

Effekt av vannkraft på biodiversitet – bruk av miljøDNA

Frode Fossøy
Seniorforsker
Senter for biodiversitetsgenetikk



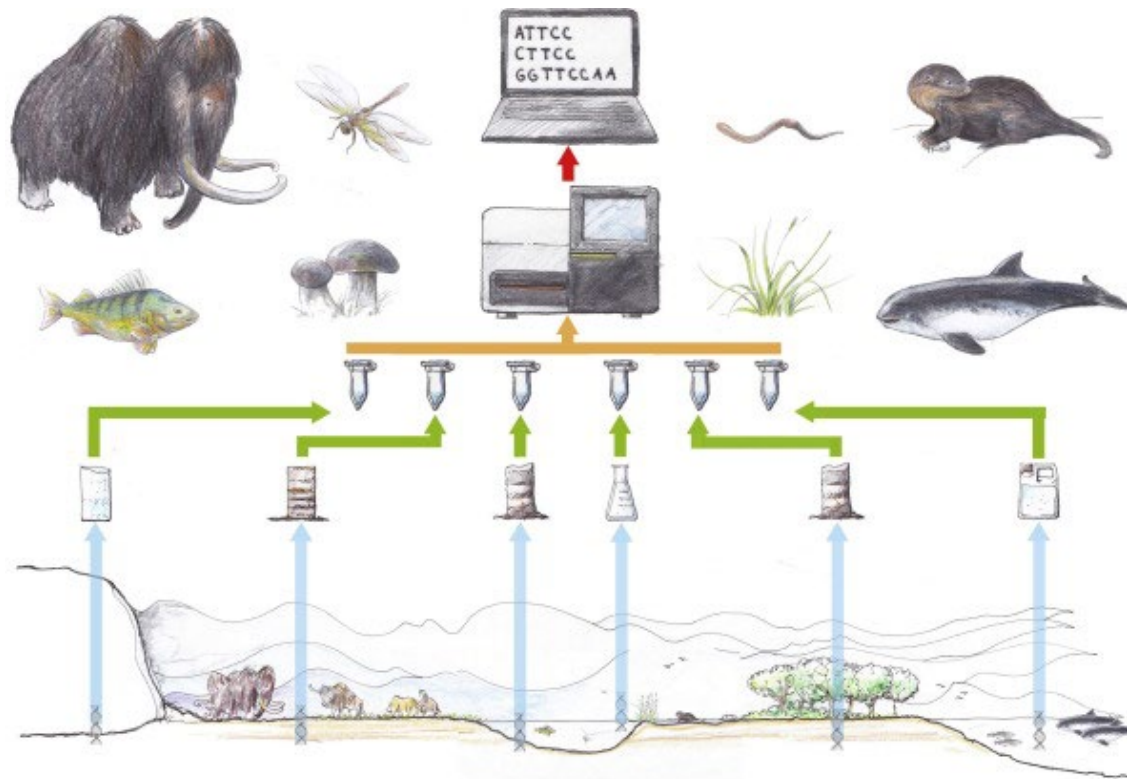
Hva er miljø-DNA?



Hva er miljø-DNA?

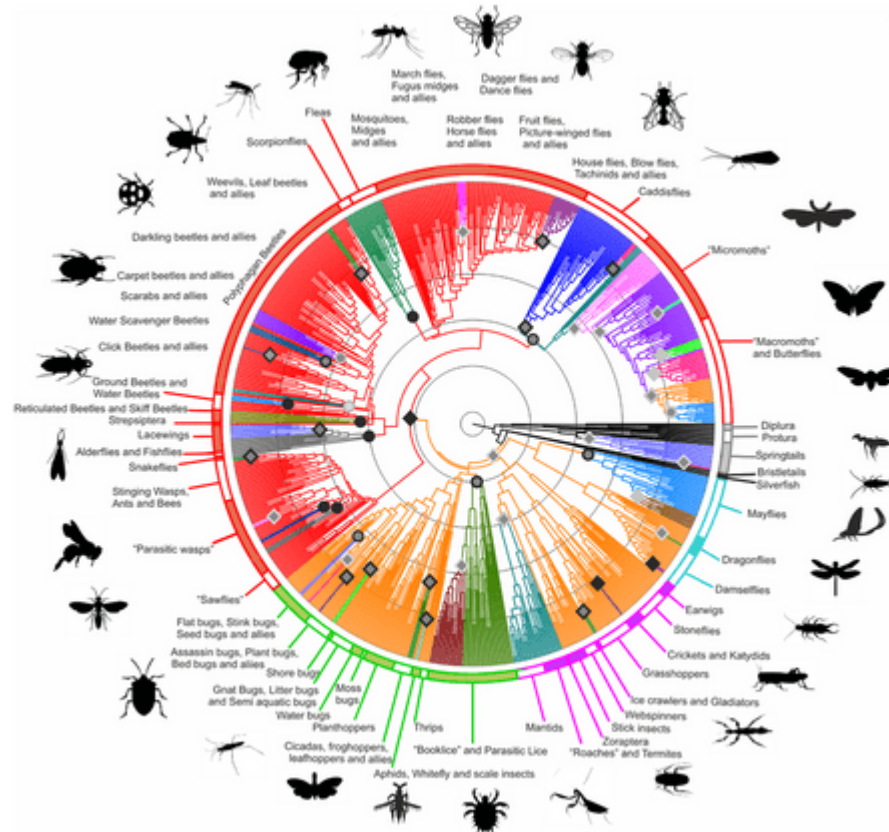
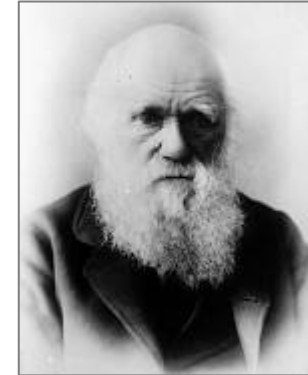


Hva er miljø-DNA?



Hvorfor bruke miljø-DNA?

- Taksonomer er «rødlista»
- Taksonomisk bredde
- Genetisk variasjon
- Kostnadseffektivt
- Folkeforskning

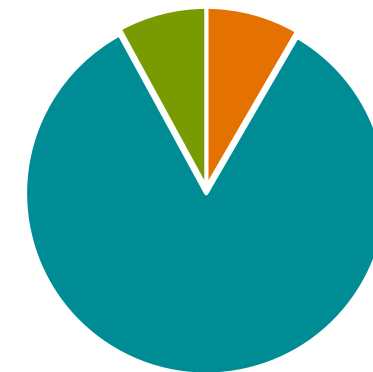
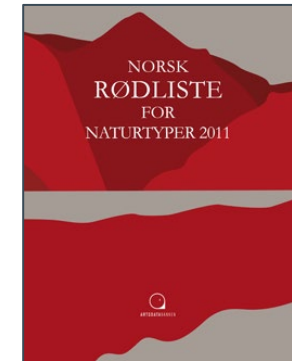


Hva kan vi bruke miljø-DNA til?

Miljø-DNA: en prøvetype

1. Arts-spesifikk analyse – qPCR/ddPCR
 - ▶ Påvisning av enkeltarter
 - ▶ Absolutt kvantifisering

2. Arts-generell analyse – DNA-metastrekkoding
 - ▶ Beskrive biodiversitet
 - ▶ Relativ kvantifisering
 - ▶ Referansedatabase og mye bioinformatikk



■ Ørret ■ Gjedde ■ Mort

Hva kan vi bruke miljø-DNA til?

- Forekomst
 - ▶ Truede arter, fremmede arter, arter med stor forvaltningsinteresse
 - Avgrensning av utbredelse, spredning over tid
 - ▶ Hvilke elver, innsjøer eller vassdrag, anadrom sone
 - Diversitet av arter
 - ▶ Antall arter og variasjon i artssamfunn
- x Antall individer / størrelsesfordeling / alder / kjønn

Hva kan vi bruke miljø-DNA til?

