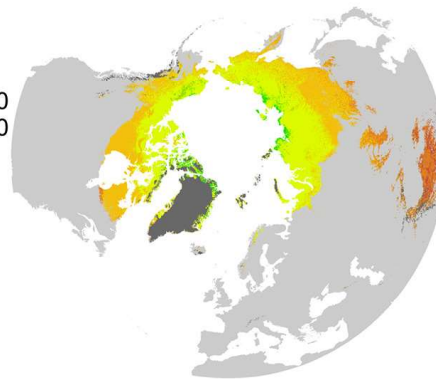
2041-2060 RCP4.5



Difference future - present



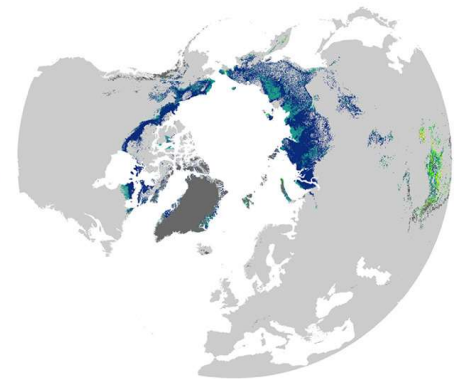
2000-2014



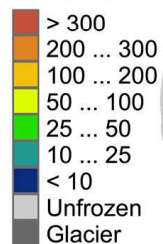
2041-2060 RCP4.5



Difference future - present

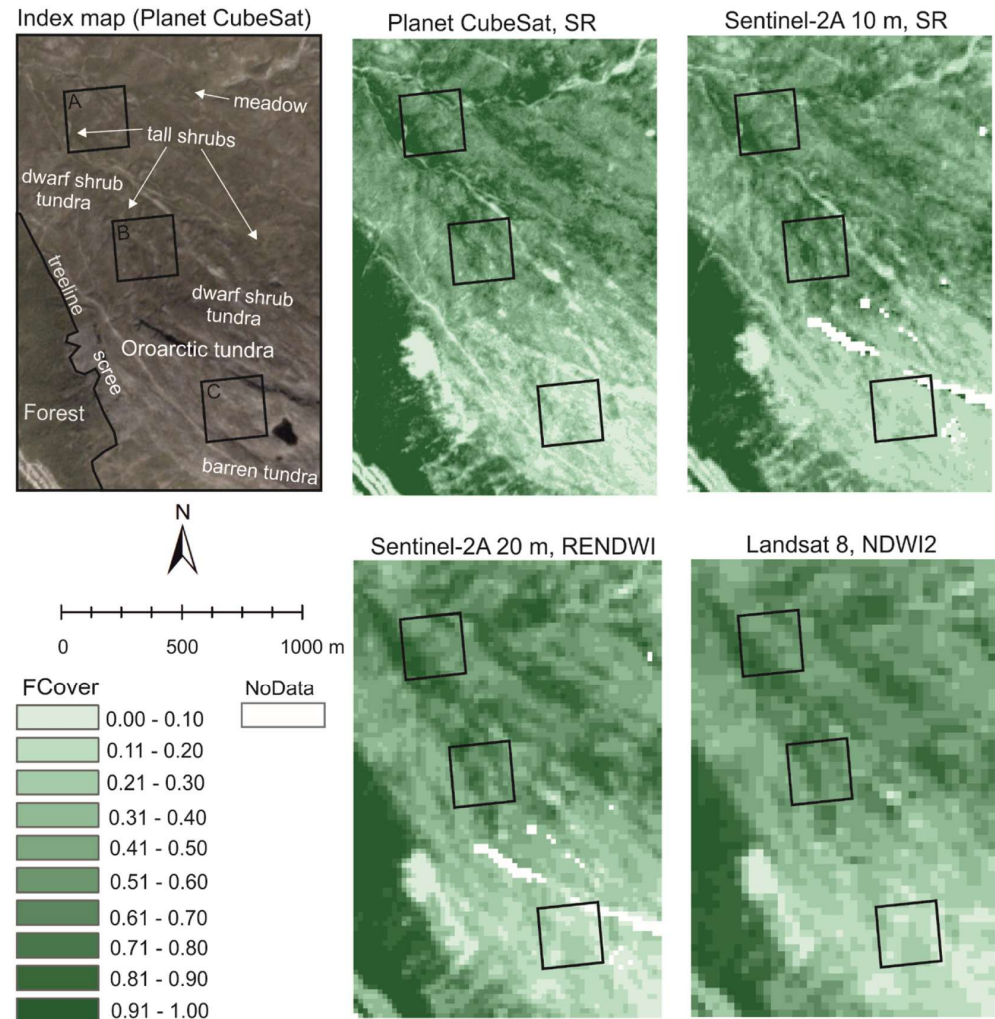


ALT (cm)



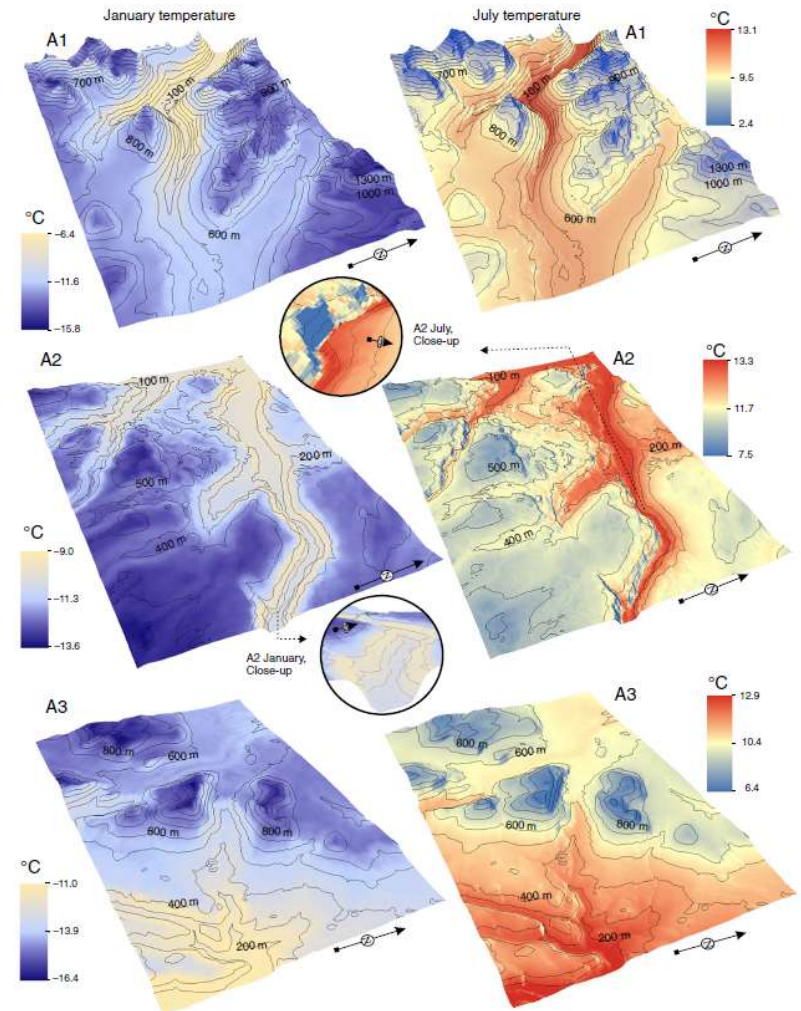
Aalto, J., Karjalainen, O., Hjort, J.,
& Luoto, M. 2018 Statistical forecasting
of current and future circum-Arctic
ground temperatures and active layer
thickness. *Geophysical Research
Letters* 45: 4889–4898.

