



Willem Goedkoop
SLU

**Uppvärmning och oligotrofiering påverkar
biodiversitet och produktion i fjällsjöar –
men lämpliga bedömningsgrunder saknas**



Vad gör jag när jag inte är på Vattendagarna?

- Leder Biodiversa/Belmont-projektet Arctic-BIODIVER om biodiversitet och funktion i den arktiska regionen (med partners i Norge, Kanada, Alaska, Grönland)

<https://www.slu.se/en/departments/aquatic-sciences-assessment/research/forskningsprojekt/active-research-projects/arctic-biodiver/>

- Projektledare för REFINE (NV/HaV)

<https://www.slu.se/institutioner/vattenmiljo/forskning/forskningsprojekt/alla-forskningsprojekt/refine/>

- Involverad i REFRESH, som syftar till att introducera streckkodning i miljöövervakningen (leds av Maria Kahlert)

<https://www.slu.se/institutioner/vattenmiljo/forskning/forskningsprojekt/alla-forskningsprojekt/freshbar/>

- Sveriges representant i sötvattengruppen av CAFF-CBMP

www.caff.is

- Koordinator för SLU:s miljöanalysprogram Fjäll/Arktis

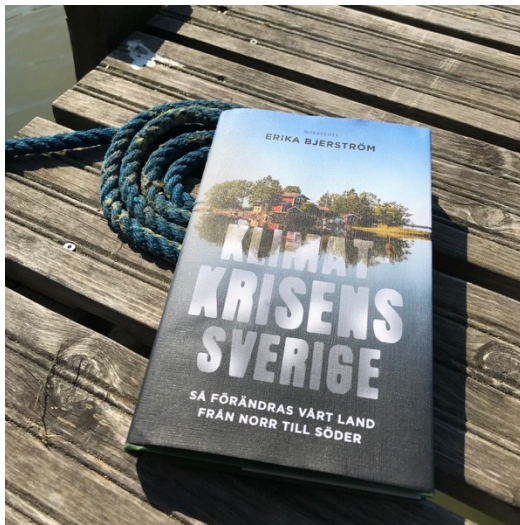
<https://www.slu.se/miljoanalys/program/fjallarktis/>



CAFF
Conservation of Arctic Flora and Fauna



Fjällen förändras fort... och därmed dess vatten...



Av Erika Bjerström

Vetenskap

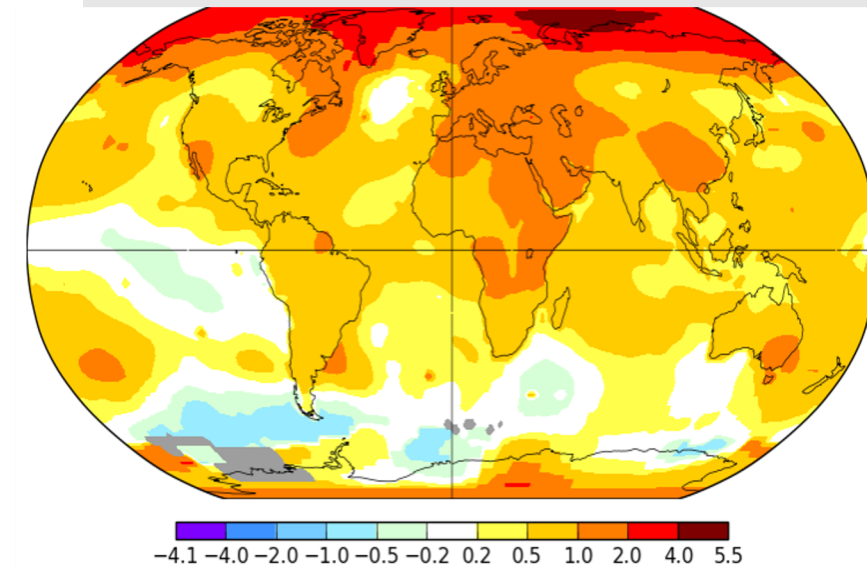
” Den som har tänkt vandra Kungsleden och njuta av kalfjällets massiv bör göra det snart – fjällen håller på att växa igen

Hur länge till kan vi njuta av naturen längs Kungsleden?

Klimatförändringar i de arktiska områdena

- Mer än 2x snabbare än någon annanstans (>2°C under 30 år)
- Effekter på landskap
 - "Greening of the Arctic"
(t.ex. Myers-Smith et al. Ambio 2011)
 - Markprocesser (nedbrytning, vittring)
- Direkta effekter på sjöar och vattendrag
 - Temperatur
 - Hydrologi, vattenkemi
 - Biodiversitet, ekosystemfunktion

Temperature change in 1990–2020



GISTEMP Team, 2021 data.giss.nasa.gov/gistemp/.



Engabreen (No). Bild: Anders Beer Wilse (Norsk Folkemuseum)

**130 ÅR
SIDEN**

<https://www.naturiendring.no>

I DAG



Engabreen (No). Bild: Oskar Puschman (NIBIO)

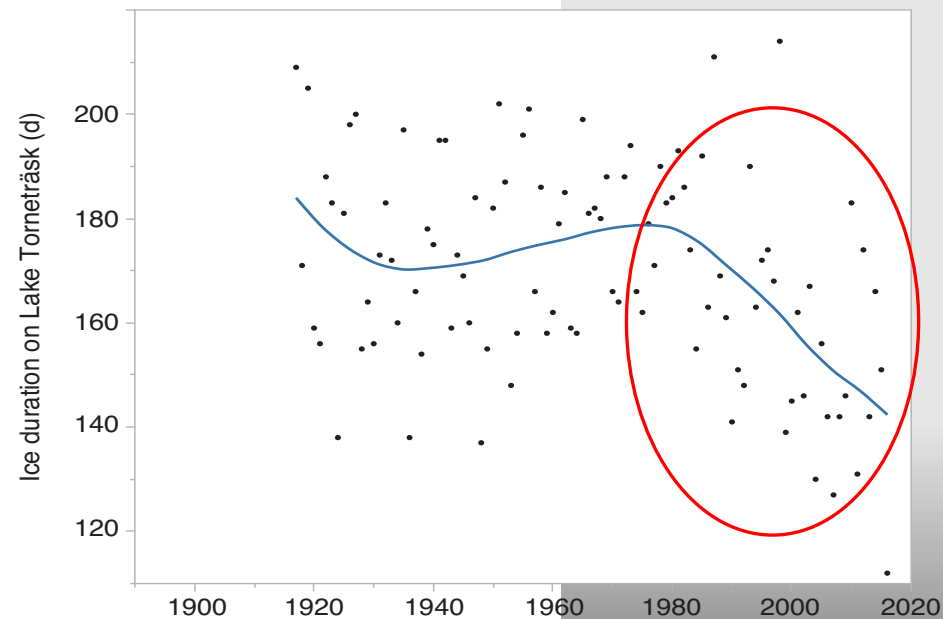
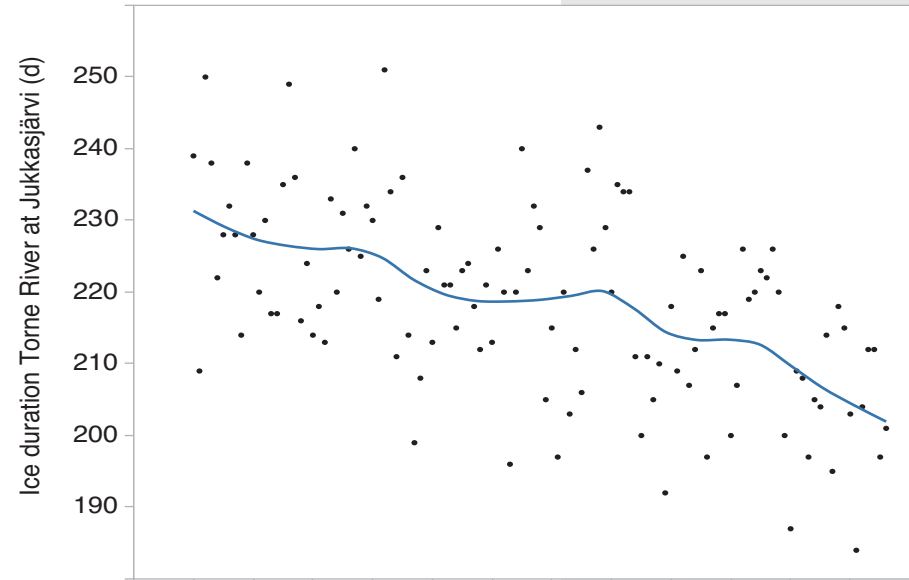
<https://www.naturiendring.no>

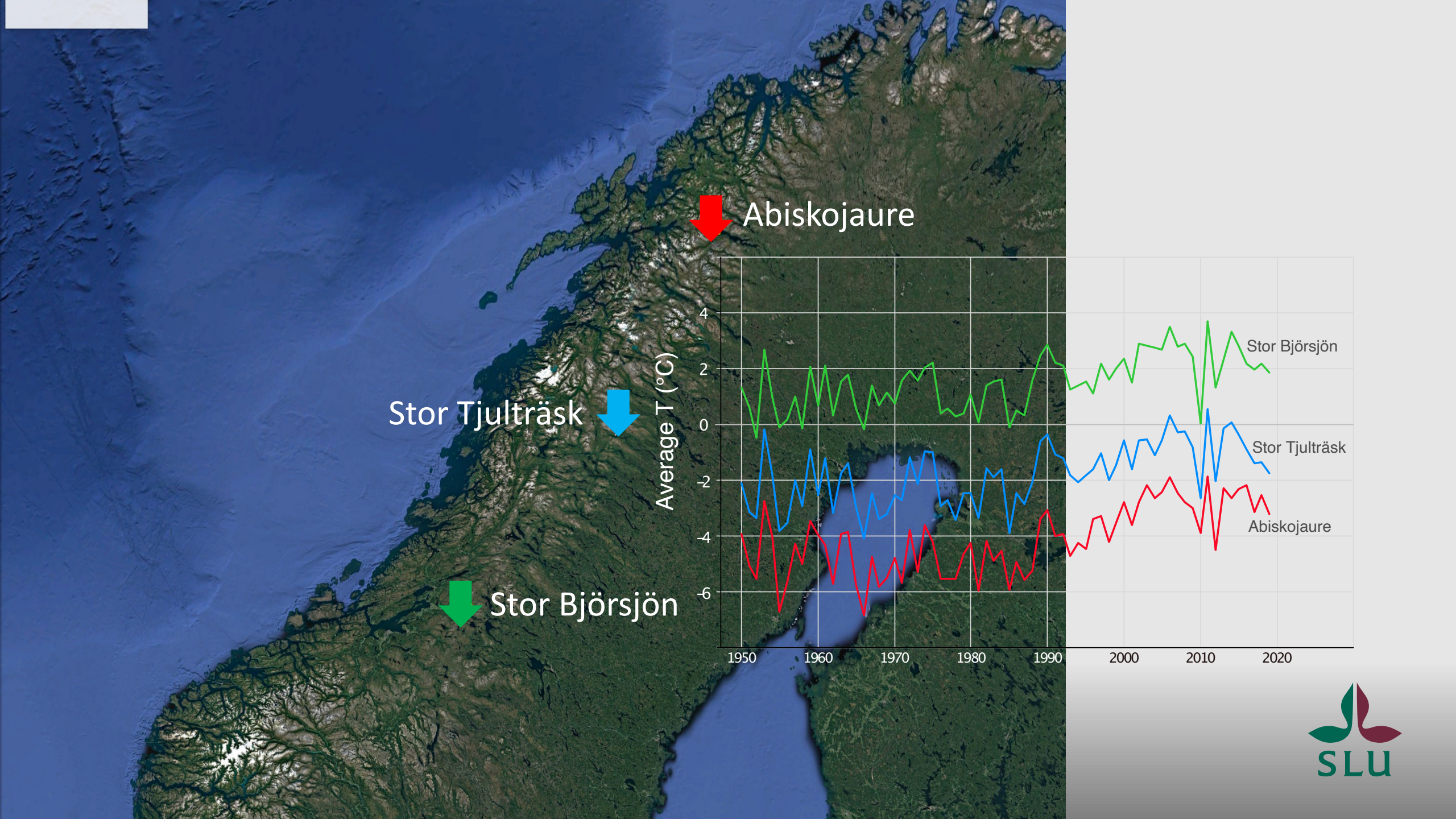
Tydliga T-trender (Källa: SMHI)

Isläggningen 10 dagar senare och
islossningen 10 dagar tidigare än
under tidigt 1900-tal

Det innebär 20 dagar fler med
öppet vatten.