- Hva med økologisk tilstand?
 - ▶ **Vanndirektivet!**

Vanndirektivet

 vann fra fjell til fjord

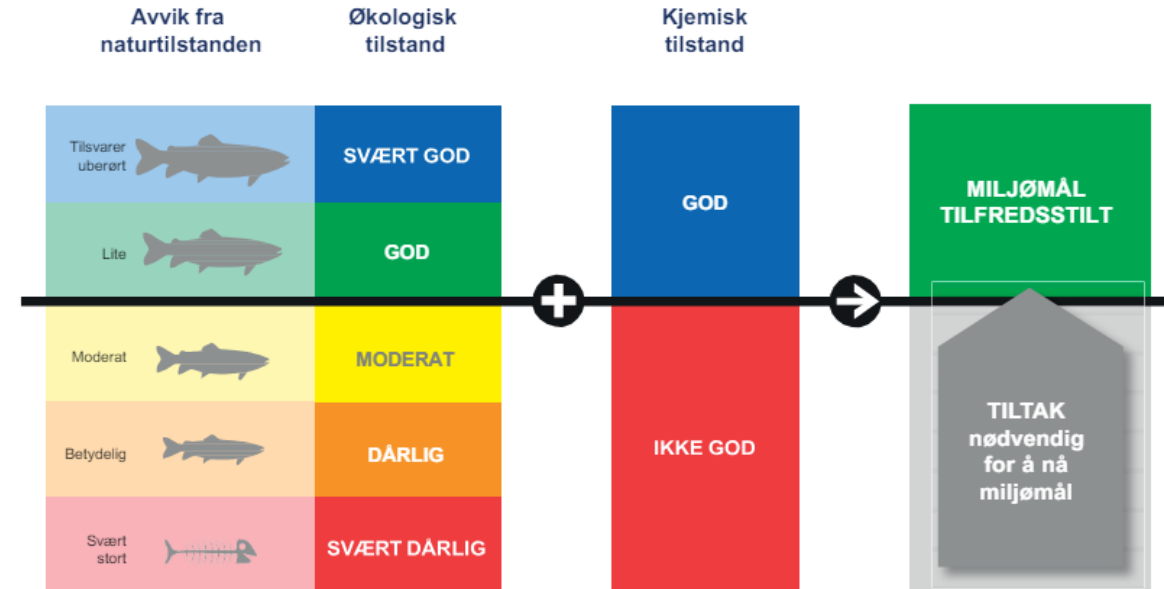
Veileder02:2018

Klassifisering av miljøtilstand i vann

Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver



Miljøtilstand- og miljømål-klassifisering



Sterkt modifiserte vannforekomster

Definisjon av Sterkt Modifiserte Vannforekomster (SMVF)



Sterkt modifiserte vannforekomster

- Miljømålet godt økologisk potensial (GØP)
 - ▶ Miljømålet for sterkt modifiserte vannforekomster omtales i vannforskriften § 5 første ledd. Tilstanden i kunstige og **sterkt modifiserte vannforekomster skal beskyttes mot forringelse og forbedres med sikte på at vannforekomstene skal ha minst godt økologisk potensial og god kjemisk tilstand**, i samsvar med klassifiseringen i vannforskriftens vedlegg V.



Sterkt modifiserte vannforekomster

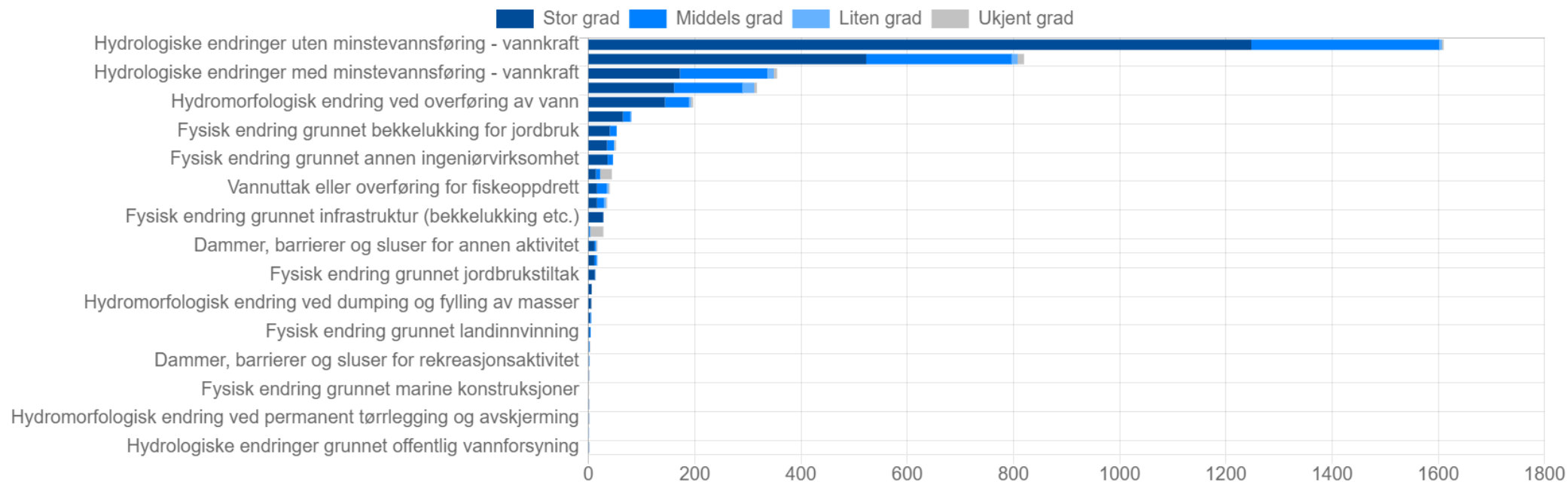
- Disse vannforekomstene har unntak i EUs Vanndirektiv og i den norske vannforskriften, ved at de har miljømålet 'godt økologisk potensiale' (GØP), i motsetning til andre vannforekomster som har miljømålet 'god økologisk tilstand'
- Definisjonen av GØP gjør at det blir viktig å finne ut hva slags effekter hydromorfologiske endringer har på økologisk tilstand i vannforekomsten, og hvilken økologisk tilstand som kan oppnås gjennom ulike hydromorfologiske tiltak

Sterkt modifiserte vannforekomster

Vannstatistikk Vannforvaltningsplan Tiltaksprogram

Vannområde Vannregion

Påvirkningstyper som forårsaker SMVF i Norge

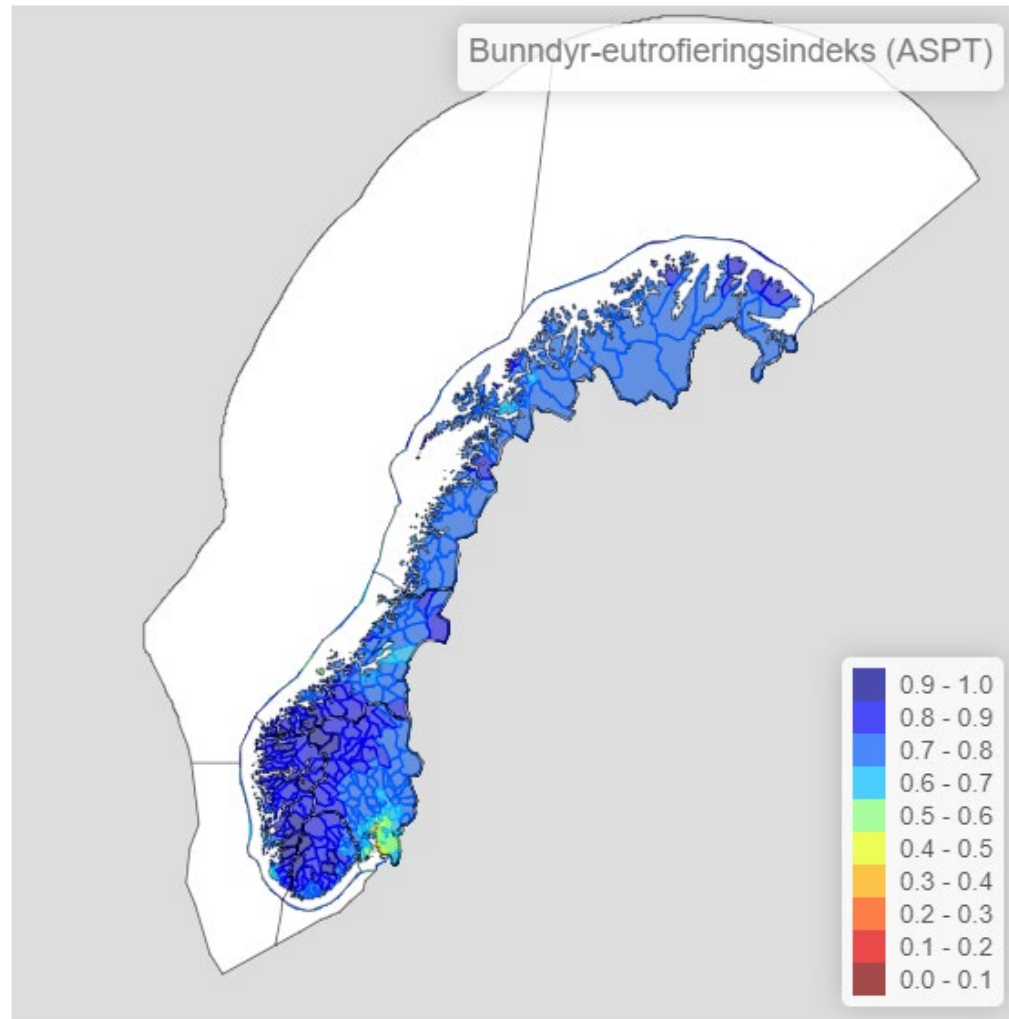


Hvordan måle økologisk tilstand?

