

1747

NINA Rapport

Naturindeks og økonomisk aktivitet

Analyse av påvirkningsfaktorer

Per Arild Garnåsjordet, Erik Framstad, Iulie Aslaksen, Simon Jakobsson, Olav Skarpaas og Xianwen Chen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Naturindeks og økonomisk aktivitet

Analyse av påvirkningsfaktorer

Per Arild Garnåsjordet, Erik Framstad, Iulie Aslaksen, Simon Jakobsson,
Olav Skarpaas og Xianwen Chen

Garnåsjordet, P.A., Framstad, E., Aslaksen, I., Jakobsson, S., Skarpaas, O. & Chen, X. 2019. Naturindeks og økonomisk aktivitet: Analyse av påvirkningsfaktorer. NINA Rapport 1747. Norsk institutt for naturforskning.

Oslo, desember 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4502-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Signe Nybø

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Kristin Thorsrud Teien (sign.)

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAUGSGIVERS REFERANSE

M-1564|2019

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Else Løbersli

FORSIDEBILDE

Utsikt mot Hardangerjøkulen fra Finse Forskningscenter. I området forekommer flere aktuelle naturindeksindikatorer, og området er påvirket av klimaendringer og ulike inngrep. © Foto: Erik Framstad

NØKKEWORD

Naturindeks – påvirkninger – klima – infrastruktur – fragmentering – Norge

KEY WORDS

The Nature Index – direct drivers – climate – infrastructure – fragmentation – Norway

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Garnåsjordet, P.A., Framstad, E., Aslaksen, I., Jakobsson, S., Skarpaas, O. & Chen, X. 2019. Naturindeks og økonomisk aktivitet: Analyse av påvirkningsfaktorer. NINA Rapport 1747. Norsk institutt for naturforskning.

Naturindeks for Norge er et verktøy for å beskrive tilstand og utvikling for biologisk mangfold på nasjonalt nivå. Ved valg av indikatorer til naturindeksen er det lagt vekt på å dekke ulike aspekter ved biologisk mangfold, samt tilgang på data. Selv om kunnskap om årsak til endringer i tilstand for biologisk mangfold er viktig for naturforvaltning, er naturindeksen ikke bygd opp rundt påvirkningsfaktorer for indikatorene. For å knytte naturindeksen nærmere opp til kunnskap om påvirkningsfaktorer, ble det i datainnsamlingen for Naturindeks i 2010 lagt inn spørsmål der ekspertene ble bedt om å vurdere viktige påvirkningsfaktorer for indikatorene. Data om påvirkningsfaktorer ble vurdert i sammenheng med vurdering av framtidig utvikling i naturindeksrapporten 2010 og analysert mer omfattende i naturindeksrapporten 2015. Datamaterialet er imidlertid ikke tilstrekkelig til en omfattende analyse av sammenhenger mellom påvirkningsfaktorer og biologisk mangfold. For det første er påvirkninger angitt i form av ekspertvurderinger av indikatorenes følsomhet for påvirkning, og ikke faktisk påvirkning, graden av konsekvens eller muligheter for å gjøre tiltak. For det andre er påvirkninger kun angitt for indikatorene som sådan, og ikke knyttet til bestemte arealer hvor indikatorene forekommer.

Formålet med dette prosjektet for Miljødirektoratet var å gjennomføre en stedfestet analyse av menneskeskapte påvirkninger på de økologiske indikatorene i naturindeksen for å øke kunnskapen om sammenhengen mellom tilstanden for biologisk mangfold, målt ved naturindeks, og menneskelig påvirkning gjennom økonomisk aktivitet, som ulike typer utbygging og inngrep i naturen. Slik kunnskap kan bidra til å styrke naturindeksens relevans for miljøforvaltning og gi bedre grunnlag for å vurdere miljøtilstand, mulige miljømål for forvaltningen, og mulige tiltak for forvaltning av hovedøkosystemene. Prosjektet er avgrenset til påvirkning på biologisk mangfold i terrestriske økosystem. Prosjektet har bestått av tre deler: Innsamling av ekspertkunnskap med vekt på samtaler med de som hadde vært ansvarlige for rapporteringen av enkeltindikatorer, tilrettelegging av arealdata, særlig om påvirkningsfaktorer, og analyse av sammenheng mellom påvirkninger og naturindeksverdier. Vurdering av påvirkningsfaktorer er en velkjent problemstilling for mange forskere og eksperter som deltar i arbeidet med naturindeksen. I arbeidet med norsk rødliste for arter etterspør Artsdatabanken vurderinger fra ekspertene av påvirkninger på artene.