Utan spaning
ingen aning!

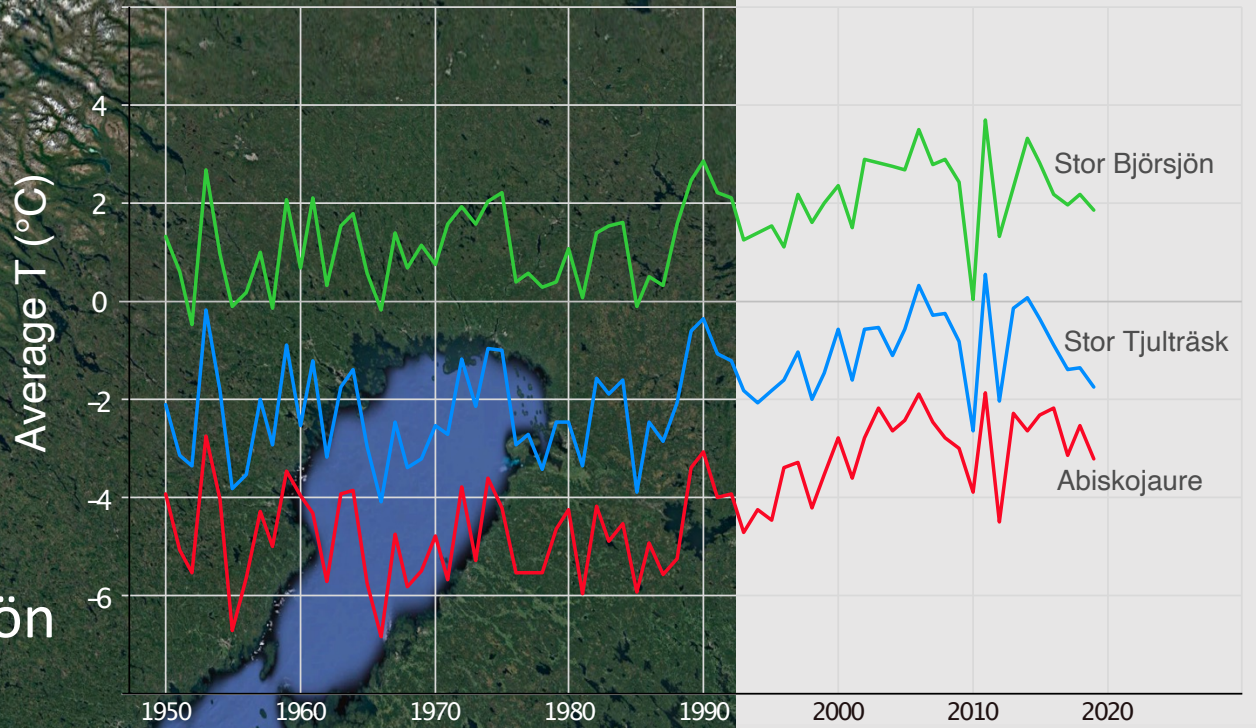


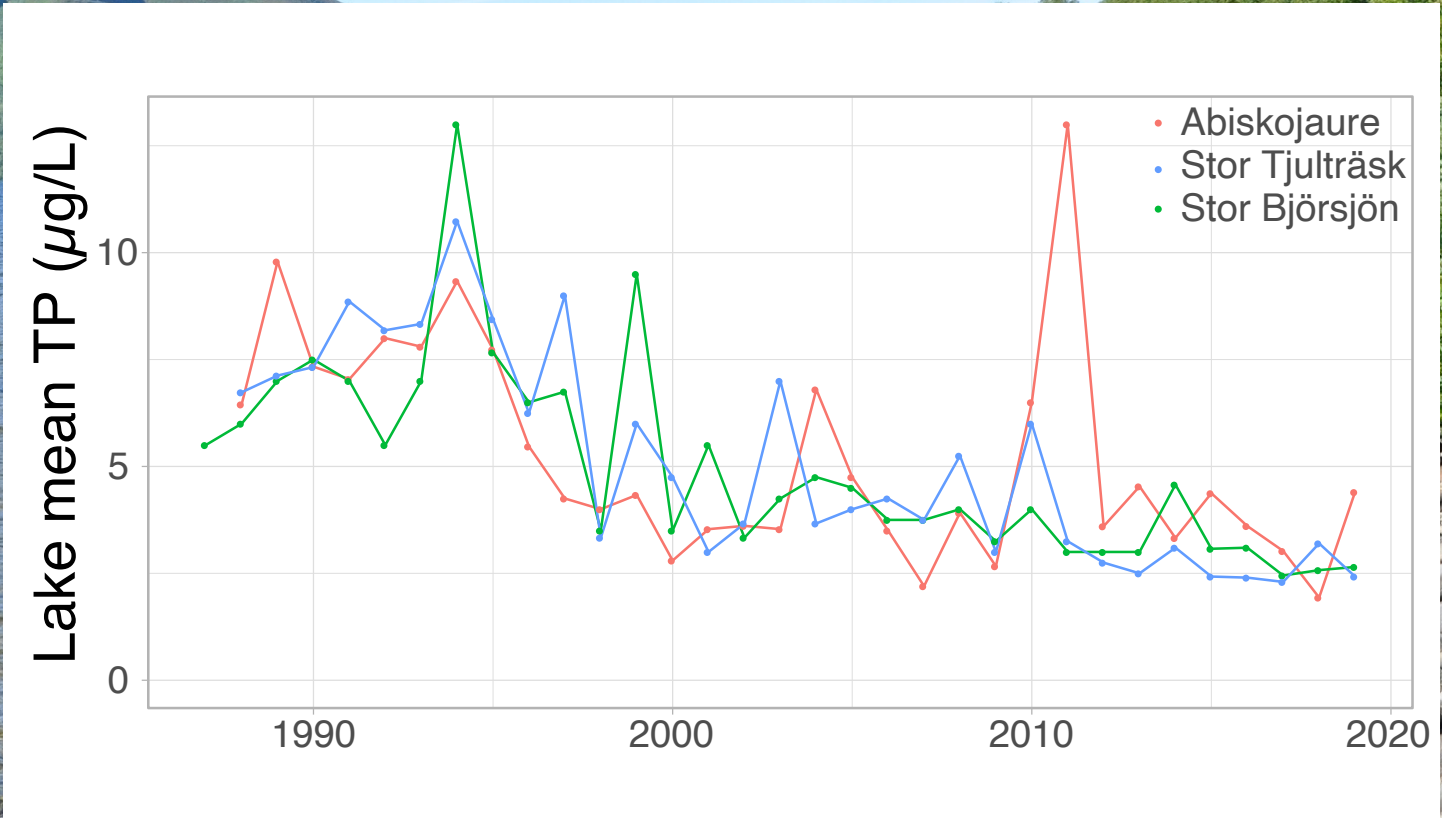
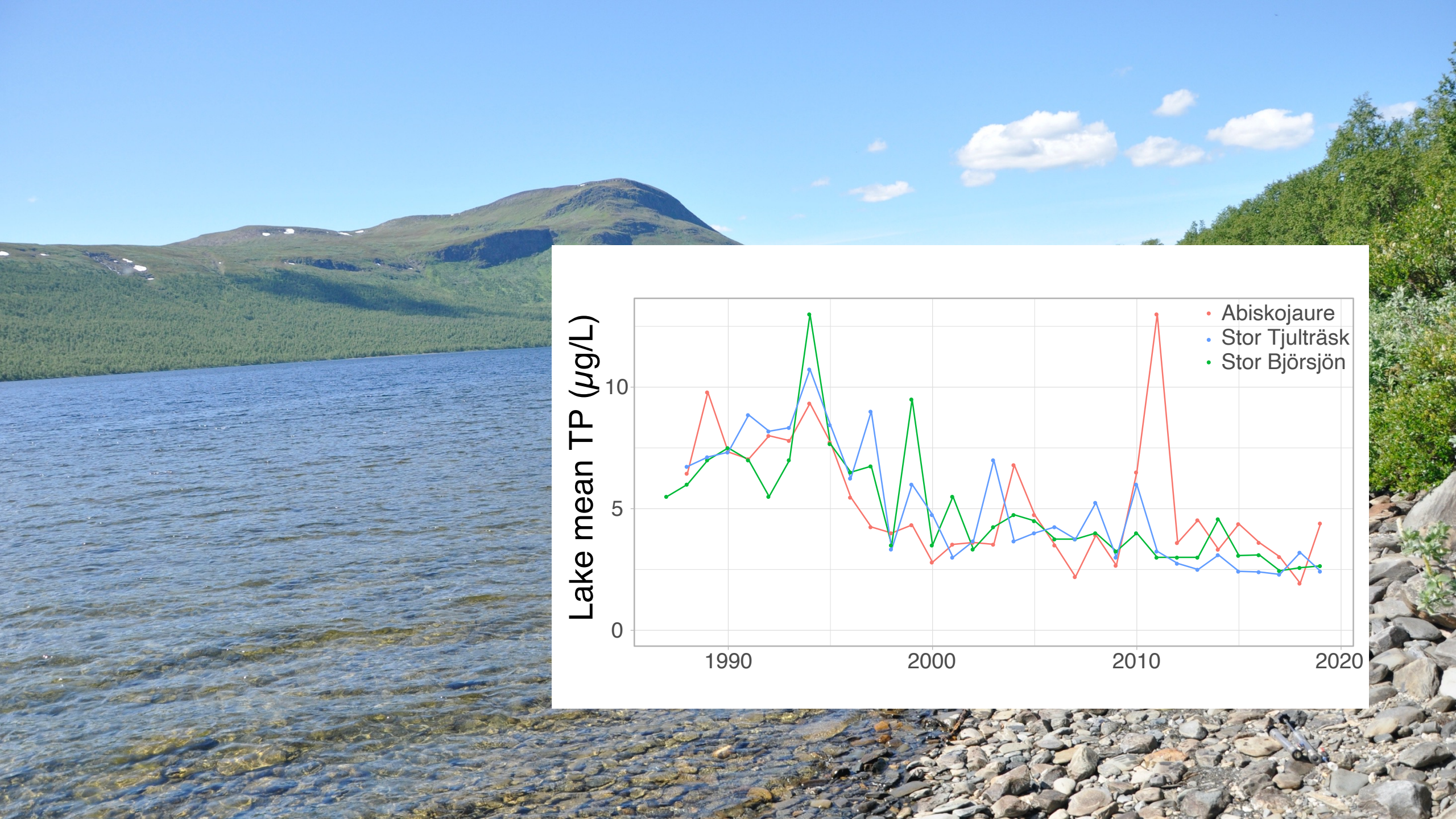