Vanndirektivet

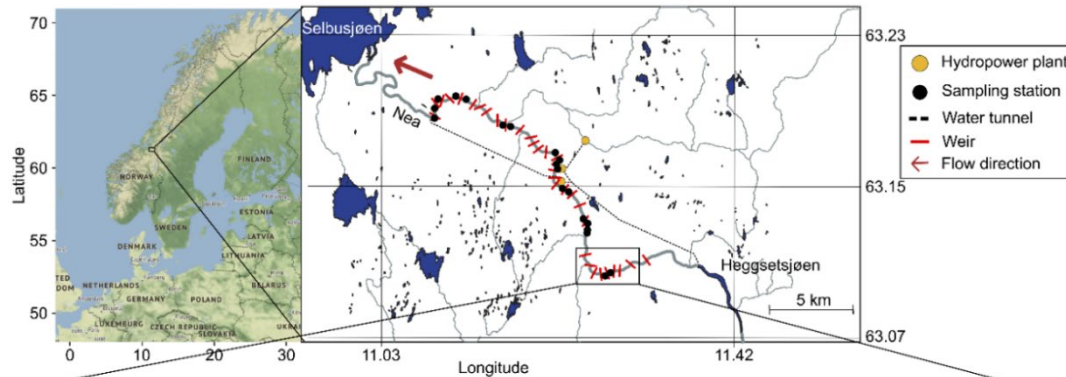
Tabell 3.3 Elver: Kvalitetslementer og indekser/parametere som det finnes klassegrenser for og relevante påvirkninger. Indeksene er nærmere beskrevet i kapittel 5.

Biologiske Kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Påvekstalger	Artssammensetning (PIT) Artssammensetning (AIP)	Eutrofiering Forsuring
Heterotrof begroing	Bakterier («Lammehaler») og sopp (dekningsgrad)	Organisk belastning
Virvelløse dyr	Artssammensetning: ASPT Artssammensetning: RAMI, Forsuringsindeks 1, Forsuringsindeks 2 Terskelindikator: Elvemusling, edelkreps	Organisk belastning Forsuring Alle typer påvirkninger
Fisk	Tetthet: Ungfisk laksefisk	Generell påvirkning
Fysisk-kjemiske Kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Næringsalter	Total fosfor ($\mu\text{g/l}$) Total nitrogen ($\mu\text{g/l}$) Oksygen bunnvann (mg/l) Ammonium ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$) (mg/l)	Eutrofiering Eutrofiering Eutrofiering / Organisk belastning Eutrofiering / Organisk belastning
Forsuringsparametere	pH ANC ($\mu\text{ekv/l}$) LAL (labilt aluminium) ($\mu\text{g/l}$)	Forsuring
Fysisk-kjemiske støtteparametre (vannregionspesifikke stoffer). For prioriterte stoffer, se kap. 10	Konsentrasjon av kvantitativt betydelige miljøgifter (tungmetaller og organiske mikroforensninger) som slippes ut i vannforekomsten	Miljøgiftpåvirkning
Hydromorfologiske kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Hydrologisk regime	Vannstandsvariasjoner Vannføringsvariasjoner	Hydrologisk påvirkning (vannkraft)
Morfologi	Kontinuitet (vandringshindre) Endringer i vanndekket areal Struktur av kantsonen Struktur på elveleiet Substrattype	Morfologisk påvirkning (vannkraft, transport, landbruk, urbanisering)



Økologisk tilstand i Nea

SMVF: Avbøtende tiltak: 34 terskler på 32 km



Uppermost samplingstations, st18 (rapid) and st19 (weir pool) Weir number 3 upstream

Hydrobiologia
<https://doi.org/10.1007/s10750-023-05448-4>

PRIMARY RESEARCH PAPER



Comparing methods and indices for biodiversity and status assessment in a hydropower-regulated river

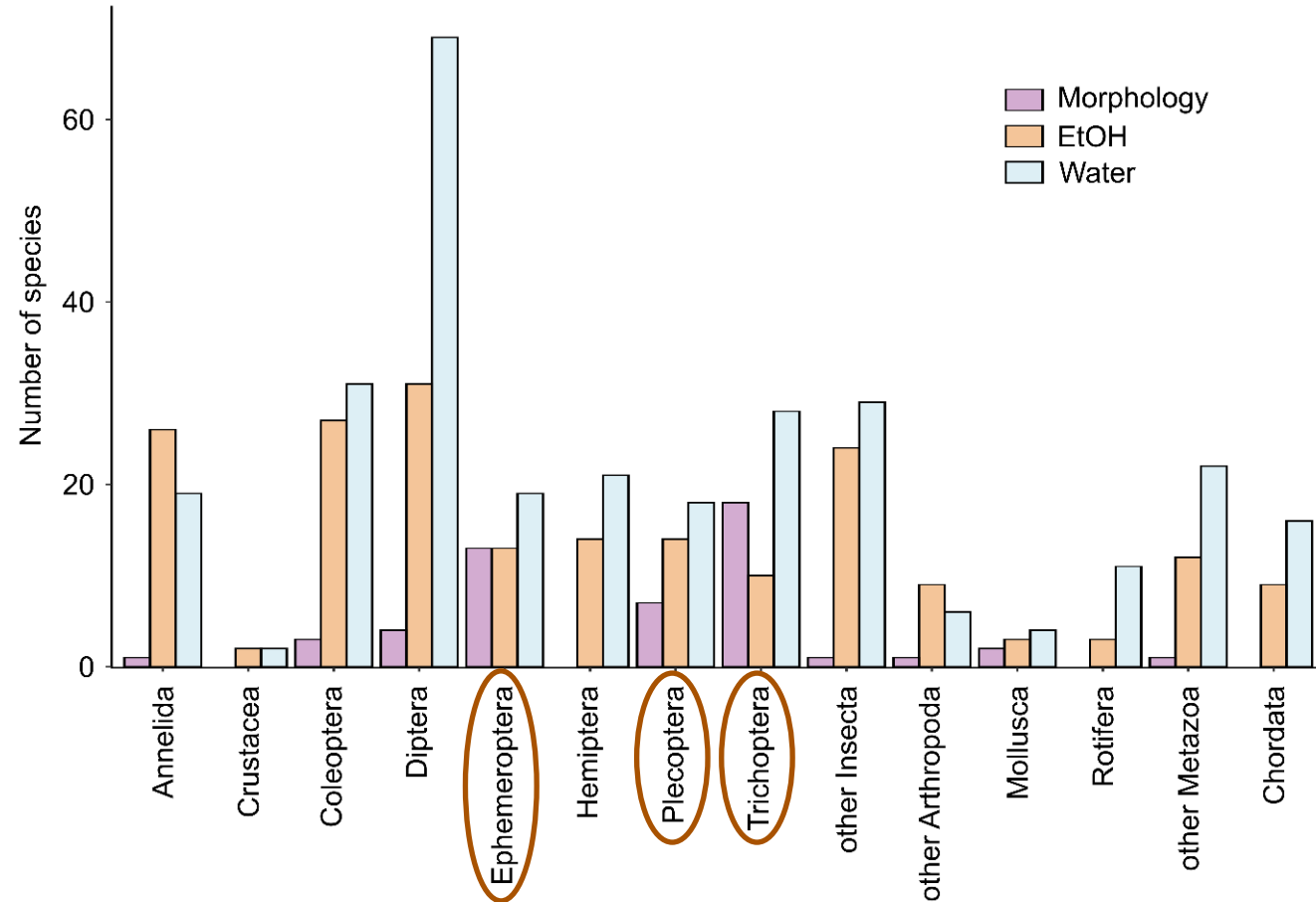
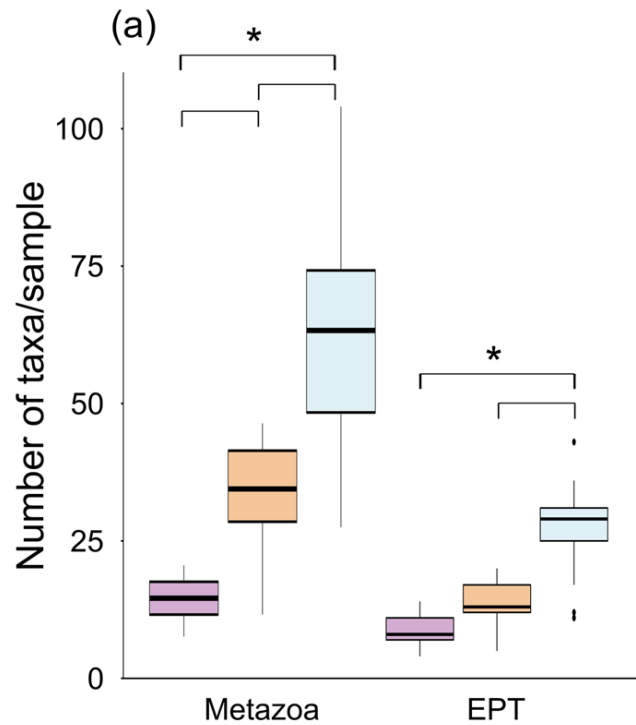
Markus Majaneva  · Line Elisabeth Sundt-Hansen  · Hege Brandsegg  ·
Rolf Sivertsgård · Terje Bongard  · Frode Fossøy 