Rapporten presenterer først ulike tilnærminger til klassifikasjon og studier av påvirkningsfaktorer mer generelt. Deretter presenteres arbeidet med påvirkningsfaktorer slik det er benyttet i Naturindeks for Norge. Til slutt presenteres analysen av sammenhenger mellom verdien til naturindeksindikatorer og omfanget av påvirkningsfaktorer. Betydningen av ulike påvirkningsfaktorer er diskutert med ekspertene på de enkelte indikatorene.

I dette prosjektet fant vi en klar støtte til å inkludere spørsmål om påvirkningsfaktorer i naturindeksarbeidet videre. Flere eksperter uttalte at det vil være relevant å kunne vurdere påvirkningsfaktorer på nytt i 2020. Det ble pekt på at det bør være rom for å oppgi flere konkrete påvirkningsfaktorer. Analyse av påvirkningsfaktorer for naturindeks-indikatorer kan også være nyttig for videre arbeid med fagsystem for økologisk tilstand. Alt i alt er det behov for bedre økologiske overvåkingsdata og modellerte indikatorverdier, med høyere geografisk oppløsning. Selv om kunnskap om indikatorene som inngår i naturindeksen er basert på forskning og overvåking av de enkelte artene, vil det være nyttig å kunne vurdere effekten av påvirkningsfaktorer i forbindelse med arbeidet med naturindeksen.

Per Arild Garnåsjordet (pag@ssb.no), Iulie Aslaksen (iulie.aslaksen@ssb.no), Statistisk sentralbyrå, Postboks 2633 St. Hanshaugen, 0131 Oslo;

Erik Framstad (erik.framstad@nina.no), NINA, Gaustad-alleen 21, 0349 Oslo;
Simon Jakobsson (simon.jakobsson@nina.no), NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim;
Olav Skarpaas (olav.skarpaas@nhm.uio.no), NHM-UiO, Postboks 1172 Blindern, 0318 Oslo;
Xianwen Chen (xianwen.chen@gmail.com), Høgskolen i Østfold, Postboks 700, 1757 Halden

Abstract

Garnåsjordet, P.A., Framstad, E., Aslaksen, I., Jakobsson, S., Skarpaas, O. & Chen, X. 2019. The Nature Index and economic activity: Analysis of direct drivers. NINA Report 1747. Norwegian Institute for Nature Research.

Nature Index for Norway is a tool for describing the state and development of biodiversity at national level. The choice of indicators has been based on relevance for ecological condition and biodiversity, as well as availability. Although knowledge of impacts on biodiversity is crucial for policy recommendations, the Nature Index is not specifically related to impact factors. In the first version of the Nature Index in 2010, the experts providing data were asked to include information on the most important impact factors in the data registration, in order to gain more insight in possible relations between the Nature Index and impact factors. Data on impact factors were analysed in a study in the report on the Nature Index in 2010 and analysed more comprehensively in 2015. This data material is not sufficient for a statistical analysis of impact factors and biodiversity. The impact factors are related to experts' assessments of the response of indicators to impacts, not to the actual impacts, urgency, or possibility for measures. Moreover, impacts are made for indicators in general and not geographically related.

The purpose of this project is through spatially explicit study of human impacts on ecological indicators in the Nature Index to enhance knowledge of the state of biodiversity and human impact through developments, buildings and other impacts on nature. The purpose is to enhance the relevance of the Nature Index as tool for environmental management and policy by including more knowledge on the relation between state of biodiversity and impact factors. The project included only terrestrial ecosystems. The project consisted of three parts: Compiling data on land use, statistical analysis of relations between climate variables, impact factors and Nature Index indicators, and expert knowledge.