Abiskojaure

Stor Tjulträsk

Stor Björsjön







Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Persistent and widespread long-term phosphorus declines in Boreal lakes in Sweden



Brian J. Huser^{a,*}, Martyn N. Futter^a, Rong Wang^b, Jens Fölster^a

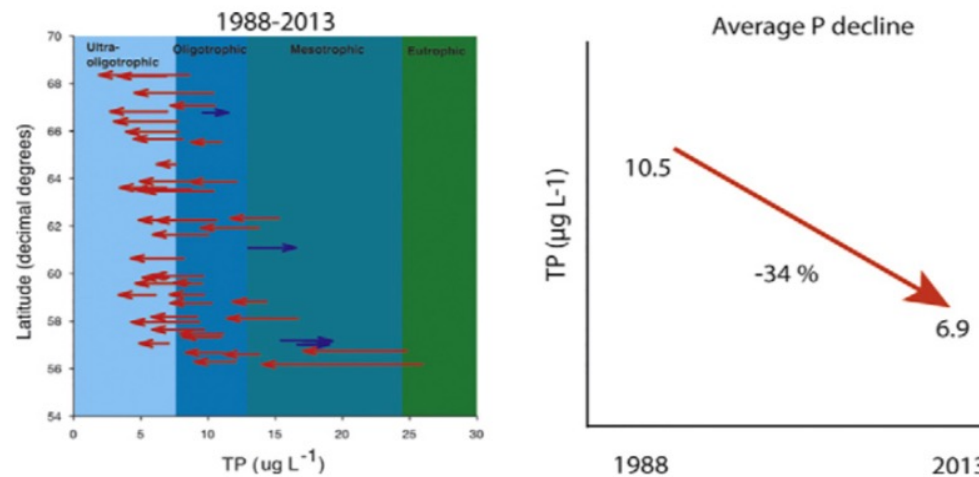
^a Department of Aquatic Sciences and Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7050, 750 07 Uppsala, Sweden

^b Department of Global Ecology, Carnegie Institution for Science, Stanford, CA 94305, USA

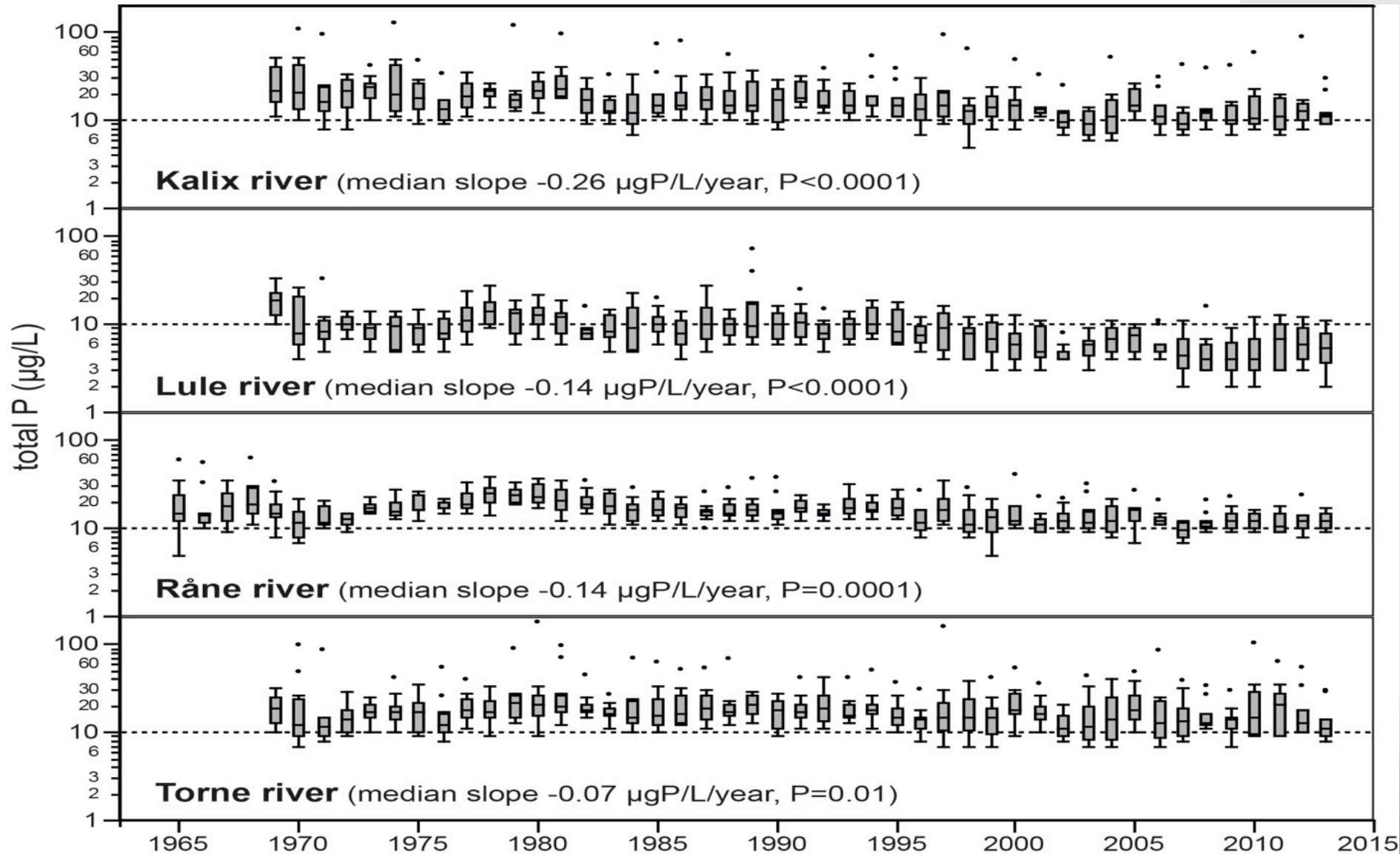
HIGHLIGHTS

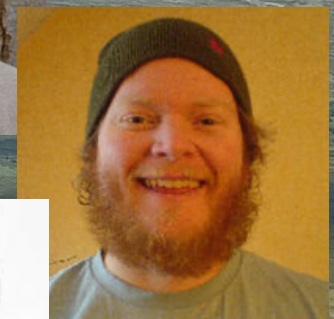
- Substantial, long-term declines in TP were detected in boreal lakes across Sweden.
- Lake trophic status has changed in many lakes to ultra-oligotrophic.
- Increased reliance on forest biomass and hydropower will likely exacerbate P declines.
- Legislation is poorly equipped to handle impairments caused by oligotrophication.

GRAPHICAL ABSTRACT



Fallande TP trender i stora älvar

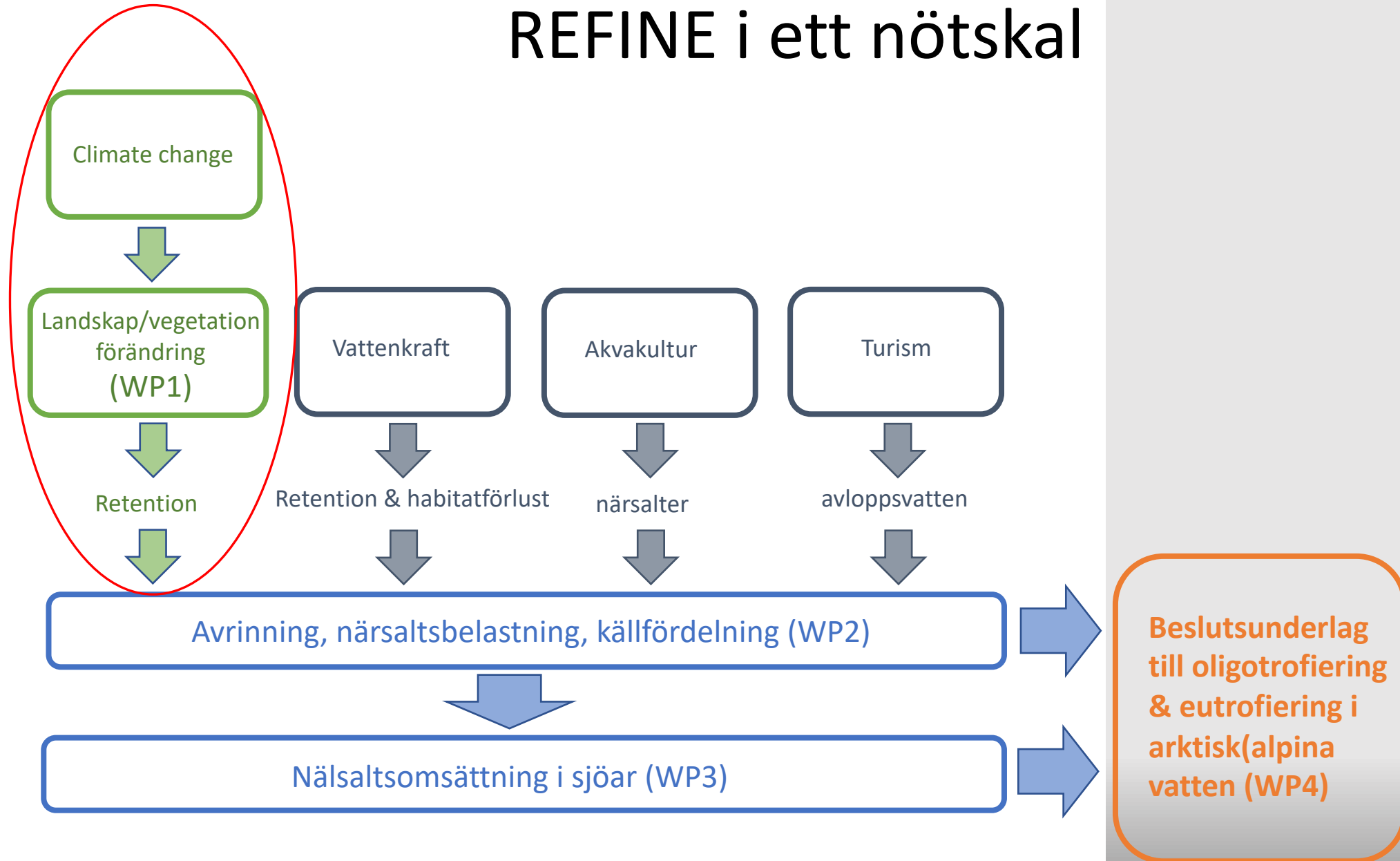




REFINE: Improved assessment of climate impact and eutrophication on arctic/alpine lakes (2020–2023, NV/HaV)