Kaukokartoitus, dronet, lidar

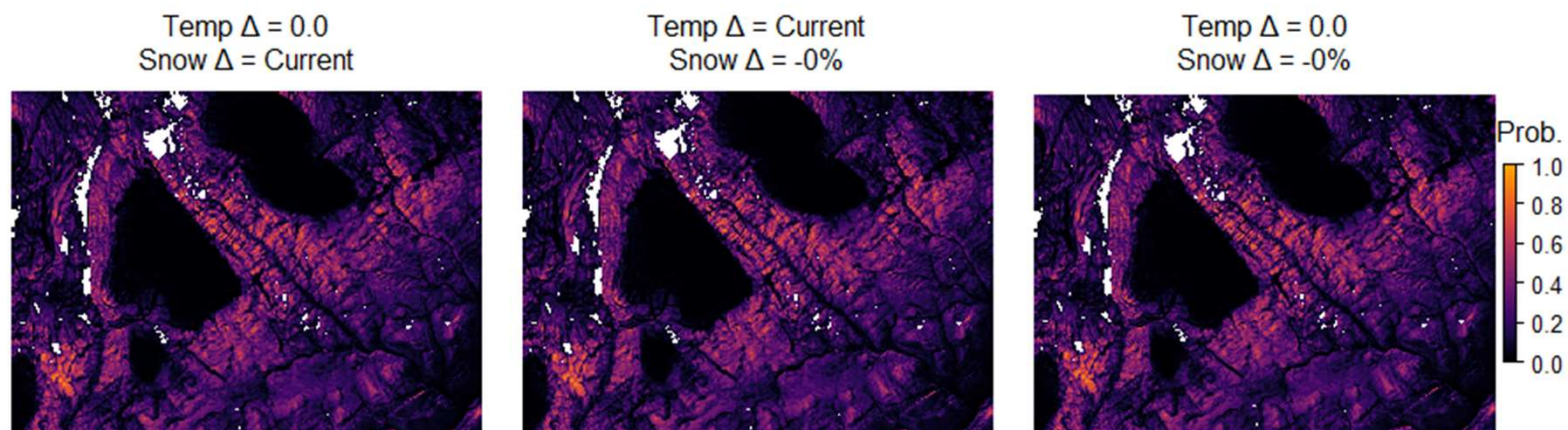


Riihimäki, H., Luoto, M. & Heiskanen, J. 2019
 Estimating fractional cover of tundra vegetation at multiple scales using unmanned
 aerial systems and optical satellite data. *Remote Sensing of Environment* 224: 119-
 132

Tarkempia topografisia malleja alueelliseen mallinnukseen

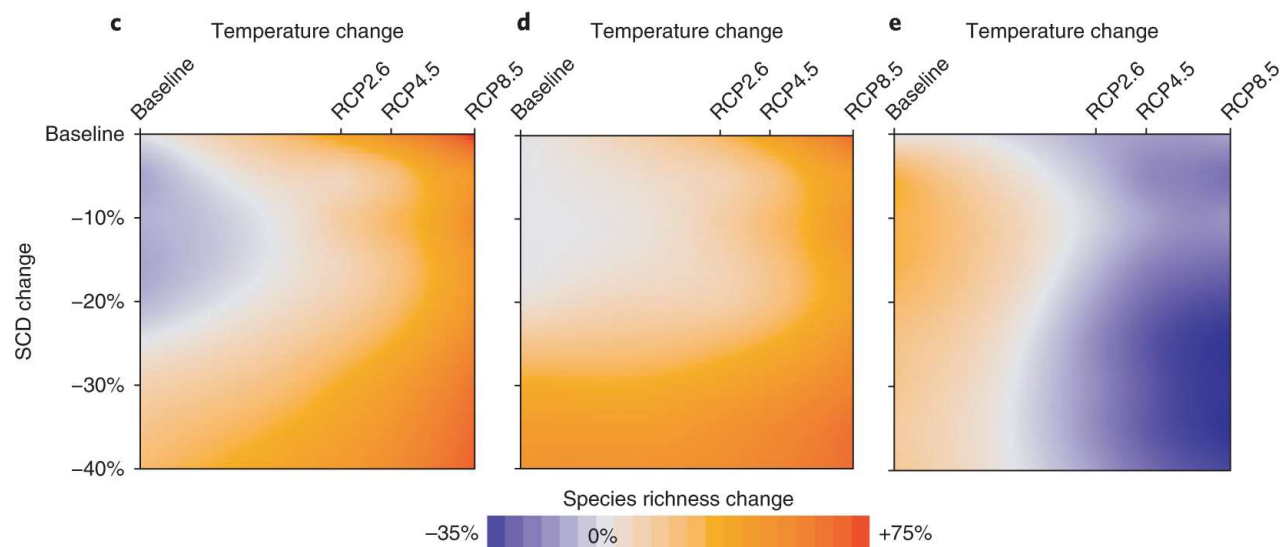


Aalto J., Riihimäki H., Meineri E., Hylander K., and Luoto M. 2017 Revealing topoclimatic heterogeneity using meteorological station data. *International Journal of Climatology*.



Kuinka lämpeneminen JA
lumipeite vaikuttavat yhdessä
biodiversiteettiin

putkilokasvit (c), sammalet (d)
ja jäkälät (e).



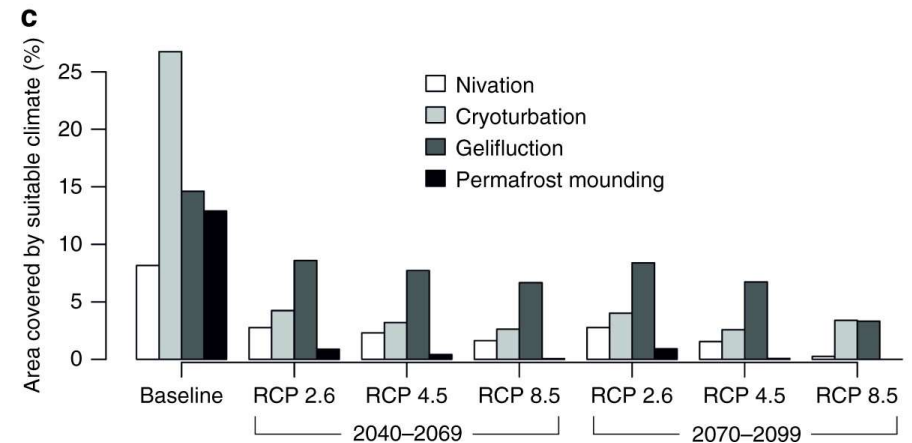
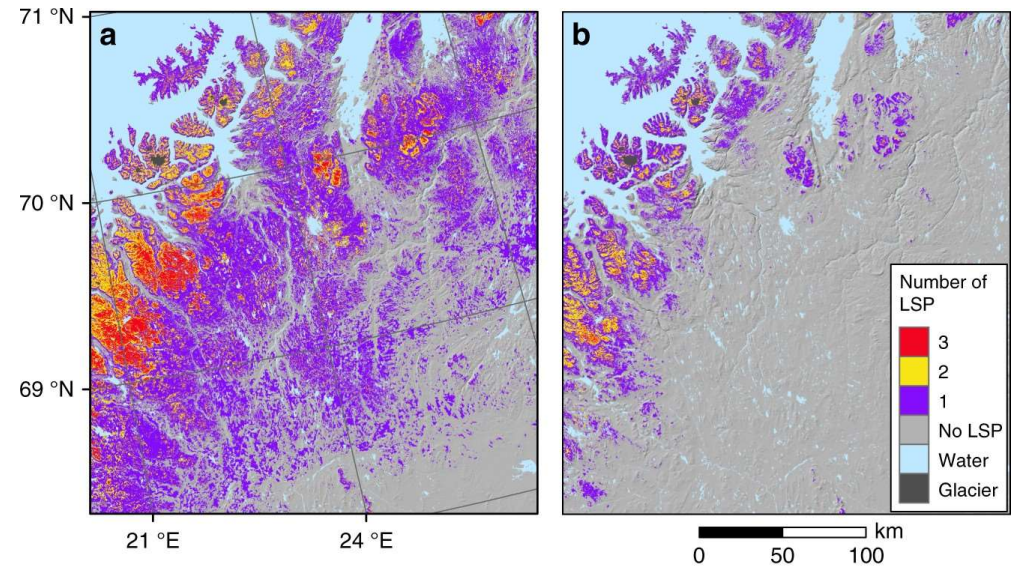
Niittynen, P., Heikkinen, R. K. & Luoto, M.
2018 Snow cover is a neglected driver of
Arctic biodiversity loss. *Nature Climate
Change* 8(11): 997-1001.