Økologisk tilstand i Nea

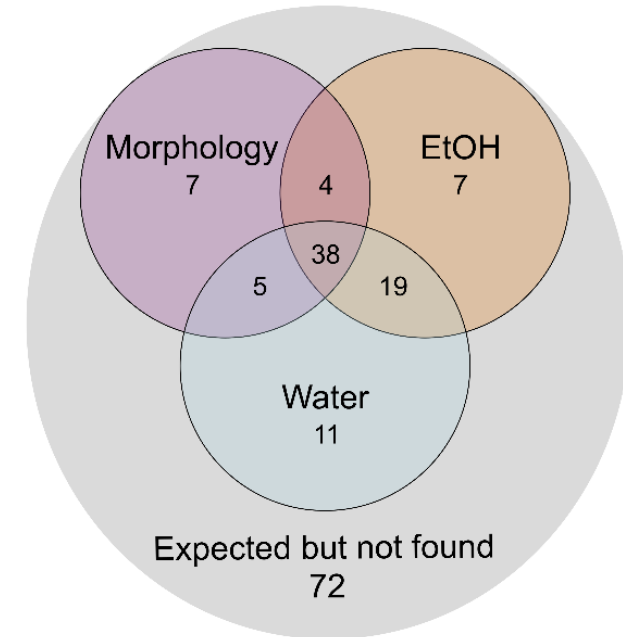
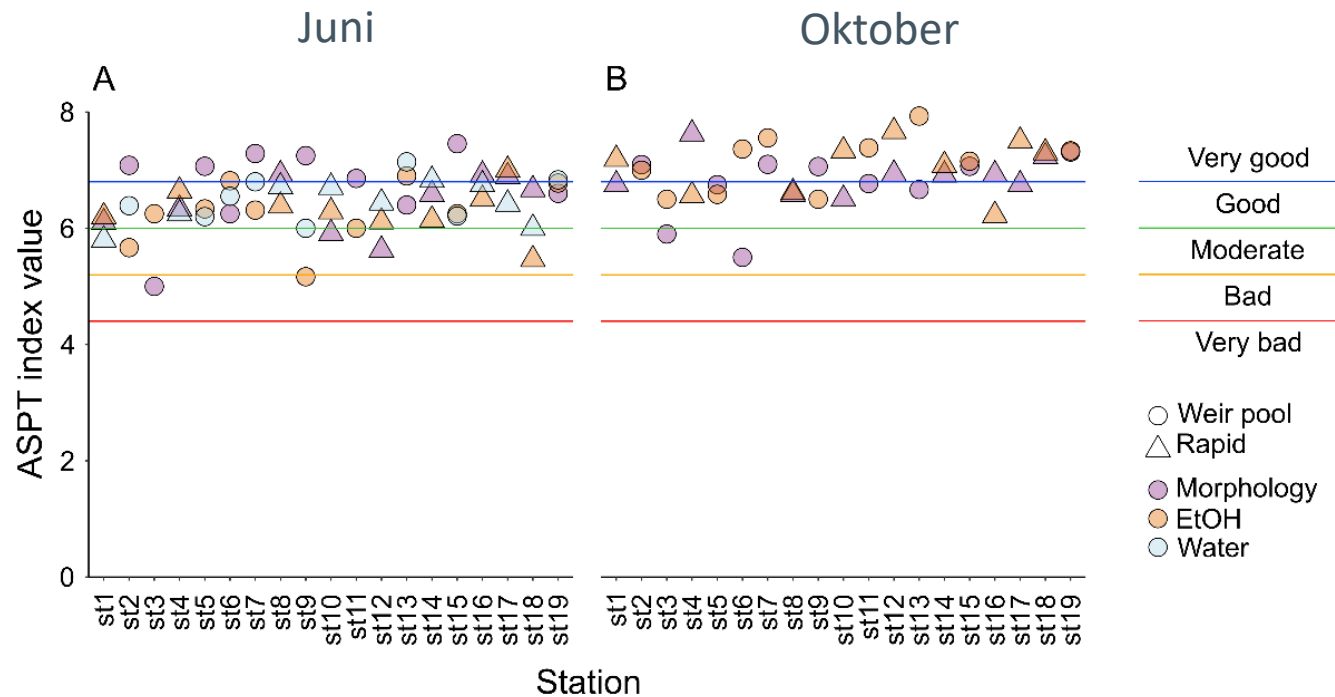
- ▶ Vannforskriften
 - ASPT-indeks
- ▶ 2 prøvetyper, 3 analyser
 - Sparkeprøver – morfologi
 - Sparkeprøver – miljø-DNA
- Vannprøver – miljø-DNA



Økologisk tilstand i Nea



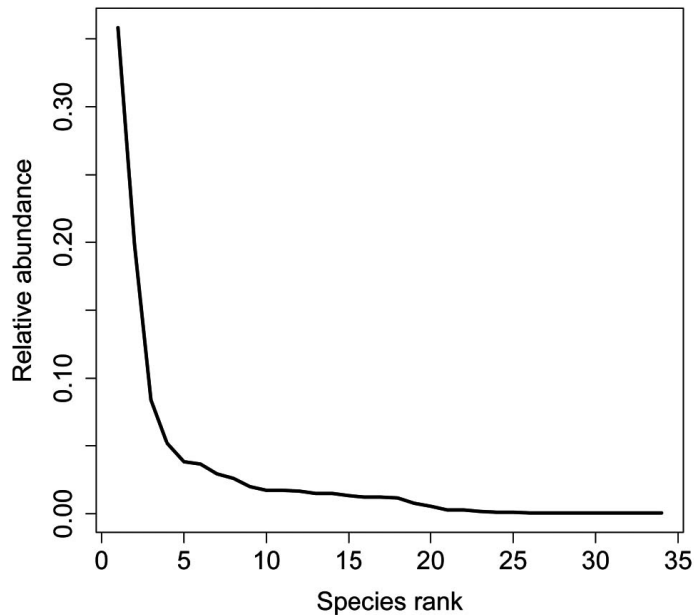
Økologisk tilstand i Nea



Kun 50% av forventede arter påvist, men likevel 'God' eller 'Svært God' økologisk tilstand?

Bunndyr og indekser

- Intercalibrated Benthic Invertebrate Biodiversity Index (IBIBI)



72

The Open Environmental & Biological Monitoring Journal, 2011, 4, 72-82

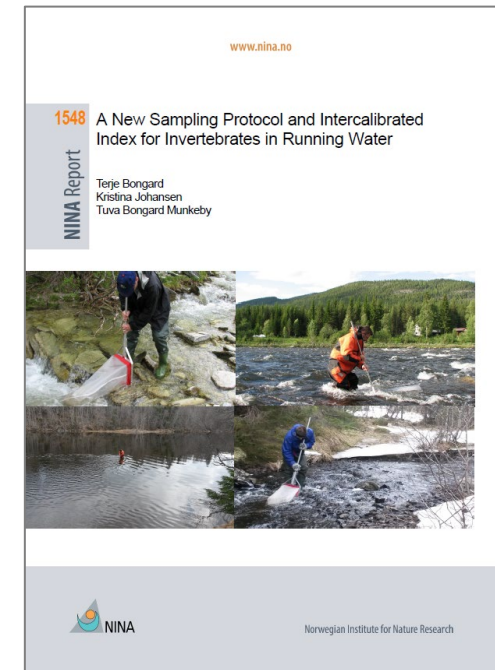
Open Access

Detecting Invertebrate Species Change in Running Waters: An Approach Based on the Sufficient Sample Size Principle

Terje Bongard^{1*}, Ola H. Diserud¹, Odd Terje Sandlund¹ and Kaare Aagaard²

¹Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 5685, 7485 Trondheim, Norway

²Museum of Natural History and Archaeology, Norwegian University of Science and Technology, 7491 Trondheim, Norway



ASPT

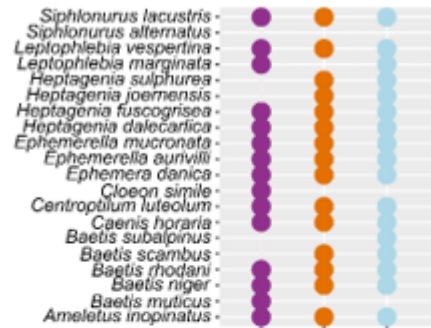
Tabell V5.3.3 Hovedgrupper og familier av bunndyr med tilhørende toleranseverdier som inngår i beregning av ASPT indeks (Armitage 1983).