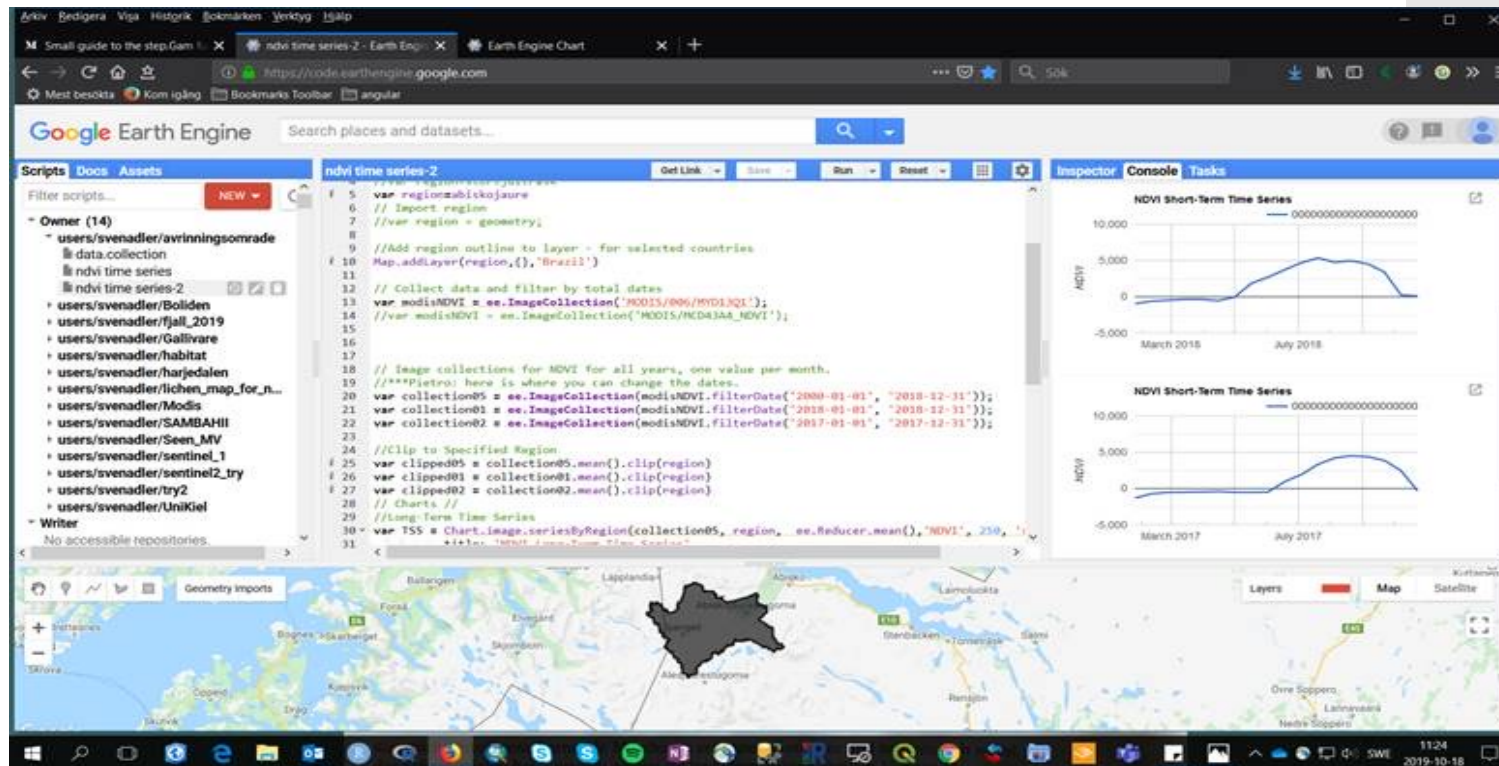
REFINE i ett nötskal



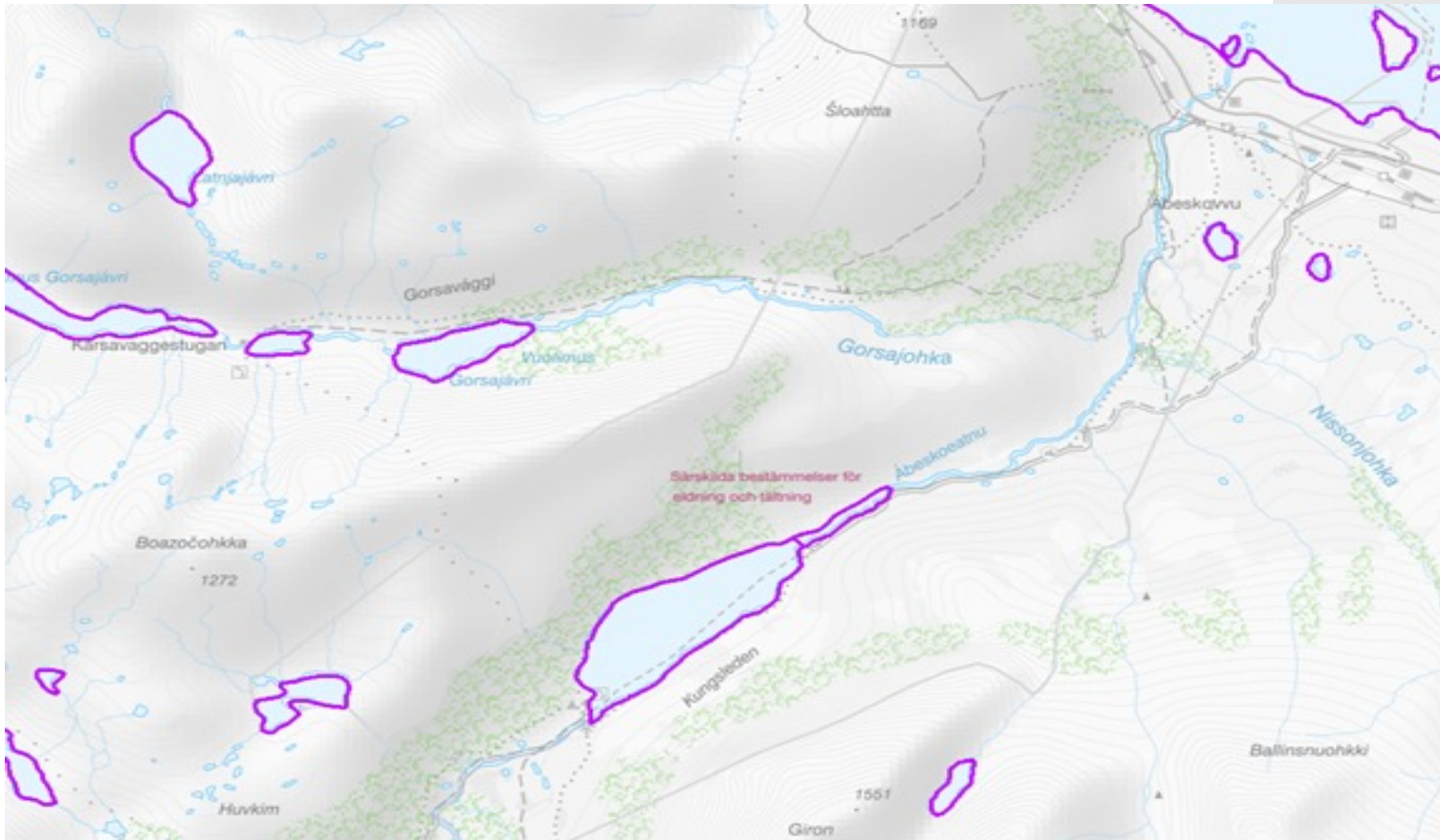
NDVI-data för fjällsjöars avrinningsområden



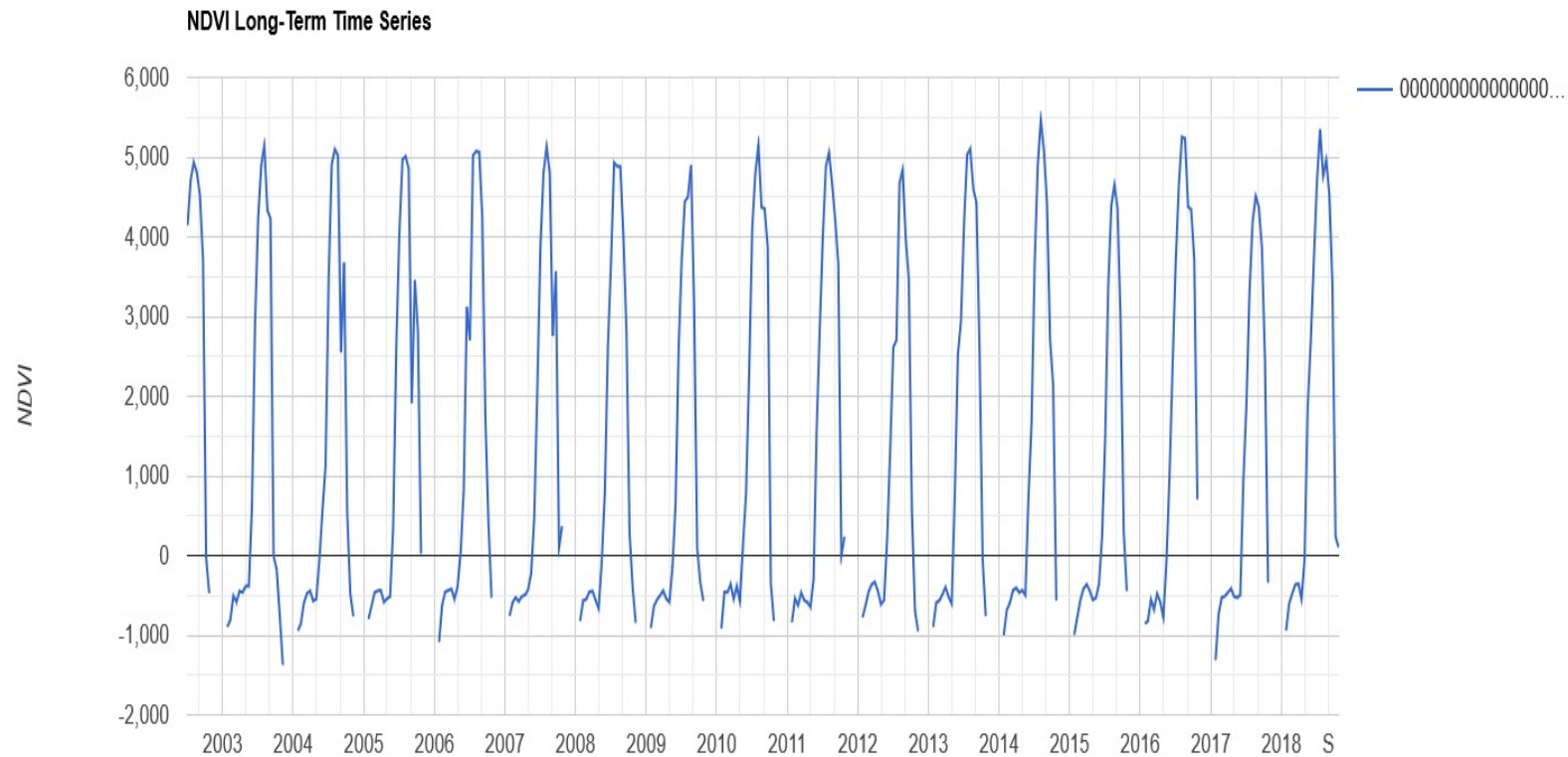
1. koppla NDVI-data (MODIS) till tidsseriedata för övervakningssjöar i fjällen (ca 8 st) för att kvantifiera förändringen i landskapets grönhet (vegetation) och
2. utvärdera i vilken omfattning vegetationsökningen kan förklara den pågående minskning i P-koncentrationerna i fjällsjöarna.