Ilmaston lämpeneminen ja lajien esiintyminen; uhanalaisuus



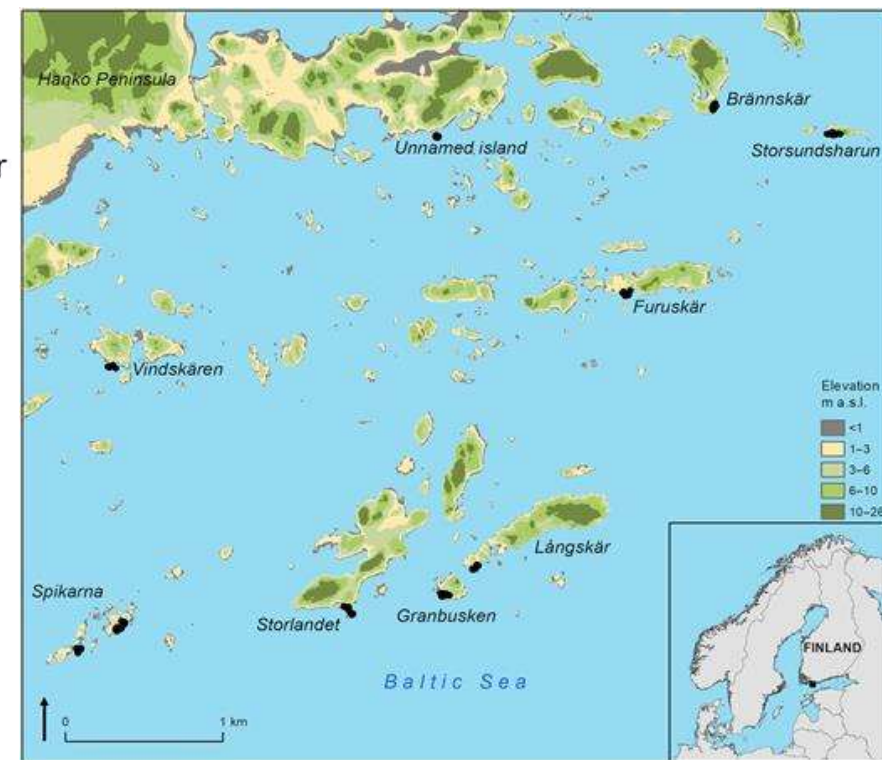
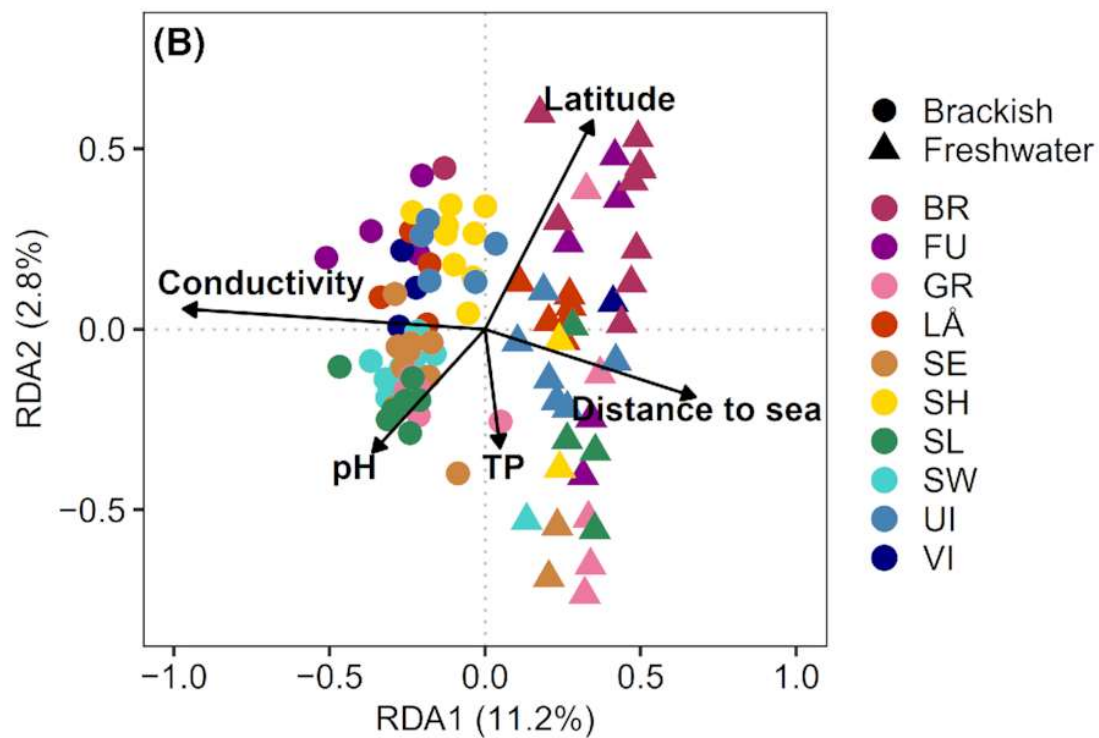
Niskanen, A.K.J., Niittynen, P., Aalto, J., Väre, H., Luoto, M. 2019 Lost at high latitudes: Arctic and endemic plants under threat as climate warms. *Diversity and Distributions* 25 (5): 809– 821.

Lämpenemisen vaikutus abiottiseen yhmäristöön (geodiversiteetti) (LPS = land surface processes)

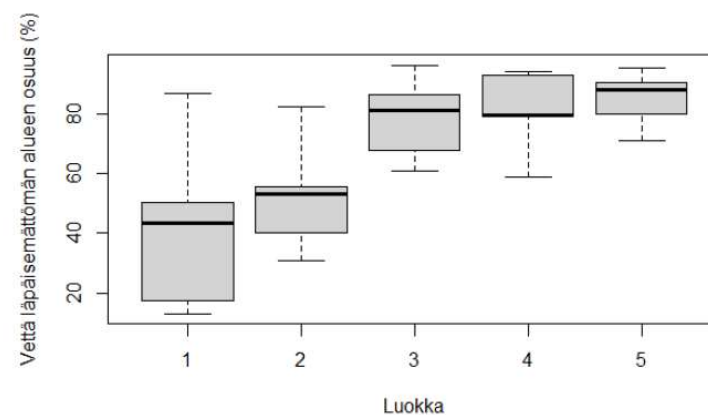


Aalto, J., Harrison, S. & Luoto, M. 2017 Statistical modelling predicts almost complete loss of major periglacial processes in Northern Europe by 2100. *Nature Communications*. 8(8): 515.

Piilevät ja syanobakteerit: selittävien muuttujien ja yhteisöjen koostumus tutkimussaarilla



Teittinen, A., Virta, L., Li, M. & Wang, J. 2021 Factors influencing the biodiversity of three microbial groups within and among islands of the Baltic Sea, *FEMS Microbiology Ecology*, 97 (5).