Hovedgrupper	Familier	Verdi
Døgnfluer	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae	10
Steinfluer	Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae	10
Teger	Aphelocheridae	10
Vårfluer	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, L. epidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Kreps	Astacidae	8
Øyestikkere	Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae	8
Vårfluer	Psychomyiidae, Philopotamidae	8
Døgnfluer	Caenidae	7
Steinfluer	Nemouridae	7
Vårfluer	Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae	7
Snegler	Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae	6
Vårfluer	Hydroptilidae	6
Muslinger	Unionidae	6
Krepsdyr	Corophiidae, Gammaridae	6
Øyestikkere	Platycnemididae, Coenagriidae	6
Teger	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae,	5
Biller	Corixidae	5
Vårfluer	Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Doryopidae, Elmidae, Chrysomelidae, Curculionidae	5
Vårfluer	Hydropsychidae	5
Stankelbein/Knott	Tipulidae, Simuliidae	5
Flatormer	Planariidae, Dendrocoelidae	5
Døgnfluer	Baetidae	4
Mudderfluer	Sialidae	4
Igler	Piscicolidae	4
Snegler	Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
Småmuslinger	Sphaeriidae	3
Igler	Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Krepsdyr		3
Fjærmygg	Chironomidae	2
Fåbørstemark	Oligochaeta	1

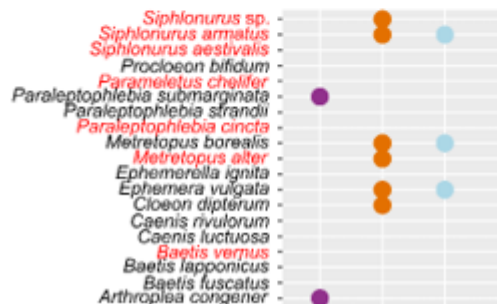
IBIBI

39 Døgnfluer

Ephemeroptera - common

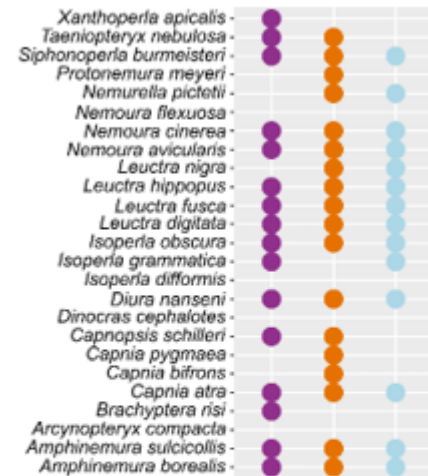


Ephemeroptera - occasional and rare



28 Steinfluer

Plecoptera - common

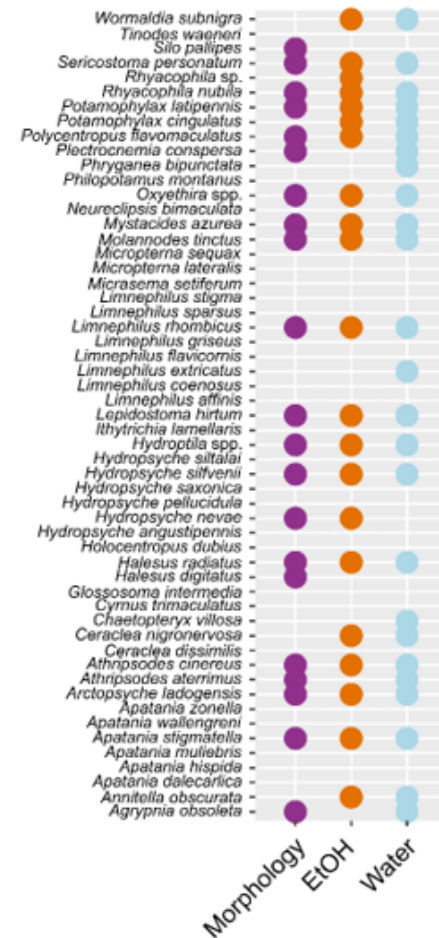


Plecoptera - occasional and rare

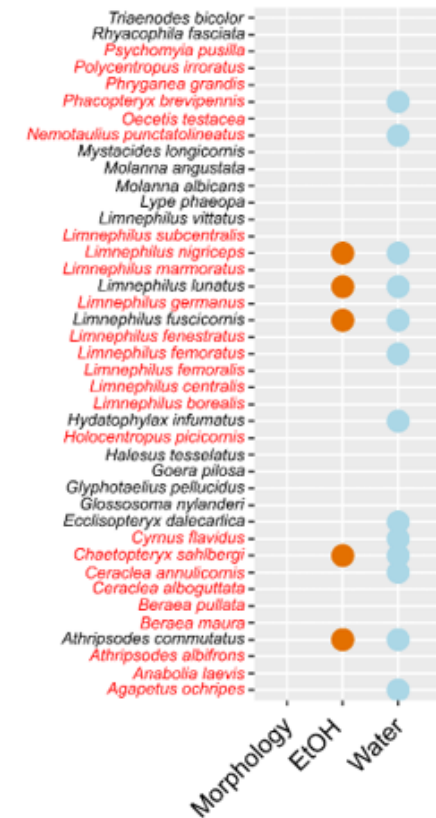


96 Vårfluer

Trichoptera - common

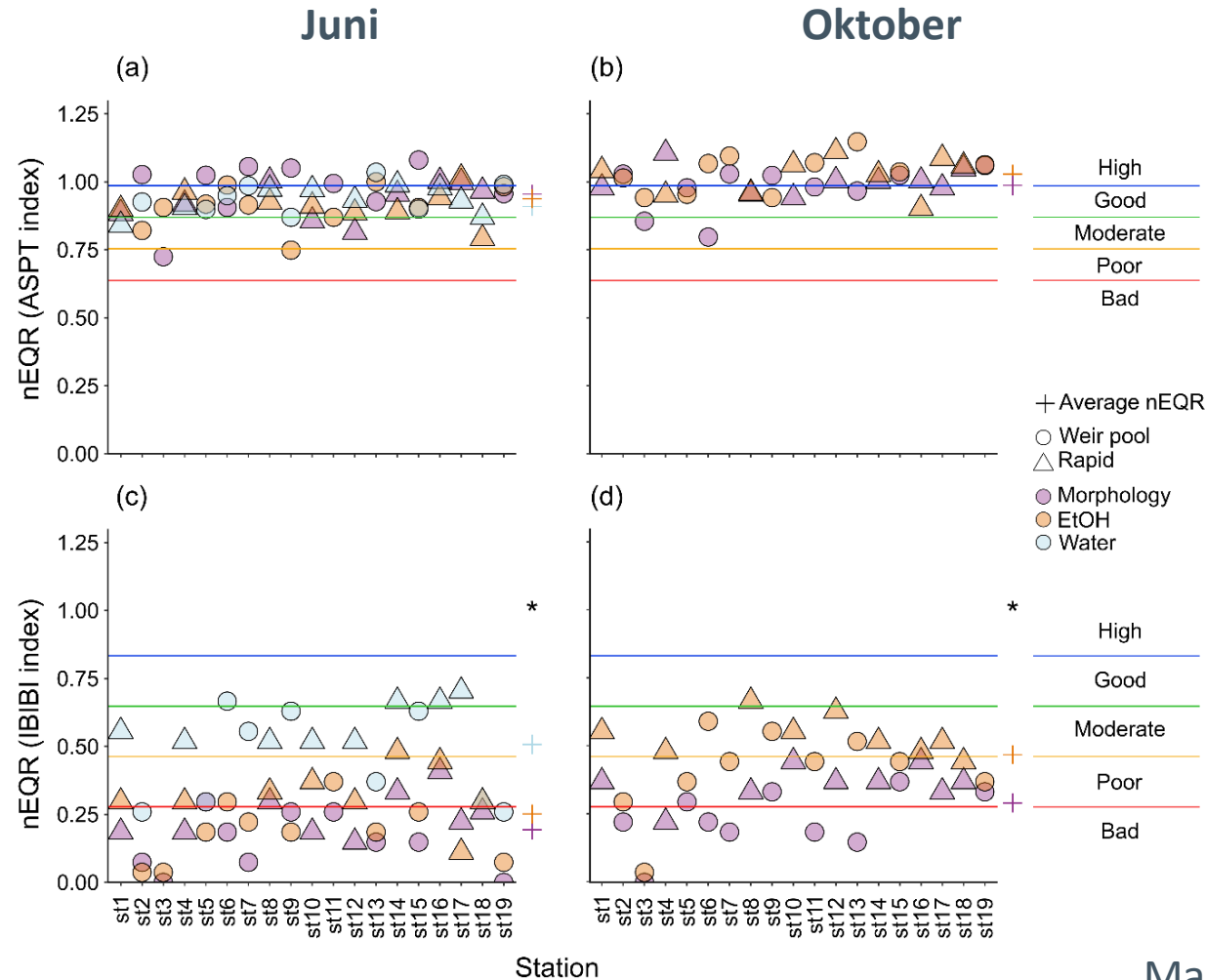


Trichoptera - occasional and rare



Økologisk tilstand i Nea

ASPT



Vanndirektivet

Tabell 3.12 Kvalitets-elementer og følsomhet.