The report first presents different approaches to classification and studies of impact factors more generally, and then presents impact factors identified and studied in the work with Nature Index for Norway. Then the analysis of the project is presented, based on statistical analysis of Nature Index values and impact factors, and interview with experts. Assessment of impact factors is well-known for many experts in connection with contributions to the national Red list for threatened species. In this project we found clear support from the experts that it is useful to include questions on impact factors in the work with the Nature Index. Several experts said it is relevant to assess impact factors in relation to the update of the Nature Index in 2020. It was pointed out that it should be scope for assessing more specific impacts factors for different ecosystems. The work on impact factors can also be useful for the work with new scientific framework for assessment of good ecological state. Although the knowledge provided to the Nature Index is based on research and monitoring of species, it will be useful to assess impact factors in the work with Nature Index.

Per Arild Garnåsjordet (pag@ssb.no), Iulie Aslaksen (iulie.aslaksen@ssb.no), Statistisk sentralbyrå, Postboks 2633 St. Hanshaugen, NO-0131 Oslo;

Erik Framstad (erik.framstad@nina.no), NINA, Gaustadalleen 21, NO-0349 Oslo;

Simon Jakobsson (simon.jakobsson@nina.no), NINA, Postboks 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim;

Olav Skarpaas (olav.skarpaas@nhm.uio.no), NHM-UiO, Postboks 1172 Blindern, NO-0318 Oslo;

Xianwen Chen (xianwen.chen@gmail.com), Høyskolen i Østfold, Postboks 700, NO-1757 Halden

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	6
Forord	7
1 Naturindeksen og påvirkningsfaktorer	8
2 Eksempler på oversikter over påvirkningsfaktorer og anvendelse	10
2.1 Norsk standard liste over påvirkningsfaktorer – NS9452	10
2.2 Det internasjonale naturpanelet	10
2.3 Påvirkningsfaktorer for rødlistearter	11
2.4 INON – Inngrepsfrie naturområder i Norge	11
2.5 GLOBIO	13
2.6 Natur i Norge (NiN): Landskapstyper og natursystemer	15
2.7 EU-rapport om økosystemregnskap og klassifisering av økosystemindikatorer	16
3 Påvirkningsfaktorer i naturindeksen	17
4 Datagrunnlag, analysemetoder og beregninger	24
4.1 Forsøk på å utvikle en aggregert modell	24
4.2 Korrelasjonsanalyser for å vurdere datamaterialet	25
4.3 Vurdering av de statistiske resultatene	29
5 Intervjuer med eksperter om påvirkningsfaktorer	39
5.1 Fjellrev som indikator	39
5.2 Issoleie og greplyng som indikatorer	39
5.3 Fjellfiltmose som indikator	40
5.4 Prestekrage, solblom og tilstand for gras- og urterik mark som indikatorer	40
5.5 Alge på bjørk som indikator	41
5.6 Rådyr som indikator	41
6 Konklusjon	43
7 Referanser	44

Forord

Rapporten presenterer resultater fra pilotprosjektet «Naturindeks og økonomisk aktivitet: Analyse av påvirkningsfaktorer» på oppdrag for Miljødirektoratet for å styrke arbeidet med påvirkningsfaktorer i forbindelse med utarbeiding av Naturindeks for Norge 2020.

Prosjektet har utnyttet en kombinasjon av kunnskap om påvirkningsfaktorer, arealdata fra Statistisk sentralbyrå (SSB), analyse fra rapporten om Naturindeks for Norge (2015), statistisk analyse av klimadata, arealdata og naturindeksindikatorer, og samtaler med eksperter som er ansvarlig for data til naturindeksen. Prosjektet er et pilotprosjekt for utprøving av analyse av påvirkningsfaktorer som kan gi grunnlag for videre analyse.

Takk til Miljødirektoratet for finansiering av prosjektet «Naturindeks og økonomisk aktivitet: Analyse av påvirkningsfaktorer» prosjekt 16040049. Takk til Statistisk sentralbyrå som har ledet prosjektet, og takk til ekspertene Marianne Evju, Nina E. Eide, Kristian Hassel, Line Johansen, Anders Often, Olav Skarpaas, Erling J. Solberg og Odd Stabbetorp, som alle har bidratt med kunnskap om naturindeksindikatorer og påvirkningsfaktorer.