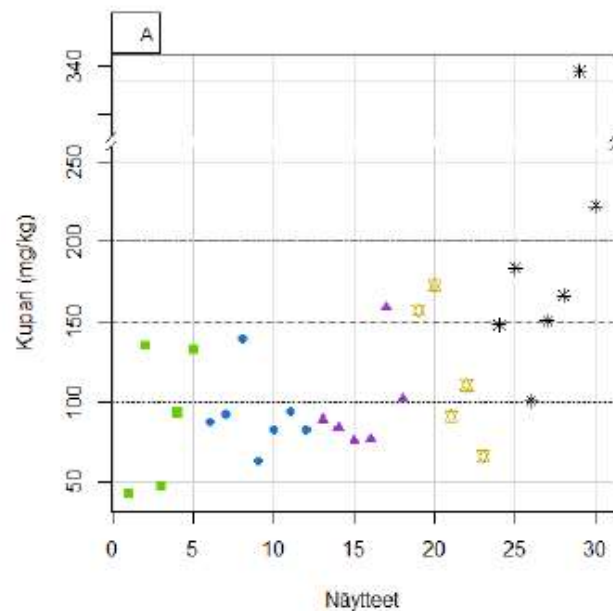


Raskasmetallit
sadevesikaivojen
sedimenteissä

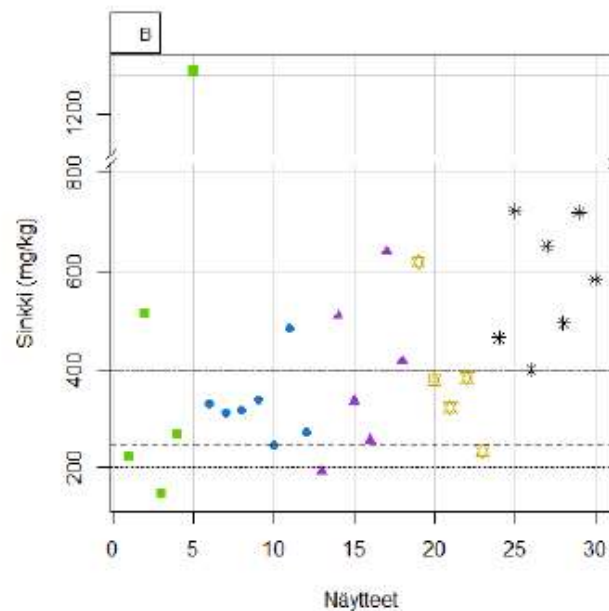
(Takala)



Cu



Zn

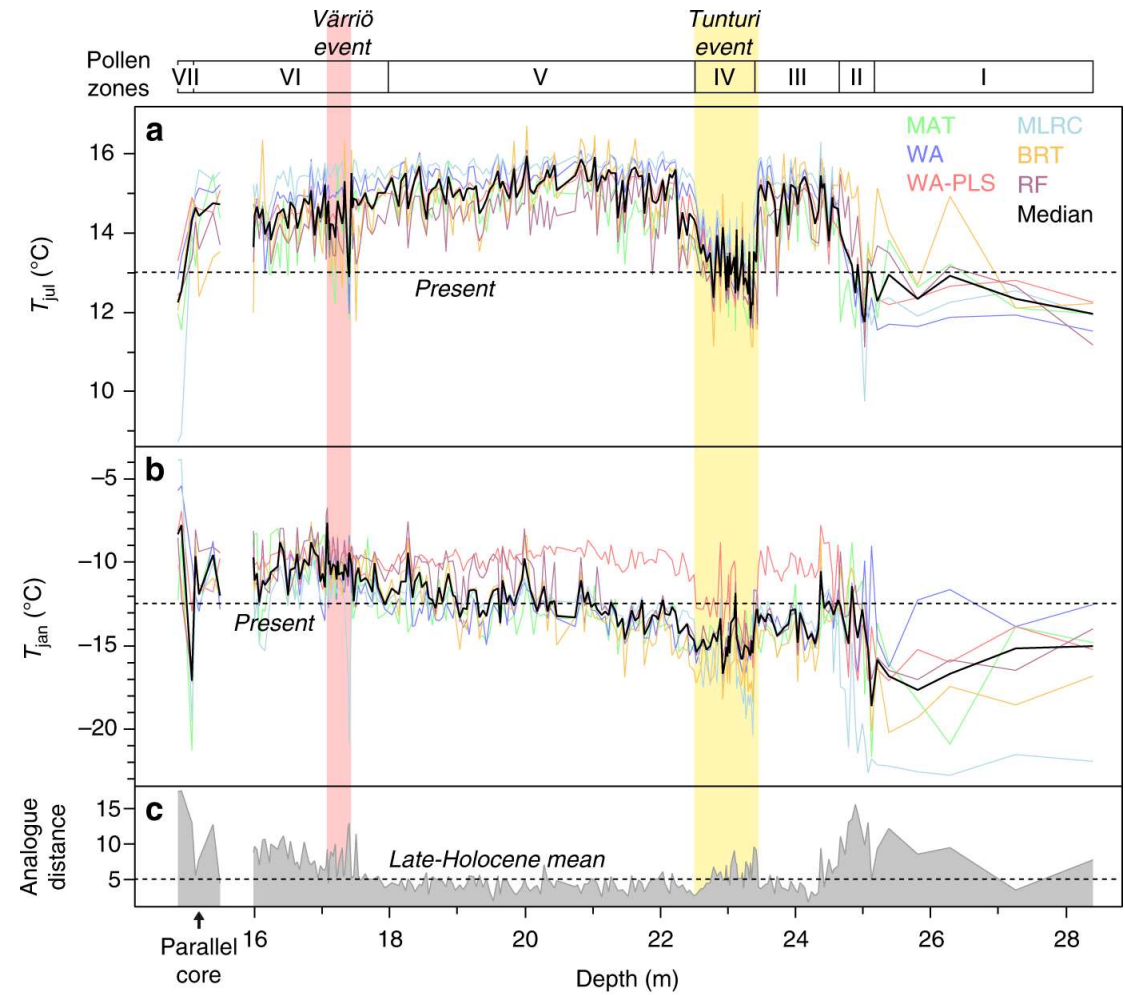


Parks
Small houses (low population)
Dense population (block of flats)
Industry
Roads
Higher polluted threshold
Lower polluted threshold
Threshold to monitor

Kuva 19. Hulevesikaivojen sakkapesien sedimenteistä analysoitujen kuparin (A) ja sinkin (B) pitoisuuksia. Kuvaajissa pisteet on luokiteltu eri maankäyttöluokkien mukaan ja näkyvissä on eri näytepisteiltä mitatut metallien pitoisuudet. Kuvaajiin on merkattu maaperään päätyvien sedimenttien raja-arvot (kuparilla 100 mg/kg, 150 mg/kg ja 200 mg/kg ja sinkillä 200 mg/kg, 250 mg/kg ja 400 mg/kg). Kuparin (A) pitoisuudet näytepisteillä ylittävät ylemmän ohjearvon kahdella liikennealueen pisteellä. Sinkin (B) pitoisuudet ylittävät ylemmän ohjearvon 14:ssä näytepisteessä. Ylemmän ohjearvon ylittäviissä pisteissä oli kaikkia eri maankäytön luokkia. Kaikilla paitsi yhdellä liikennealueen pisteellä sinkin pitoisuus ei ylittänyt ylempää ohjearvoa.