Summarisk oversikt over kvalitets-elementenes følsomhet i forhold til de tre påvirkningsfaktorene eutrofiering, forsurening, havforsuring og hydromorfologiske endringer, i elver, innsjøer og kystvann. Denne oversikten er basert på dagens data- og kunnskapsgrunnlag. Følsomhet for en gitt påvirkning vil kunne variere noe mellom vanntyper og habitater men vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om dette per i dag. Når forslag til klassifiseringssystem for dyreplankton foreligger vil dette være aktuelt å bruke ved vurdering av forsurening i innsjøer. XXX: svært følsomt, XX: følsomt, X: lite følsomt. I.R.: ikke relevant. Uthevet: kvalitets-elementer der det foreligger grenseverdier

Påvirkning / Kvalitets-element	Eutrofiering / Organisk belastning	Forsuring	Hydromorfologiske endringer
Elver			
Påvekstalger	XXX	XXX	X
Heterotrof begroing	XXX ¹	I.R.	I.R.
Vannplanter	XX	I.R.	I.R.
Bunndyr	XXX	XXX	X
Fisk	X	XXX	XXX

Vanndirektivet

Tabell 3.3 Elver: Kvalitetslementer og indekser/parametere som det finnes klassegrenser for og relevante påvirkninger. Indeksene er nærmere beskrevet i kapittel 5.

Biologiske Kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Påvekstalger	Artssammensetning (PIT) Artssammensetning (AIP)	Eutrofiering Forsuring
Heterotrof begroing	Bakterier («Lammehaler») og sopp (dekningsgrad)	Organisk belastning
Virvelløse dyr	Artssammensetning: ASPT Artssammensetning: RAMI, Forsuringsindeks 1, Forsuringsindeks 2 Terskelindikator: Elvemusling, edelkreps	Organisk belastning Forsuring Alle typer påvirkninger
Fisk	Tetthet: Ungfisklaksefisk	Generell påvirkning
Fysisk-kjemiske Kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Næringsalter	Total fosfor (µg/l) Total nitrogen (µg/l) Oksygen bunnvann (mg/l) Ammonium (NH ₄ + NH ₃) (mg/l)	Eutrofiering Eutrofiering Eutrofiering / Organisk belastning Eutrofiering / Organisk belastning
Forsuringsparametere	pH ANC (µekv/l) LAL (labilt aluminium) (µg/l)	Forsuring
Fysisk-kjemiske støtteparametre (vannregionspesifikke stoffer). Forprioriterte stoffer, se kap. 10	Konsentrasjon av kvantitativt betydelige miljøgifter (tungmetaller og organiske mikroforensninger) som slippes ut i vannforekomsten	Miljøgiftpåvirkning
Hydromorfologiske kvalitetslementer	Parameter (indeks)	Påvirkning
Hydrologisk regime	Vannstandsvariasjoner Vannføringsvariasjoner	Hydrologisk påvirkning (vannkraft)
Morfologi	Kontinuitet (vandringshindre) Endringer i vanddekket areal Struktur av kantsonen Struktur på elveleiet Substrattype	Morfologisk påvirkning (vannkraft, transport, landbruk, urbanisering)

Vanndirektivet måler påvirkning av:

1. Organisk belastning
2. Forsuring

- Økologisk tilstand?
- Påvirkning av vannkraft?

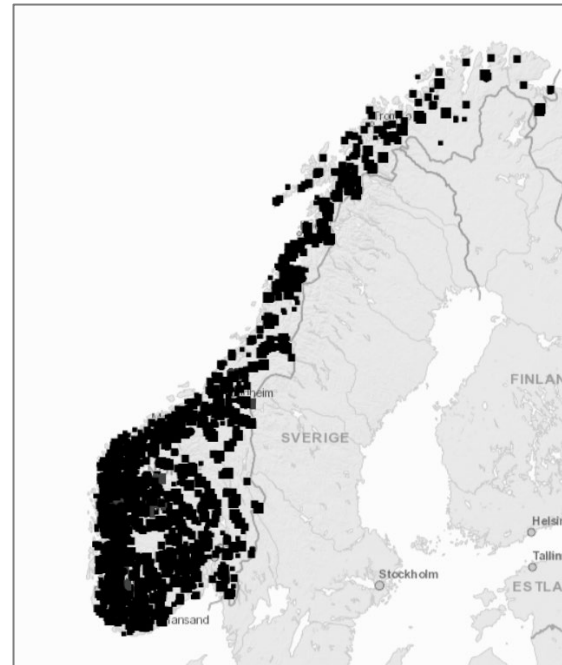
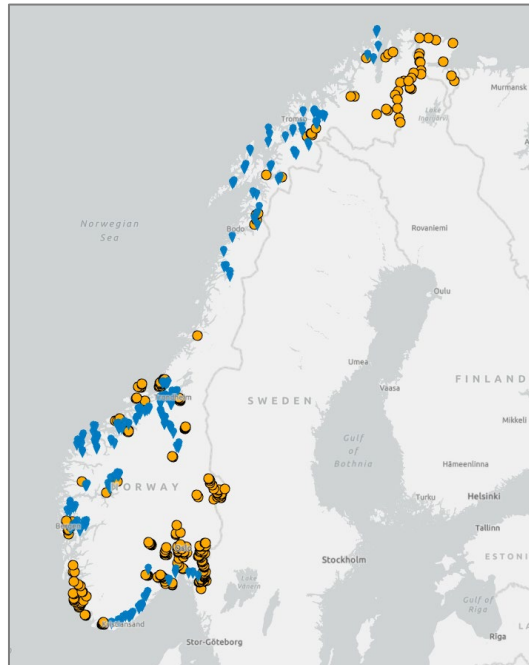
Økologisk tilstand

- Så hvordan skal vi måle økologisk tilstand?
 - ▶ IBIBI – indeksen?
 - ▶ Nye indekser?
 - ▶ Diversitet av arter?
 - ▶ Genetisk variasjon?



eDNA-SUSTAIN

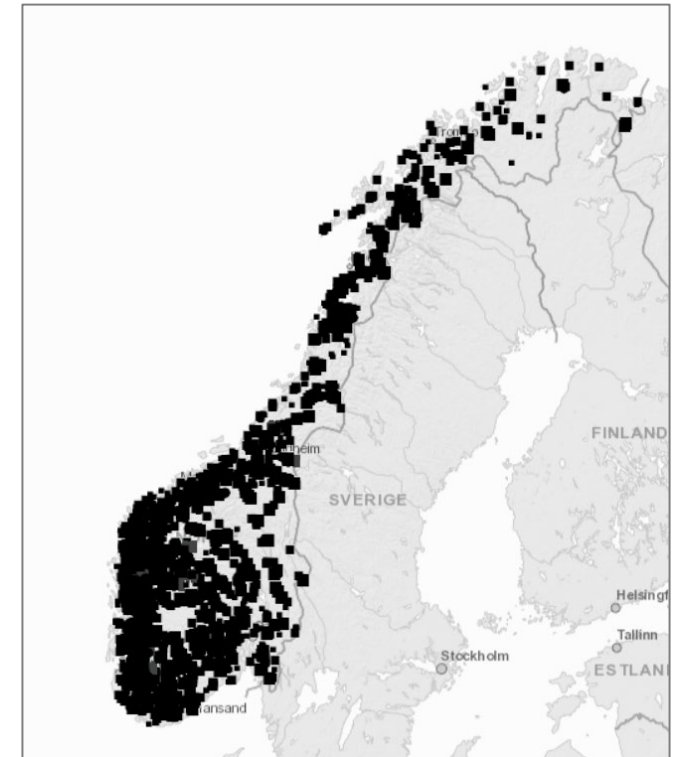
- ▶ HydroCen Open Calls prosjekt
- *Bruk av miljø-DNA som et nytt verktøy for bred taksonomisk evaluering av bærekraftig systemdrift i vannkraftindustrien*



eDNA-SUSTAIN

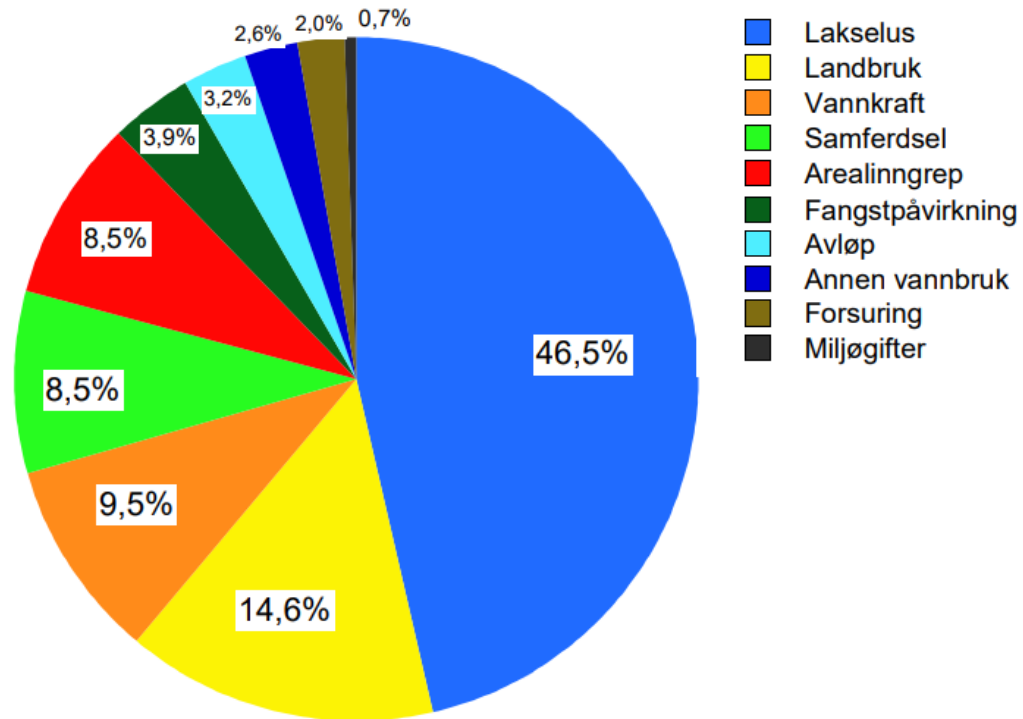
- 150 elver
 - ▶ Uregulerte vassdrag
 - ▶ Regulerte vassdrag
 - Elvekraftverk
 - Magasinkraftverk
 - Grad av effektkjøring
 - ▶ Modellering av hydrologi
 - Siste 3 år?
- Hva har størst effekt på dagens diversitet?