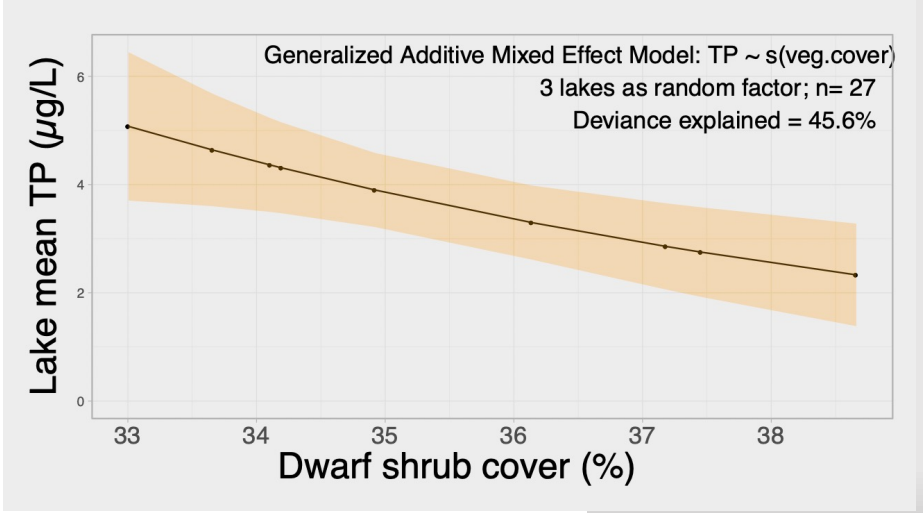
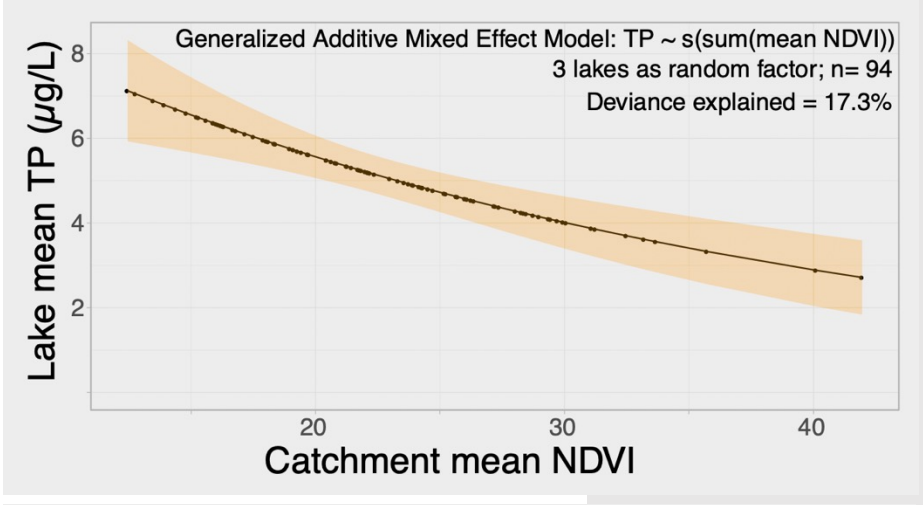
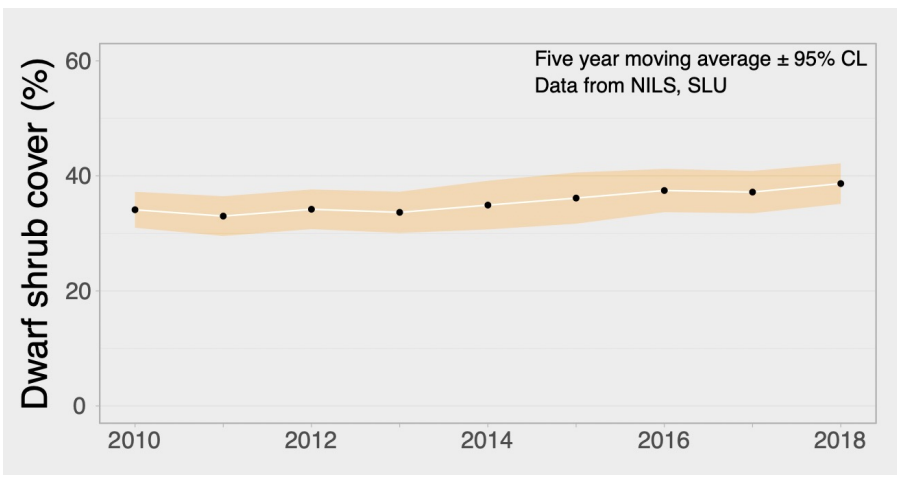
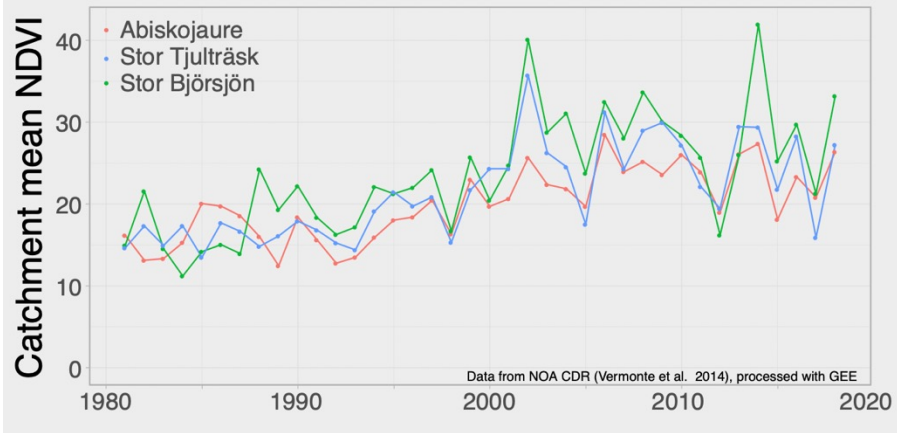
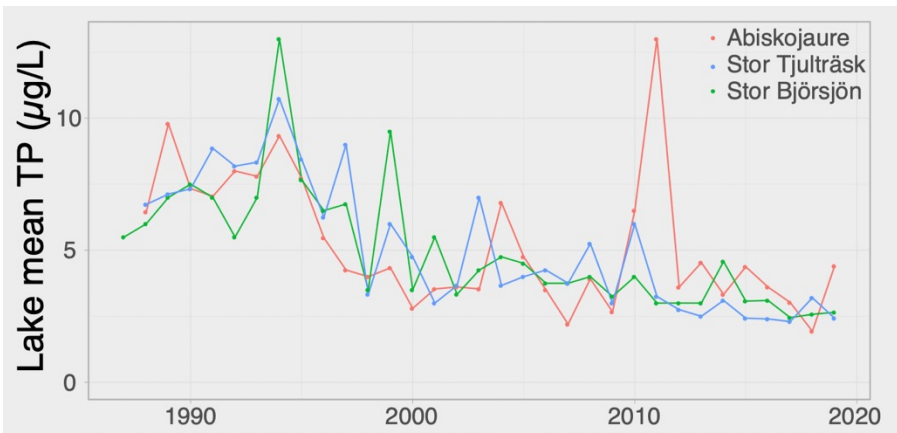


NDVI-data för fjällsjöars avrinningsområden – efter korrektion för vattenytor



NDVI-data för fjällsjöars avrinningsområden – efter korrektion för vattenytor

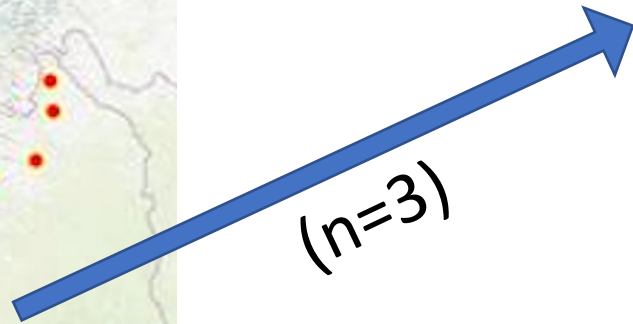




Från grönhet till CNP... i samarbete med NILS



NILS lokaler för vegetationsinventering ovanför trädgränsen



(n=3)