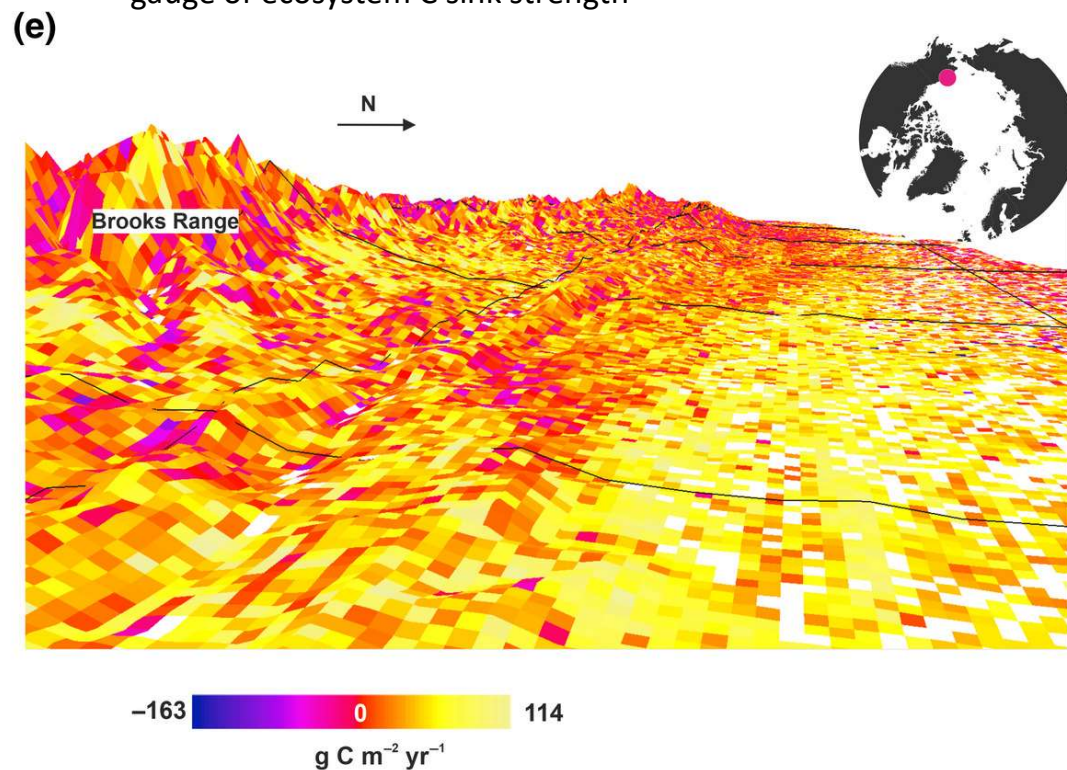
Ilmastohistoria ja kasvillisuus

Salonen, J. S. et al.

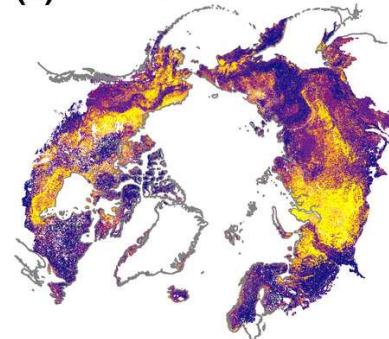


Hiilinielut ja arktinen ympäristö

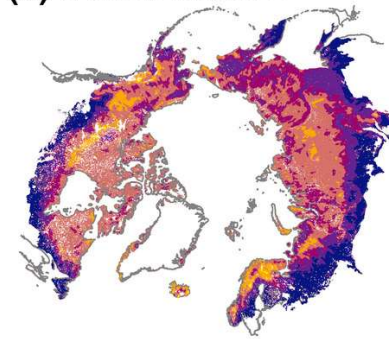
Net ecosystem exchange (NEE) is a measure of the net exchange of C between an ecosystem and the atmosphere (per unit ground area) and is a primary gauge of ecosystem C sink strength



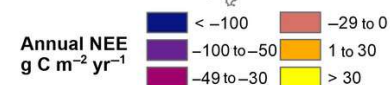
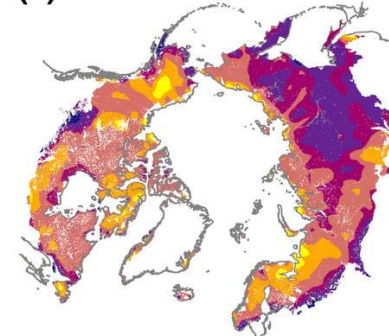
(a) This study annual ER-GPP



(b) FLUXCOM annual NEE

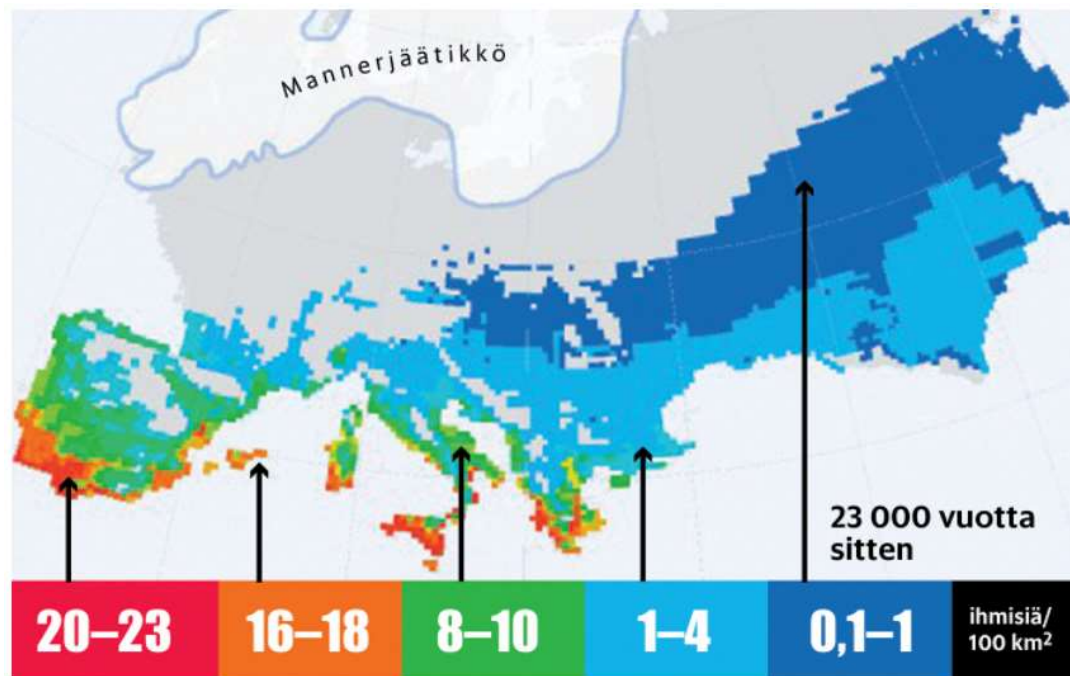


(c) CMIP5 annual NEE



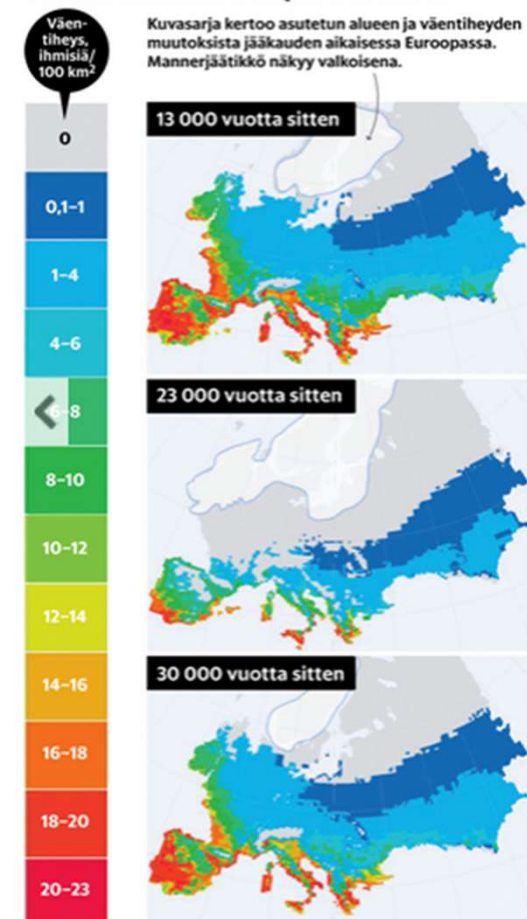
Virkkala, A. et al. 2021 Statistical upscaling of ecosystem CO₂ fluxes across the terrestrial tundra and boreal domain: Regional patterns and uncertainties. *Global Change Biology* 27 (17): 4040-4059.