Bunndyr + fisk



eDNA-SUSTAIN

- Hva bestemmer diversitet i norske elver?



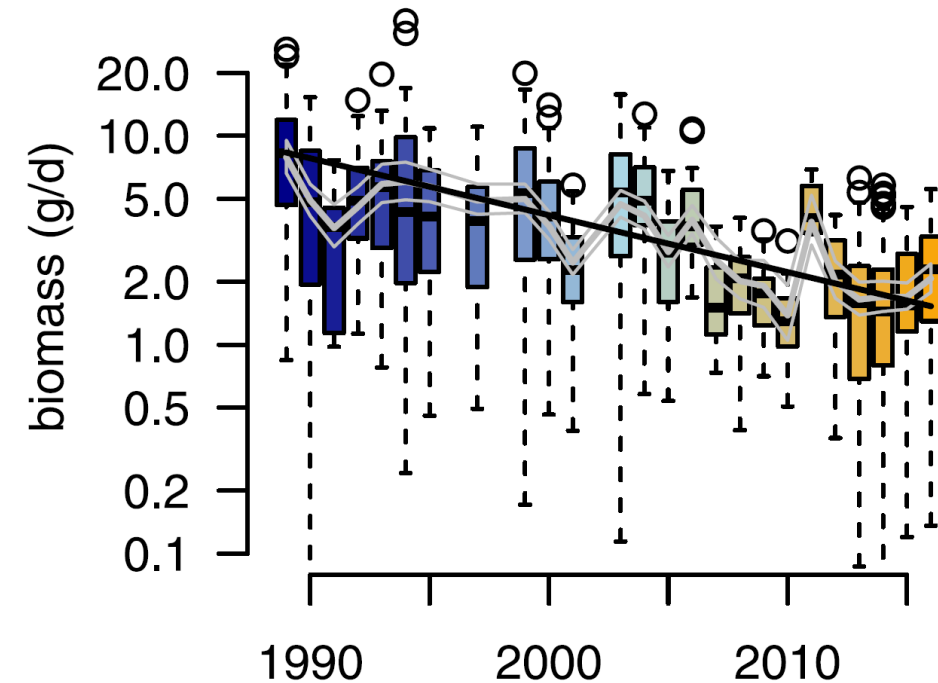
Stort tap av insekter globalt

**PLOS** ONE

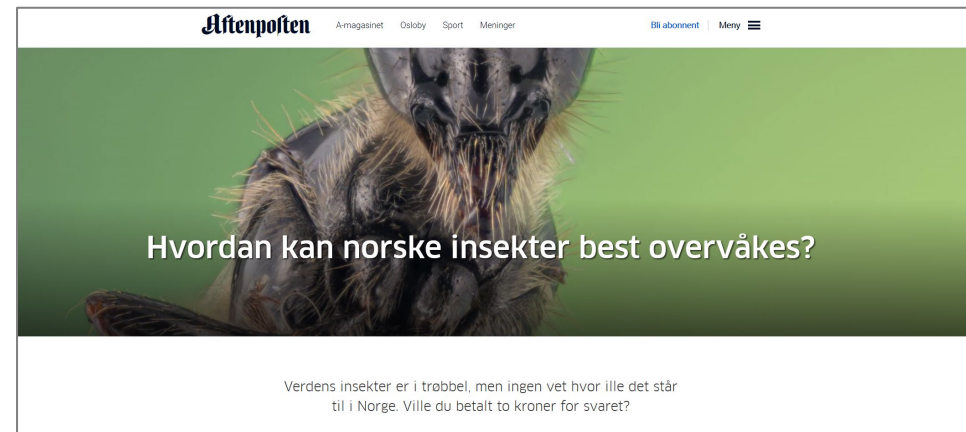
RESEARCH ARTICLE

More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas

Caspar A. Hallmann^{1*}, Martin Sorg², Eelke Jongejans¹, Henk Siepel¹, Nick Hofland¹, Heinz Schwan², Werner Stenmans², Andreas Müller², Hubert Sumser², Thomas Hörrén², Dave Goulson³, Hans de Kroon¹



Norsk insektovervåking



Aftenposten Anmagasinet Osloby Sport Meninger Bli abonnent Meny

Hvordan kan norske insekter best overvåkes?

Verdens insekter er i trøbbel, men ingen vet hvor ille det står til i Norge. Ville du betalt to kroner for svaret?

Norsk insektovervåking



Adresseavisen NYHETER SPORT KULTUR MENINGER UKEADRESSA FRODE MENY

Norge mangler insektovervåking: Nytt pilotprosjekt på Malvik

Halvparten av verdens insekter har forsvunnet på tretti år. Forskere mangler datagrunnlag til å vurdere insektbestandens utvikling i Norge. Det skal et testprosjekt i Malvik gjøre noe med.



Forsker på Norsk institutt for naturforskning, Jens Åström, forteller om insektfellene som skal overvåke norske insektbestand. FOTO: MICHAEL SCHULTZ/LIRIKSEN

MARTHE SVENDSEN

ANNONSE

Boligguiden

Trondheim 6 490 000,-

Jakobelli 22 000 000,-

Her finner du fantastiske boliger til salgskurs nå

Samfunnsøkonomisk beregning:
- MENON Economics

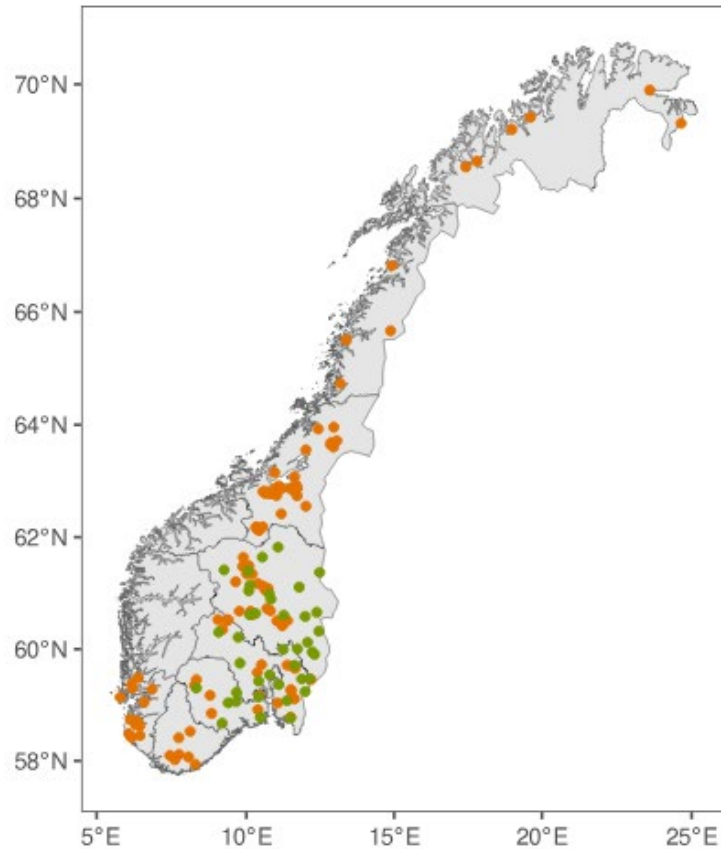
Morfologisk identifikasjon:

480 millioner NOK per år

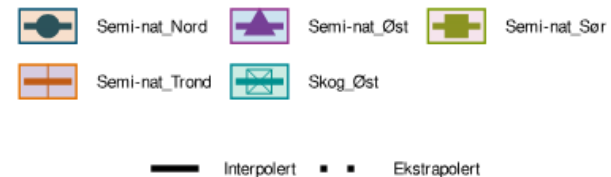
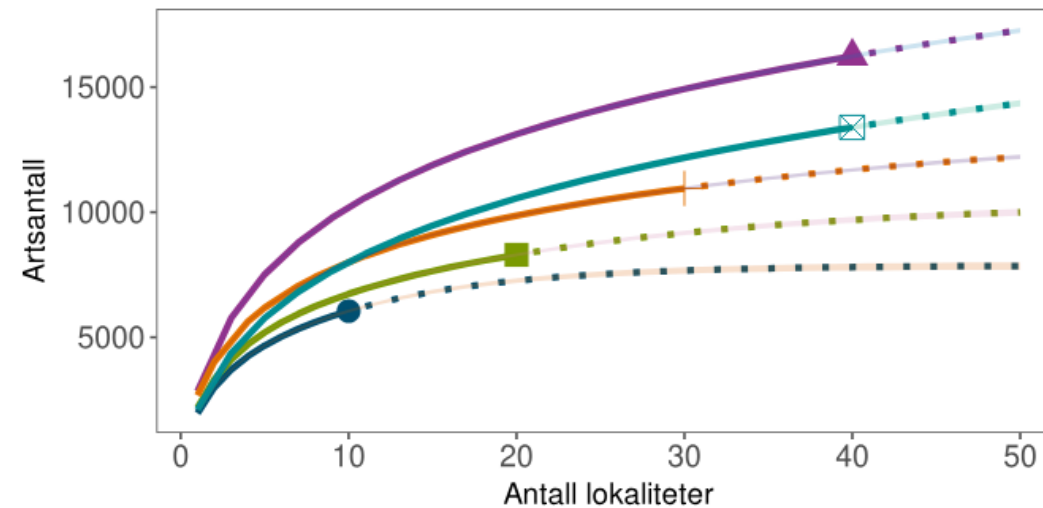
DNA-basert identifikasjon:

19.3 millioner NOK per år

Norsk insektovervåking

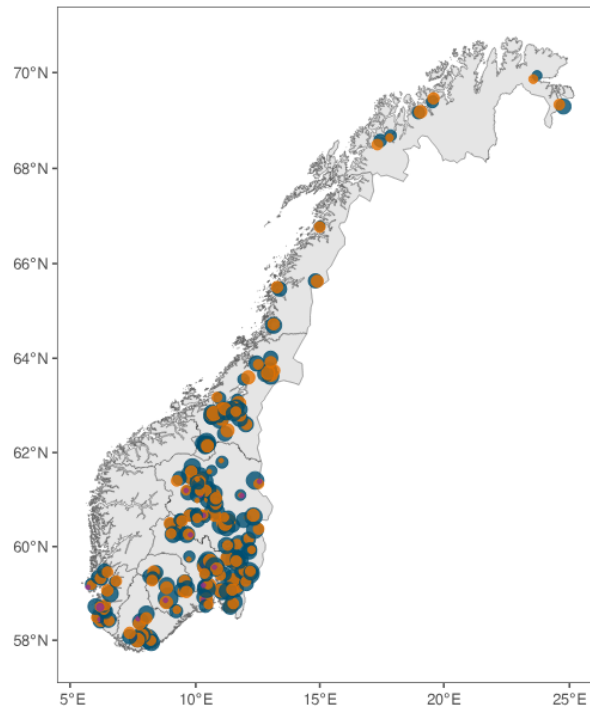


- 19.000 insektsarter registrert i Norge (Artsdatabanken)
- Vi har allerede funnet mer enn 20.000 flygende arter
 - Har Norge >30.000 insekter?



Norsk insektovervåking

- Hvilke arter er norske, fremmede eller sjeldne?

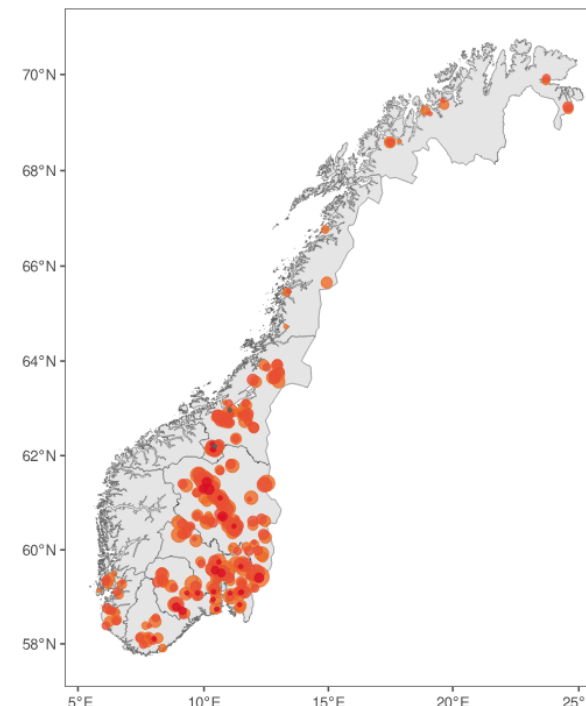


Kategori

- Fennoskandisk forek. (168 stk.)
- Potensielt fremmede arter (37 stk.)
- På fremmedartlista (12 stk.)

Antall arter per kategori og lokalitet

- 1
- 10
- 30
- 32



Antall arter per kategori og lokalitet

- 1
- 10
- 20
- 5
- 15
- 25

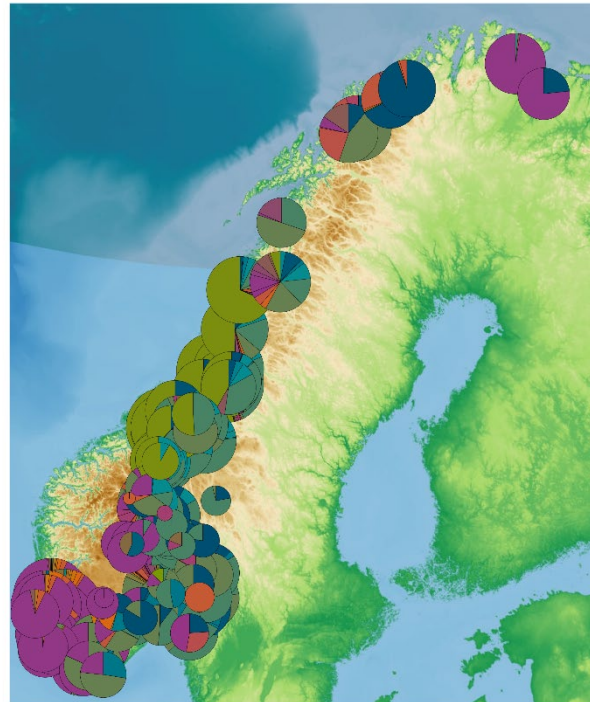
Rødlistekategori

- NT (84 stk.)
- VU (54 stk.)
- EN (14 stk.)
- RE (1 stk.)

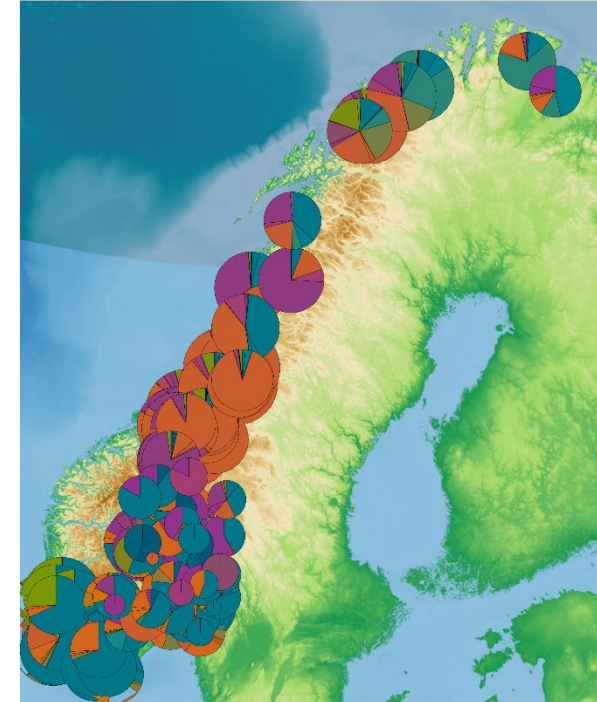
Genetisk variasjon INNEN arter



Nemoura cinerea



Metriocnemus fuscipes



Metriocnemus albolineatus

Naturmangfoldloven

§ 5 forvaltningsmål for arter

Målet er at artene og deres genetiske mangfold ivaretas på lang sikt og at artene forekommer i levedyktige bestander i sine naturlige utbredelsesområder. Så langt det er nødvendig for å nå dette målet ivaretas også artenes økologiske funksjonsområder og de øvrige økologiske betingelsene som de er avhengige av.

Oppsummering

- Vi måler stort sett effekten av to påvirkninger med dagens system
 - ▶ Organisk belastning
 - ▶ Forsuring
- Måling av økologisk tilstand er utfordrende
- Miljø-DNA gir oss nå store mengder ny data som kan danne grunnlaget for en bedre forståelse og nye indekser