Före



NDVI-bild



Efter



NDVI-bild



Vegetationsprov till SLU

Analys av växtprovers torrsvikt och element

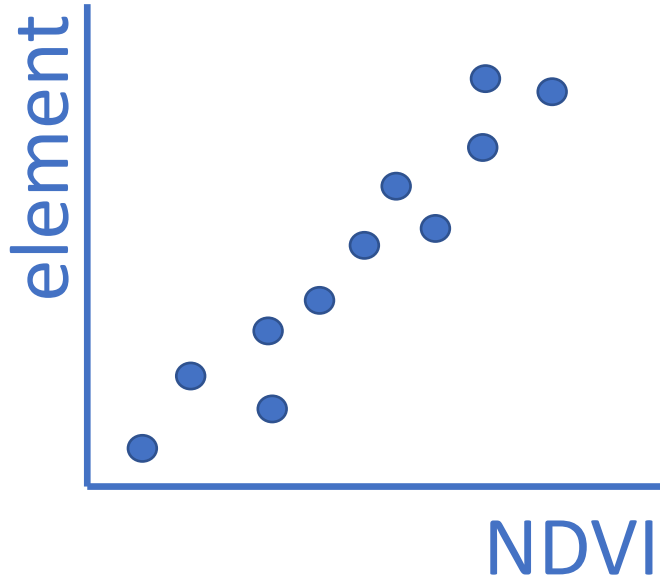


105°C
12t



ICP-MS

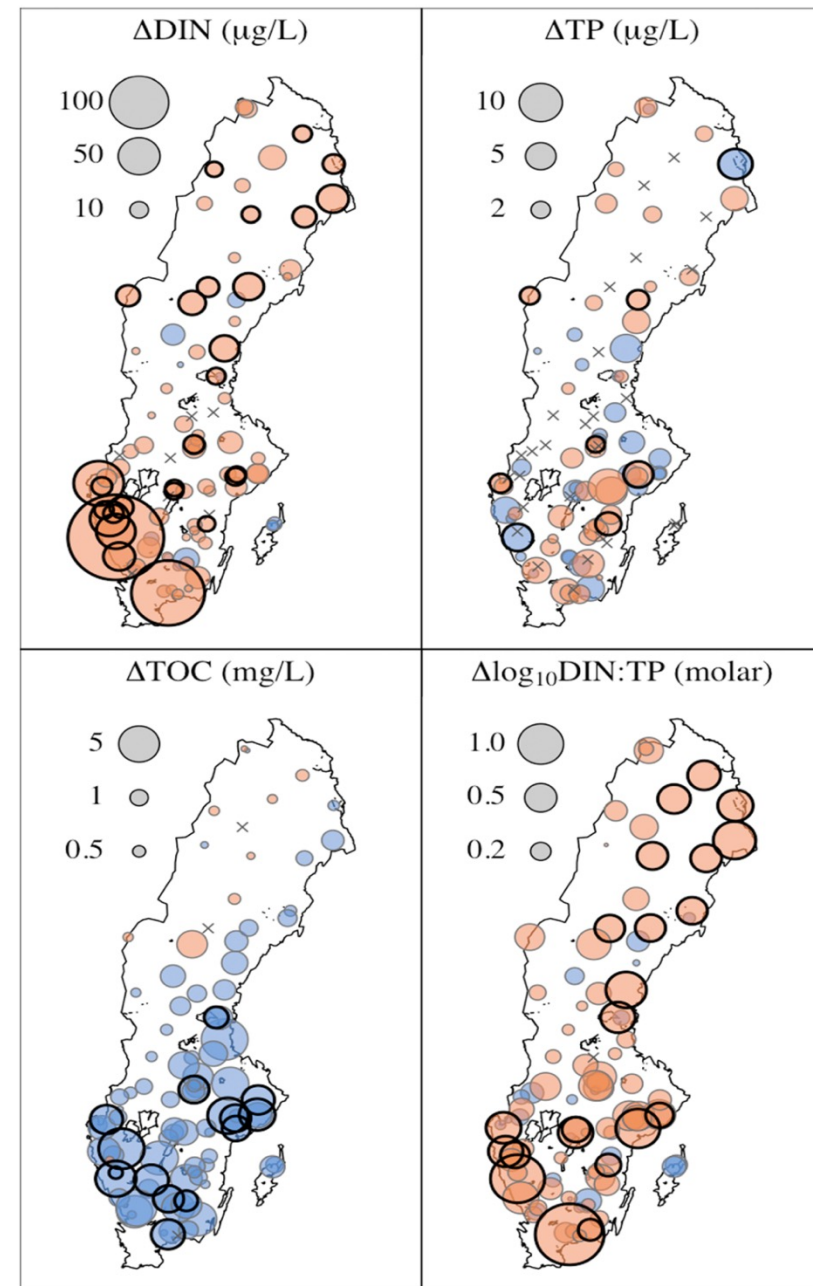
C
N
P
Ca
Mg
Na
K



Uppskalning till retention i ARO

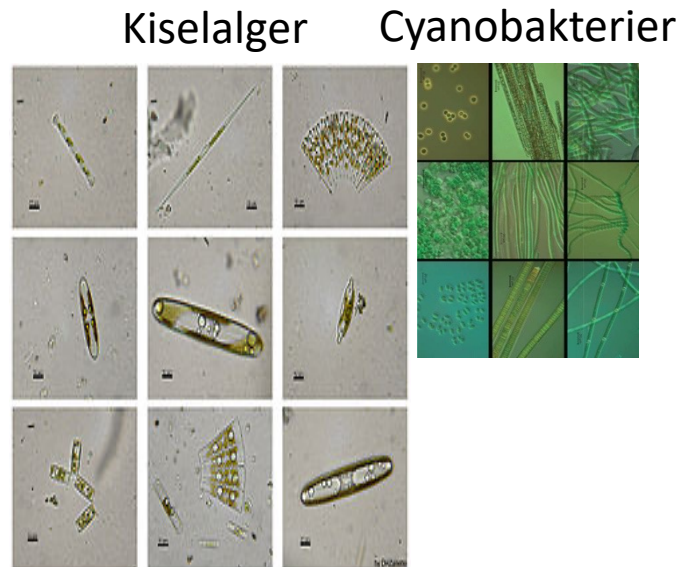
Under vattenytan...

- Minskning i DIN (minskad deposition, upptag i vegetation)
- Minskning i DIN/TP (trend mot ökad kvävebegränsning)

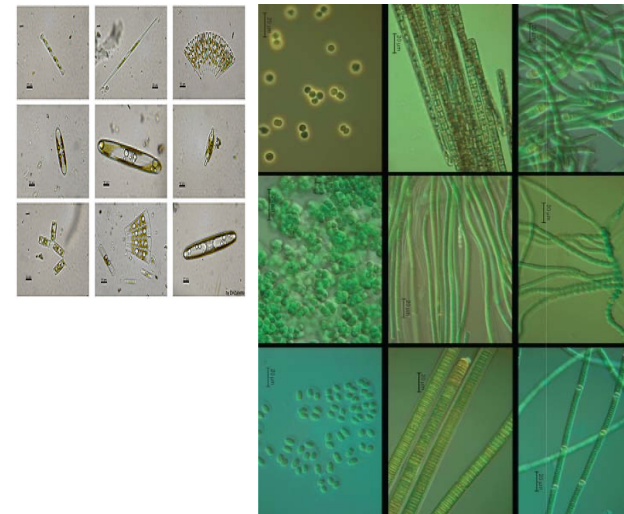


Isles et al. (2018), Glob. Biogeochem. Cycles

Minskad DIN/TP eller ökad N-begränsning



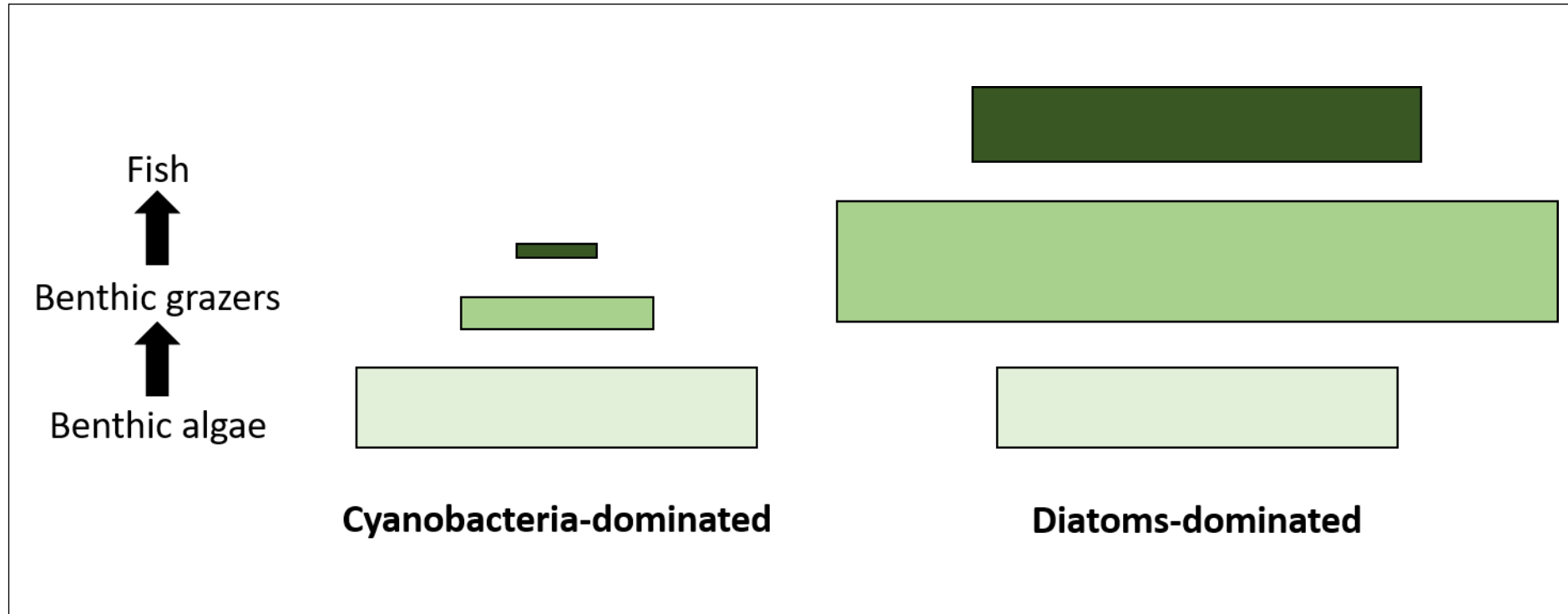
- Hög tillgång på essentiella fettsyror (HUFAs)
- Snabb tillväxt hos betare
- Effektiv trofisk överföring av näring och energi
- Goda förutsättningar för fisk tillväxt och reproduktion



Images: Encyclopedia of Life Sciences

- Låg tillgång på essentiella fettsyror (HUFAs)
- Långsam tillväxt hos betare
- Mindre effektiv trofisk överföring av näring och energi
- Mindre goda förutsättningar för fisk produktion

Födokvalitetseffekter på näringsväven

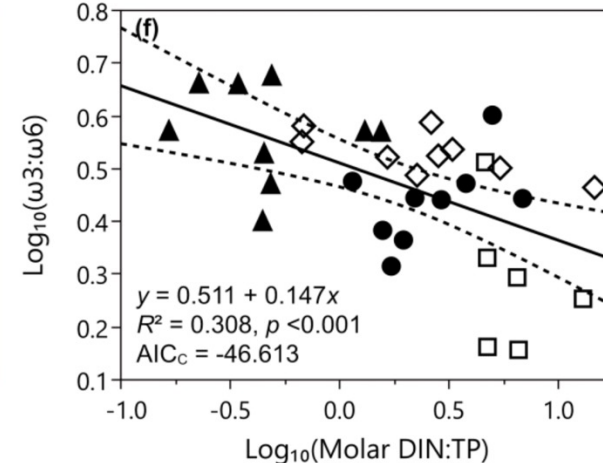
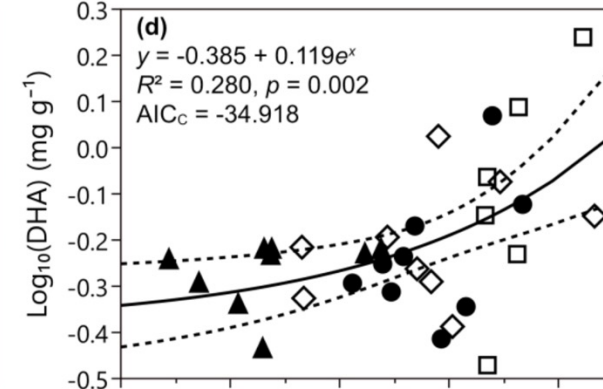
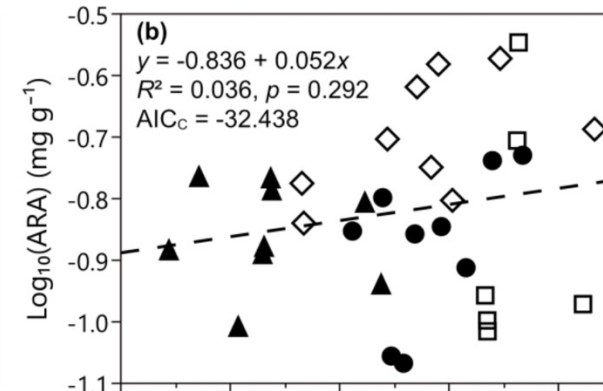
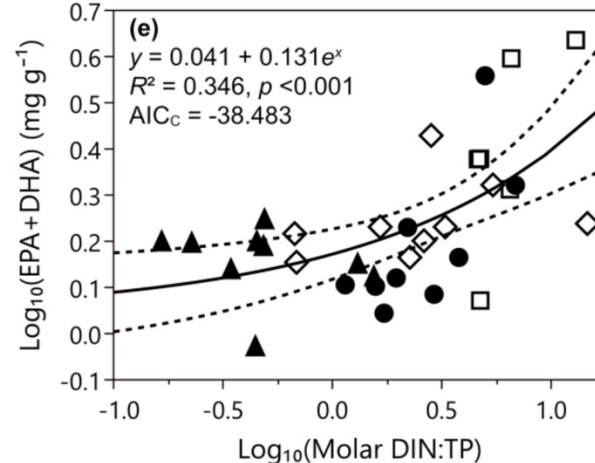
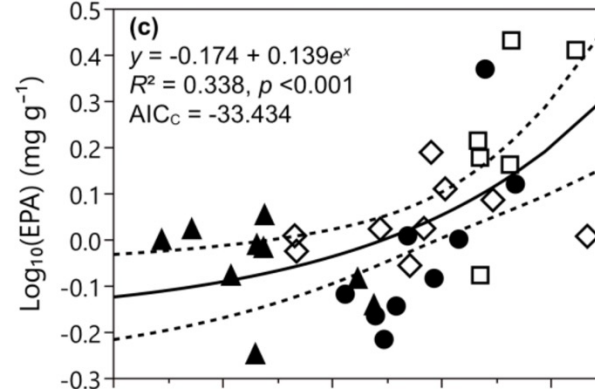
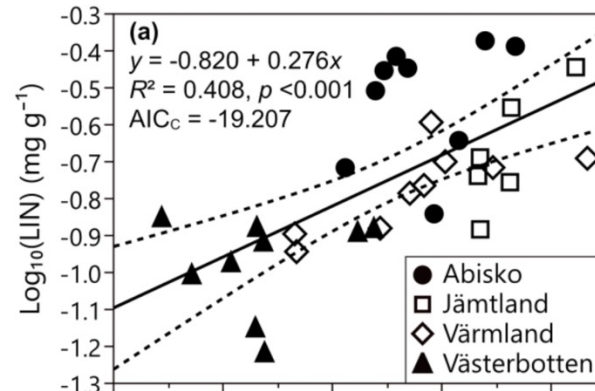