Mallinnettu ihmisasutus jäätiköitymisen maksimiaikana, LGM; last glacial maximum (23 000 BP)



Kartassa näkyy, kuinka laajalle asutus oli levinnyt Euroopassa 23 000 vuotta sitten sekä eri alueiden väestötiheys.

Jopa jääkauden kylmimpänä aikana kolmasosassa Euroopasta vallitsi ihmiselle sopiva ilmasto



Geodiversiteetti - Yksi merkittävimpiä luonnonmaantieteilijöiden tutkimuskohteista



Geodiversiteetillä tarkoitetaan elottoman luonnon monimuotoisuutta maan pinnalla ja sen alapuolella. Geodiversiteettiin kuuluvat **kivilajien, maaperän, pinnanmuotojen ja vesistöjen monimuotoisuus** – niin materiaalien, muodostumien kuin prosessienkin osalta.

Geodiversiteetti toimii biodiversiteetin alustana ja tarjoaa ihmisille lukuisia luontopalveluja, kuten puhdasta vettä, mineraaleja ja luontoelämyksiä, ja elottomalla luonnolla on itseisarvo.

Tietoa geodiversiteetistä tarvitaan, **kun ratkotaan monisyisiä globaaleja ongelmia ja pyritään kohti kestävämpää tulevaisuutta**. Geodiversiteettiä myös suojellaan ja käytetään kestäväen matkailun vetonaulana.



Hydrologia
Hydrology

Hydrologiaan kuuluvat erityyppiset vesistöt, kuten järvet ja joet. Lisäksi suot, soistuneet alueet ja pohjavedet ovat osa hydrologiaa.



Geomorfologia
Geomorphology

Geomorfologiaan kuuluvat maan pinnan muodostumat ja prosessit. Maisemakuvassa näkyy esimerkiksi jään, tuulen ja virtaavan veden jättämiä jälkiä.



Pinnanmuodot
Topography

Pinnanmuodot eli korkeuden vaihtelut ovat näkyvä osa maiseman geodiversiteettiä. Ne liittyvät läheisesti geomorfologisiin prosesseihin.



Kallioperä
Bedrock

Kallioperä on usein piilossa katseiltamme. Esimerkiksi Suomen pinta-alasta avokalliota on noin 3 %. Joissakin paikoissa kallioperä voi olla paljastunut, esimerkiksi tuntureilla tai vuoristossa.



Maaperä
Soil

Kallioperän päällä oleva maaperä on usein kasvillisuuden peitossa. Yhdessä kallioperän kanssa maaperä muodostaa maankamaraan.

https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi_-_artikkelit/geologi_2022_1_3_tukiainen_ym_geodiversiteetti.pdf



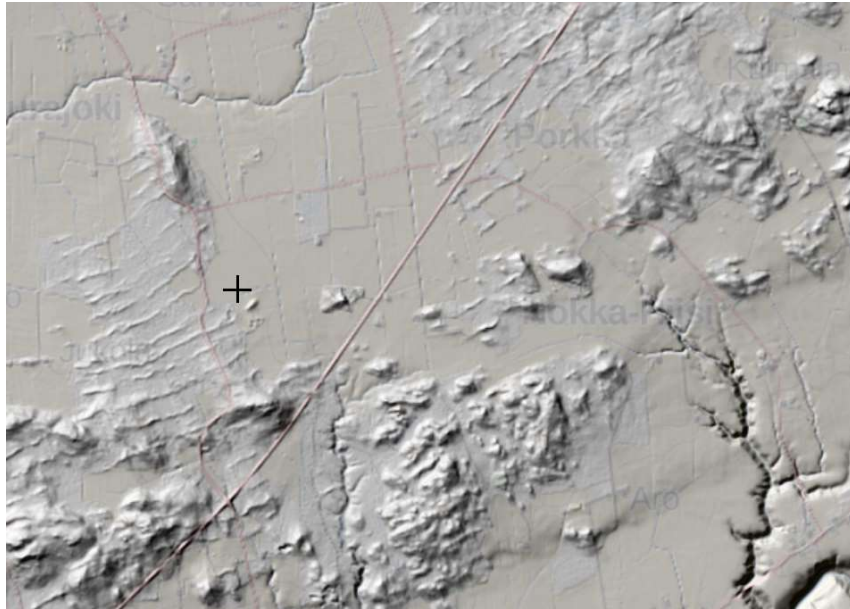
BIODIVERSITEETTI – elollinen luonto, "näyttelijät", "the actors"

GEODIVERSITEETTI – eloton luonto, "näyttämö", "the stage"