(modified from Brett and Müller-Navarra 1997)

Lau et al. (in press)
visar:

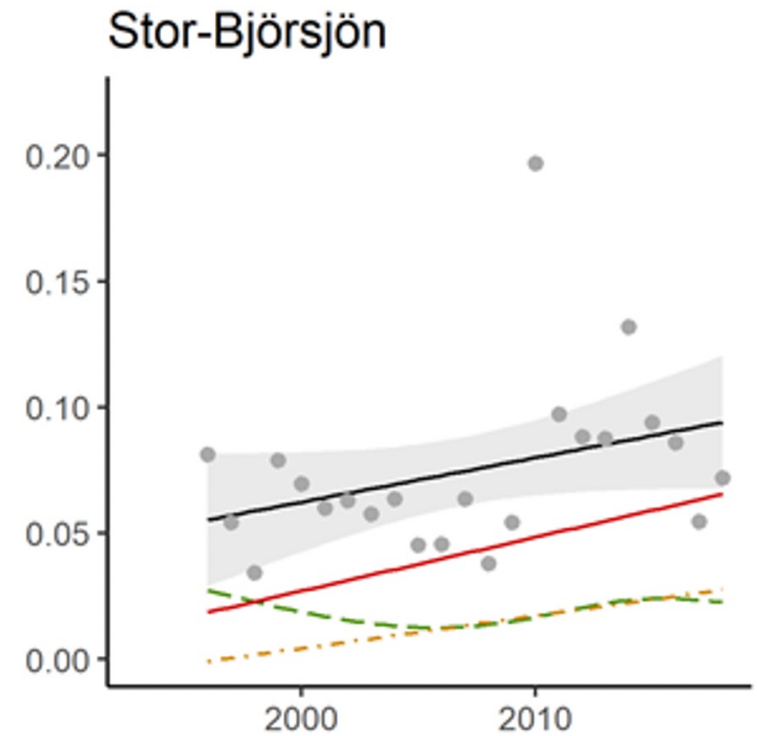
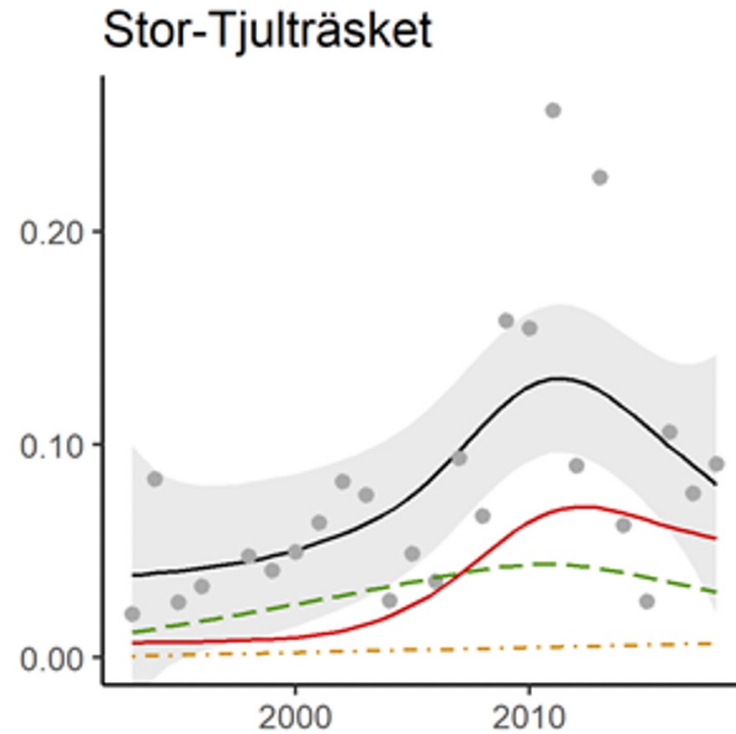
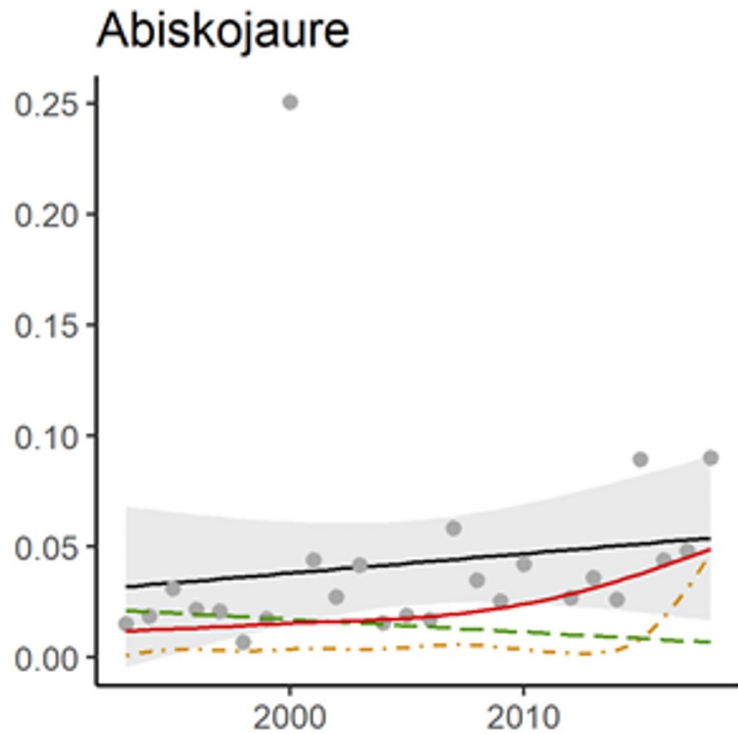
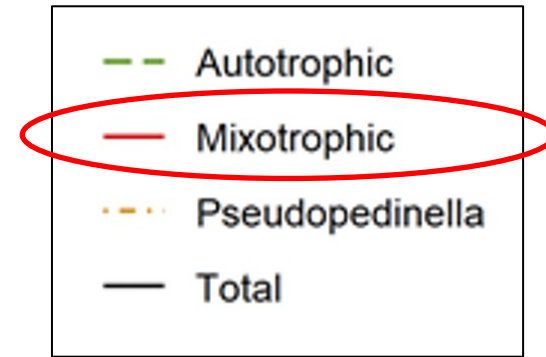
Att seston FA
(algsamhällen)
förändras vid en
minskning i DIN/TP

och sannolikt även
vid varmare vatten



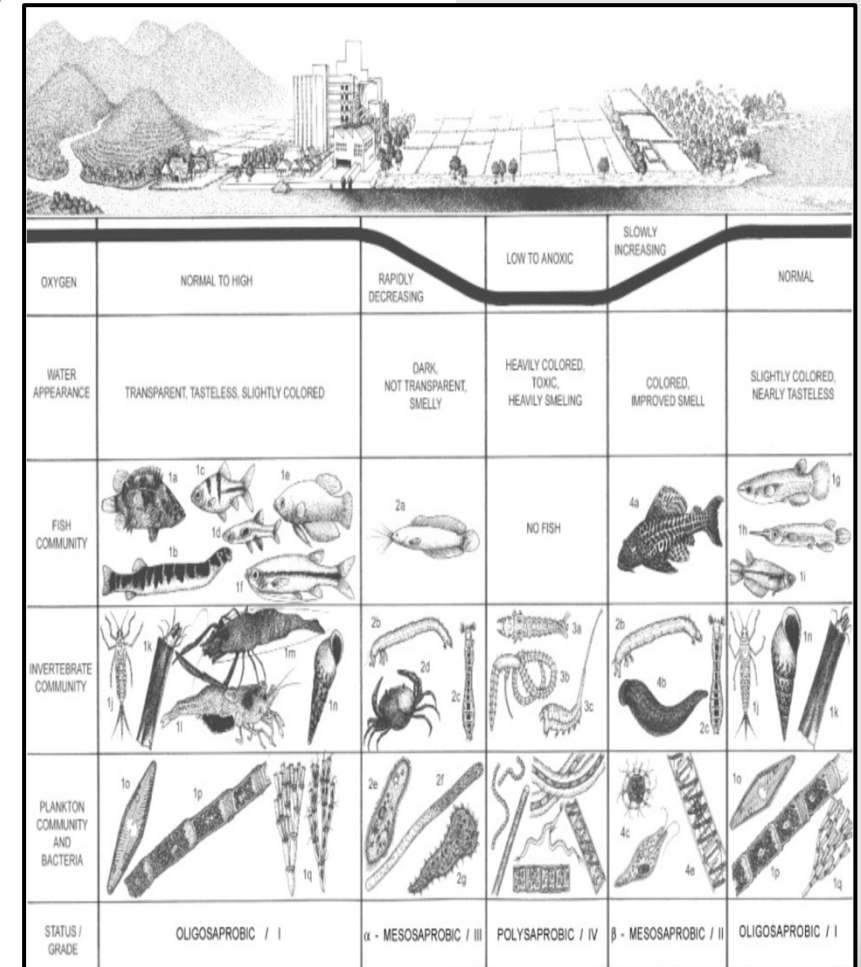
Lau et al. (GCB, in press)

Trender i växtplanktonbiomassa (mm³/L)