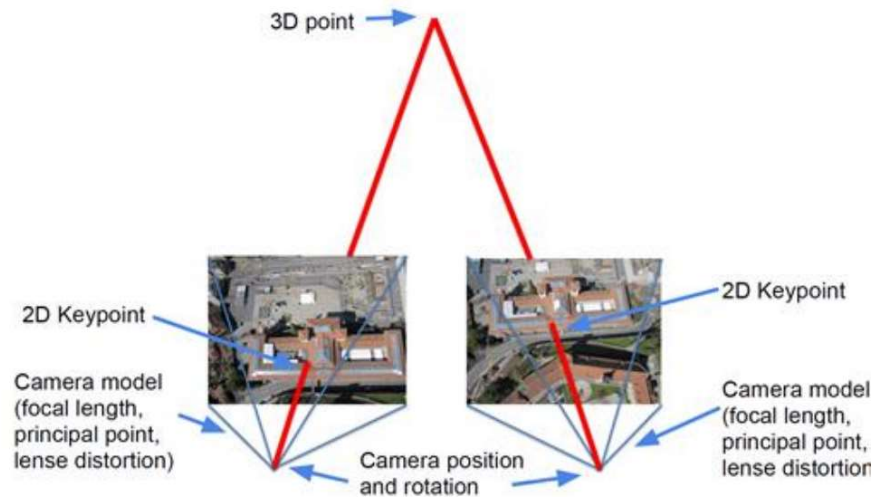


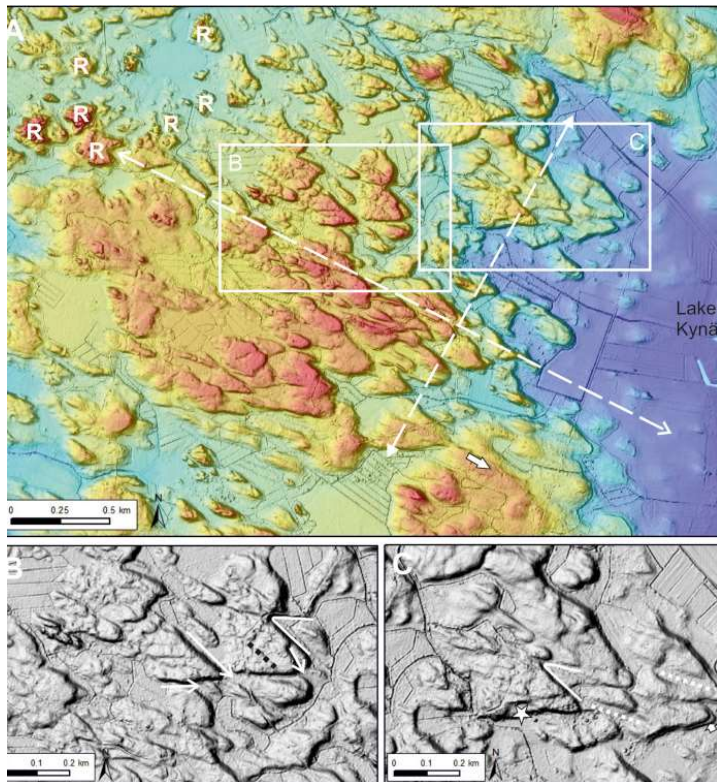
Kuva 1. Luonnonsuojelussa tulisi "Conserving Nature's Stage" -strategian mukaan ottaa huomioon elottoman ja elollisen luonnon monimuotoisuus ja niiden välinen yhteys. (Kuvat: Helena Tukiainen ja Pixabay)

(Tukiainen)



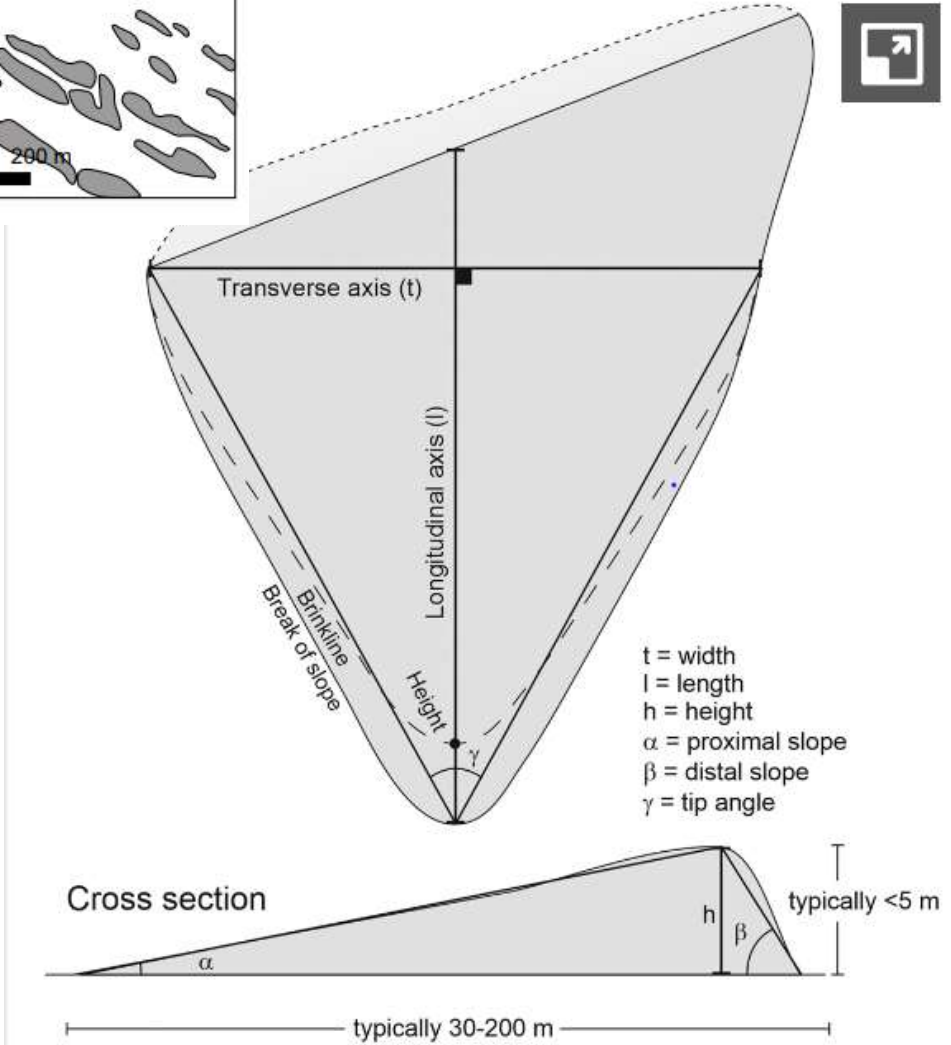
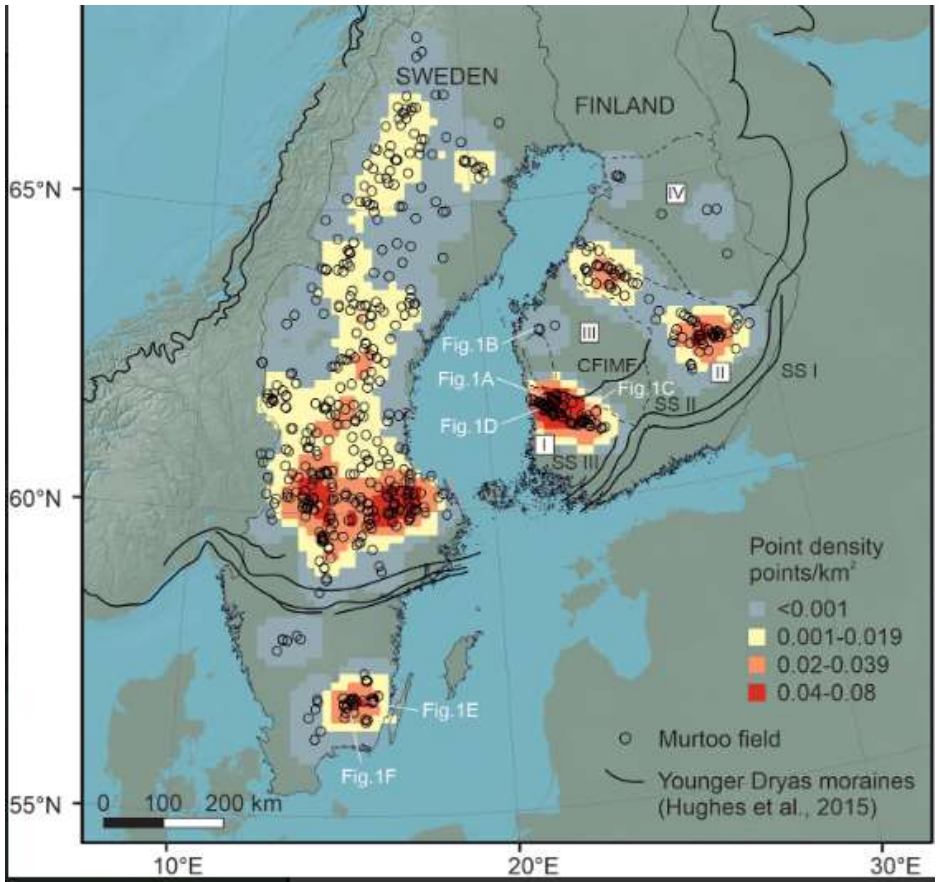
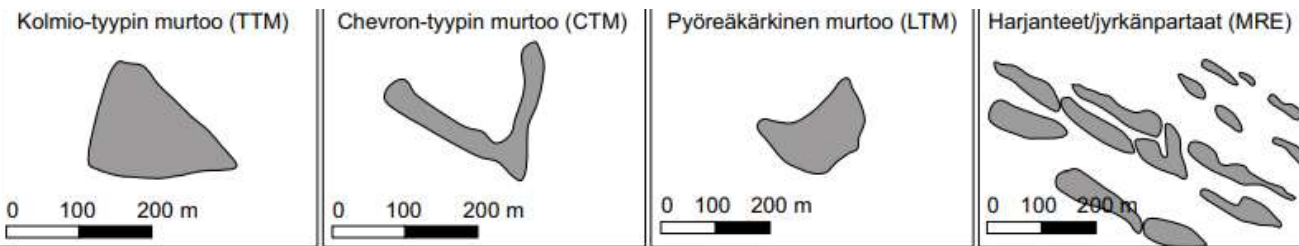
Lidar –laserkeilaus ja tarkentuneet korkeusmallit **luonnonmaantieteen työkaluna:** **Esimerkkinä Murtoo-moreeni**