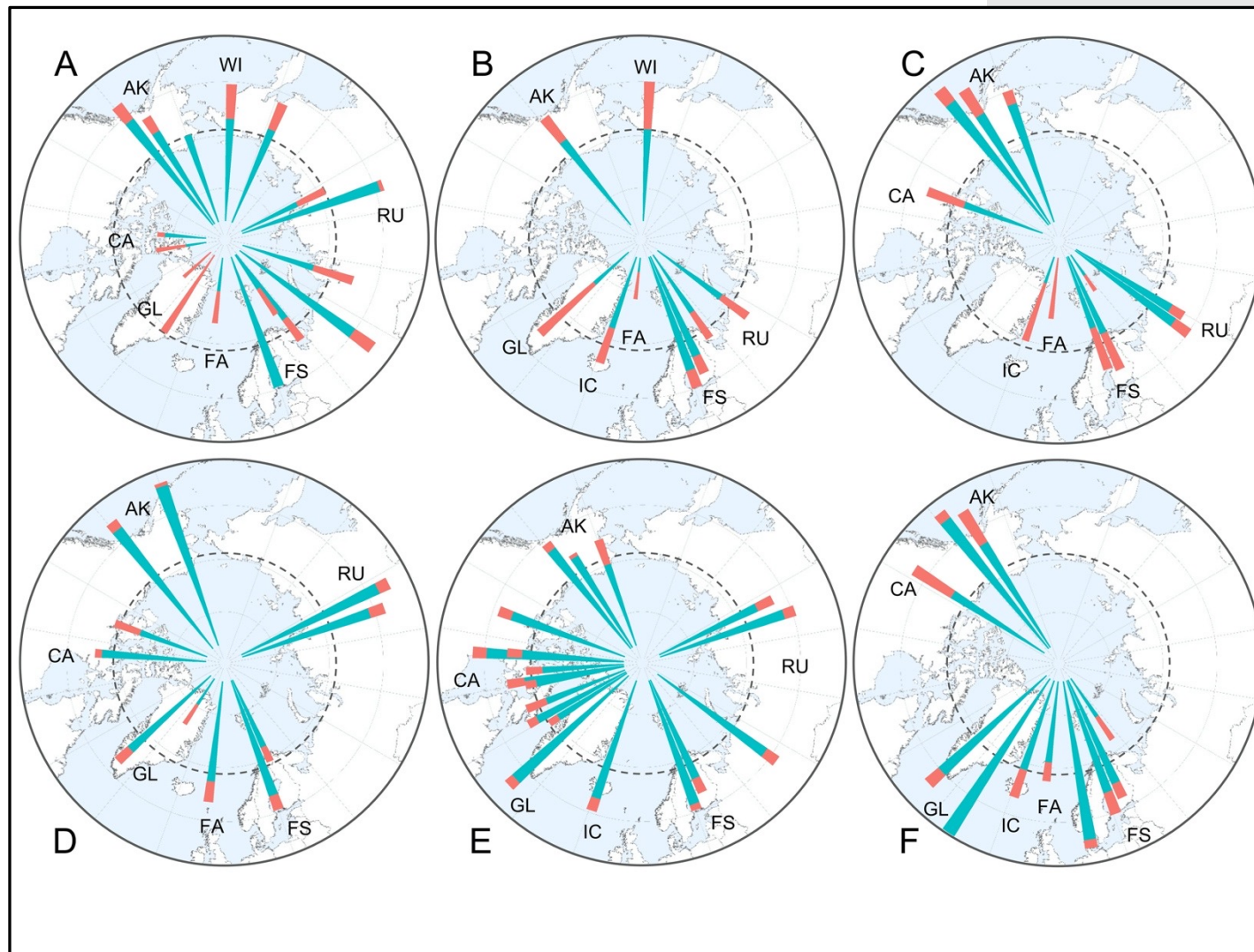


Bedömning ekologisk status...

- Baseras på kunskap från sydsvenska och centraleuropeiska vatten
- Kvantifierar pelagisk eutrofiering i intervallet 10–100 $\mu\text{g TP/L}$
- Påväxtalger saknas!
- Saknas för oligotrofiering
- Saknas för klimatpåverkan
- Saknas för biodiversitetsförändringar – som står högt upp på den internationella agendan!



Beta-diversitet:
Nestedness
(blå) och
turnover (röd)
för sjöar



Goedkoop et al. (submitted)

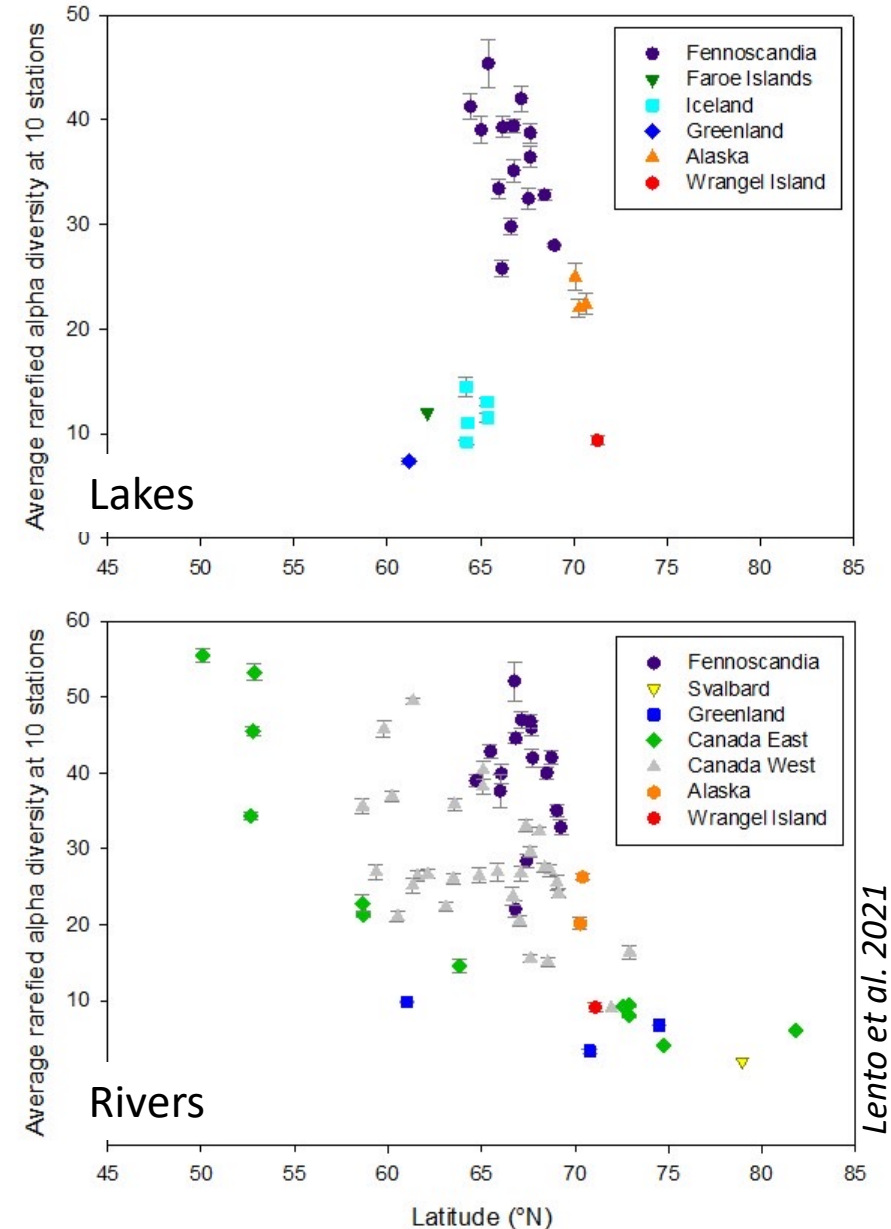
Turnover (artomsättning) är viktig och kvantifierar hur artsammansättningen förändras (i motsats till artrikedomen)



Syd-nord-gradienter...

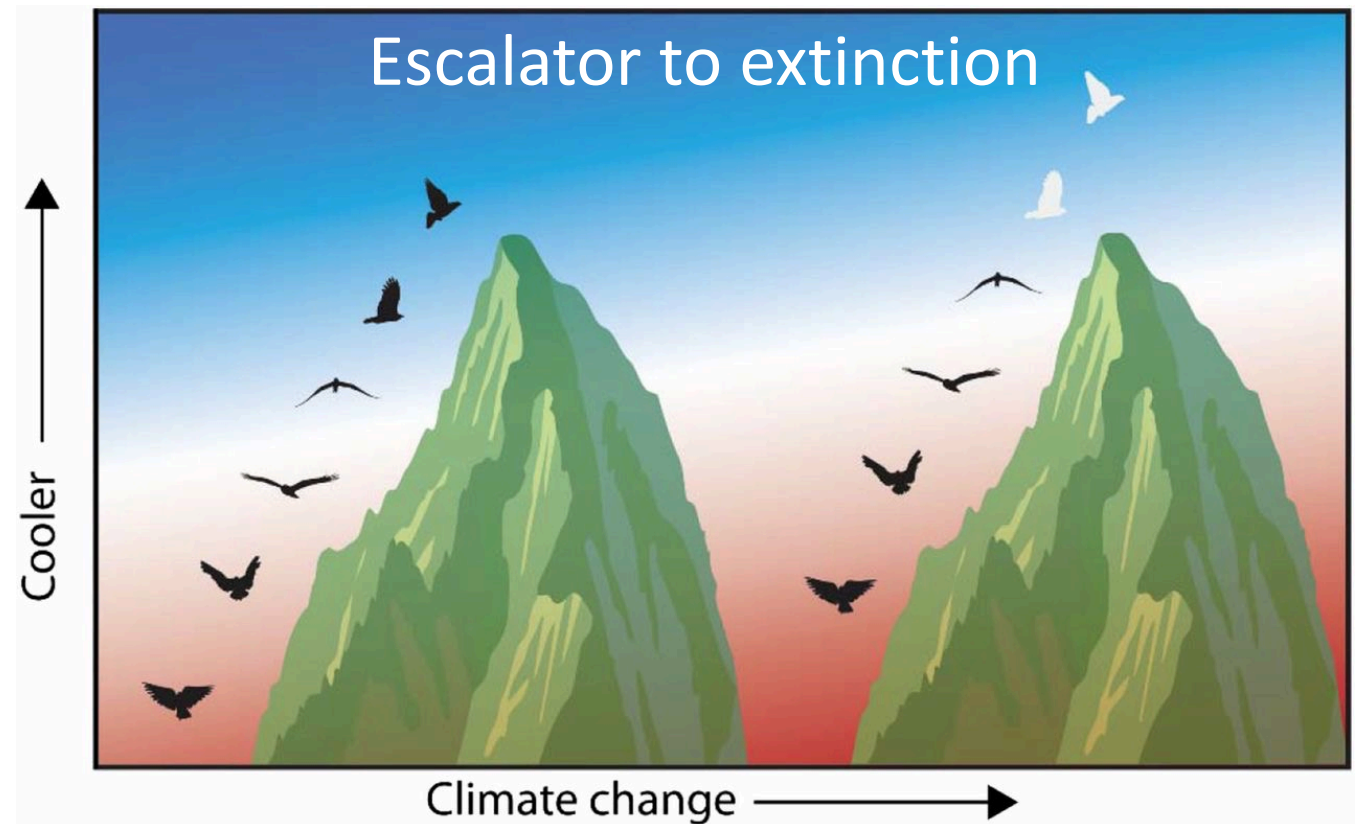
- Artrikedomen minskar vid 70 grader nordlig
- Men även konnektivitet viktig för artrikedomen
- Men... svårt att kommunicera att artfattigdom är att eftersträva för unika kallvattensarter

Bottenfauna diversitet



Hur förändras organismsamhällena när det blir varmare?

- Sydliga arter migrerar norrut och ändrar konkurrensförhållanden
- Kallvattensarter hotas
(t.ex. röding, bladfotingar, vissa bäcksländor)
- "Conveyor belt to extinction" ...
- Större frekvens av cyanobakterieblomningar
- Ekosystemen förändras



Slutsatser...

- Vegetationstillväxt på land fixerar C, N och P – samband förklarar 46% av P-förluster i sjöarna
- TP minskningar i fjällsjöar driver dem mot ultraoligotrofi och en större andel mixotrofer i plankton (men vad händer på bottenarna?)
- DIN/TP minskningar gynnar N-fixerande cyanobakterier (pelagisk och bentisk)
- Rödingens trofiska position ökar i några vatten

Fler slutsatser...

- Uppvärmningen förväntas också gynna cyanobakterier
- En ökad andel cyanobakterier (och minskad andel kiselalger) minskar födokvaliteten för betare
- och av energi och näring till högre trofiska nivåer (läs fiskproduktion)
- Bedömningsgrunder bör fokusera på bentiska helalgsanalyser i fjällvatten (inte bara kiselalger)
- Bedömningsgrunder bör utvecklas för biodiversitetsförändringar (inkl. arternas omsättning/turnover)



Tack!

Willem.Goedkoop@slu.se
Institutionen för vatten och miljö, SLU



Bild: Daniel.Goedkoop