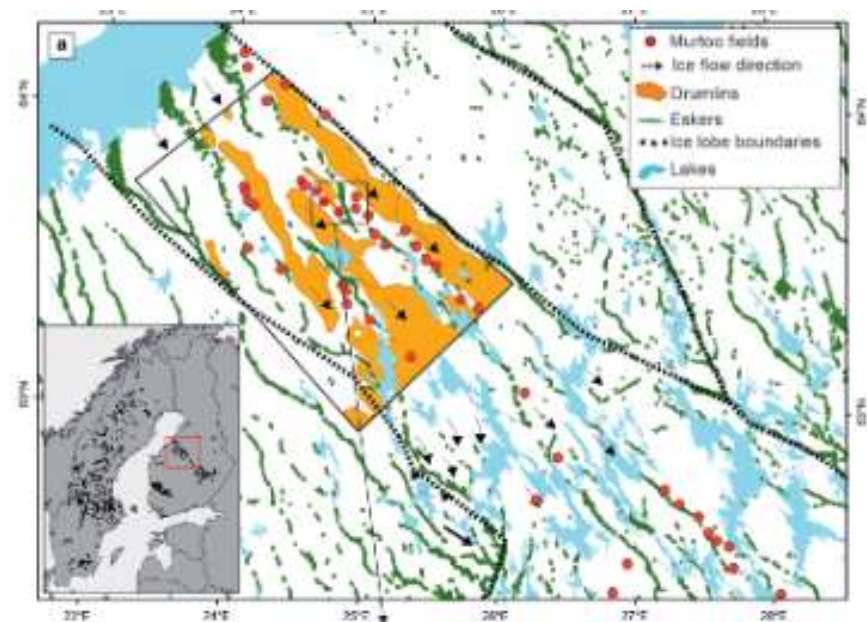
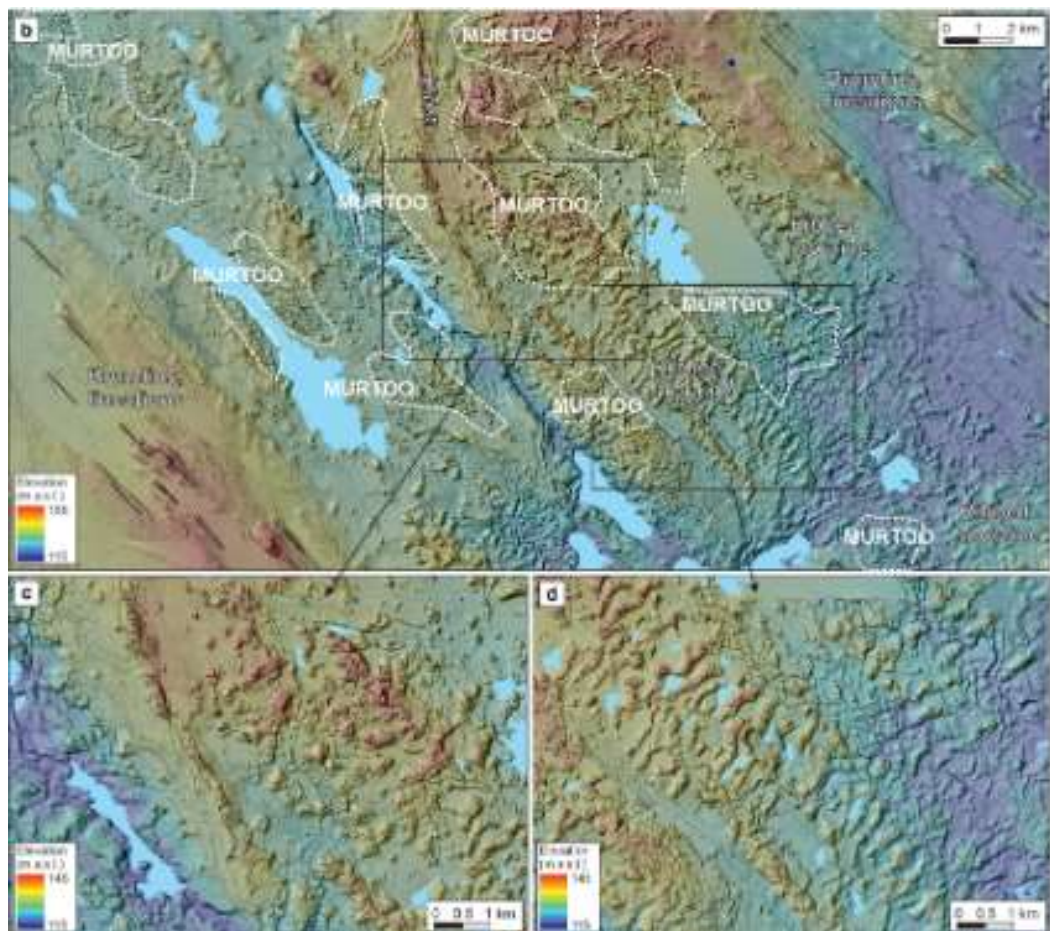




Murtoo - moreeni

- Kolmiomaisen muotoisia ja kivisiä, pitkänomaisia (pituus 100-200 metriä) noin 2-5 m korkeita. Kuvattu tieteellisesti vuonna 2017.
- Lohkareista, vahvasti sulavesien huuhtomaa
- Esiintymiä mm. Pori-Tampere välillä ja Pohjanmaalta Järvi-Suomeen





Luonnonmaantieteen nykyhetken kehityksen ydinasiat

1. KVANTITATIIVISUUS



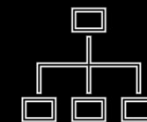
2. GLOBAALIMUUTOS



3. KAUKOKARTOITUS JA GIS



4. MONITIETEINEN LÄHESTYMISTAPA



Kemppinen, Julia et al. (2022). Geomorphological processes shape plant community traits in the Arctic. *Global Ecology and Biogeography* 31:7

<https://researchportal.helsinki.fi/fi/publications/geomorphological-processes-shape-plant-community-traits-in-the-arctic>

Salonen, Sakari (2021). Viisi maailmanloppua. Maapallon historia ja ihmiskunnan tulevaisuus. Gaudeamus. (ei saatavissa ilmaisversiona)

https://www.gaudeamus.fi/wp-content/uploads/2021/04/141_Salonen_Viisi_maailmanloppua_Sisallys_verkkoon.pdf

Tukiainen, Helena, Maija Toivanen & Elina Lehtonen (2022). Geodiversiteetti on elottoman luonnon monimuotoisuutta. *Geologi* 74.

https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi_-_artikkelit/geologi_2022_1_3_tukiainen_ym_geodiversiteetti.pdf

Ojala, Antti et al. (2022) Murtoot – mitä ne ovat? *Geologi* 74

https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi_-_artikkelit/geologi_2022_6_1_ojala_ym_murtoot.pdf