10. desember 2019

Per Arild Garnåsjordet og Erik Framstad

1 Naturindeksen og påvirkningsfaktorer

Naturindeksen er vårt primære verktøy for å beskrive tilstand og utvikling for biologisk mangfold på nasjonalt nivå (Nybø 2010, Framstad 2015, Pedersen & Nybø 2015). Ved valg av indikatorer til naturindeksen ble det lagt vekt på å dekke ulike aspekter ved det biologiske mangfoldet, samt tilgang på data og ekspertkunnskap. Selv om kunnskap om årsak til endringer i tilstand for biologisk mangfold er viktig for å kunne iverksette egnede tiltak, er naturindeksen ikke knyttet til kunnskapen om påvirkningsfaktorer for indikatorene. Bakgrunnen for dette, er at man har tenkt seg at artene i naturen reagerer på alle typer påvirkninger samtidig. Naturindeksen viser effekten av alle menneskeskapte påvirkninger på de ulike artene og på økosystemene. Naturindeksverdien gir dermed et uttrykk for samlet belastning på det biologiske mangfoldet. En grunnleggende idé ved utviklingen av selve designen av naturindeksen var derfor å måle tilstanden til biologisk mangfold uavhengig av påvirkninger, slik at sammenhengen mellom naturindeksen og uavhengige påvirkningsdata kunne analyseres statistisk.

Likevel hadde det vært en fordel for mer effektiv forvaltning å kunne knytte naturindeksen mer direkte til viktige påvirkninger. Den globale modellen GLOBIO modellerer for eksempel tilstanden til det biologiske mangfoldet basert på kjente og antatte sammenhenger mellom påvirkningsfaktorer og bestander av arter. Tilstanden til det biologiske mangfoldet modelleres dermed ut fra omfanget av påvirkningsfaktorer (Alkemade et al. 2009).

For å knytte naturindeksen nærmere opp til kunnskap om påvirkningsfaktorer, ble det i datainnsamlingen for Naturindeks i 2010 lagt inn spørsmål der ekspertene ble bedt om å vurdere viktige påvirkningsfaktorer for indikatorene. Data ble analysert i et eget kapittel i naturindeksrapporten 2010, og samme datamateriale ble analysert på nytt i naturindeksrapporten 2015 (Framstad 2015). Dette datamaterialet er imidlertid ikke tilstrekkelig til en omfattende analyse av forholdet mellom påvirkningsfaktorer og biologisk mangfold. For det første er påvirkninger angitt gjennom ekspertvurderinger av indikatorenes følsomhet for påvirkning, og ikke faktisk påvirkning, alvorlighet eller muligheter for tiltak. For det andre er følsomhet for påvirkninger kun angitt for indikatorene som sådan, og ikke knyttet til bestemte arealer hvor indikatorene forekommer. For det tredje er det ennå ikke utført en omfattende analyse av naturindeksen og påvirkningsdata som er uavhengige av datagrunnlaget for indikatorene i naturindeksen. En slik analyse har vært etterlyst flere ganger siden pilotprosjektet for naturindeksen i 2007-08, og var ett av hovedpunktene i utlysningen om utviklingsprosjekter fra Miljødirektoratet i 2016.

Formålet med dette prosjektet for Miljødirektoratet var at man gjennom en stedfestet analyse av menneskeskapte påvirkninger på de økologiske indikatorene i naturindeksen skulle øke kunnskapen om sammenhengen mellom tilstanden for biologisk mangfold, målt ved naturindeks, og menneskelig påvirkning gjennom økonomisk aktivitet, som ulike typer utbygging og inngrep i naturen. Formålet med prosjektet er beskrevet slik i prosjektbeskrivelsen: «Hovedformålet er å styrke naturindeksens relevans for miljøforvaltningen gjennom å få økt kunnskap om sammenhengen mellom tilstanden til det biologiske mangfoldet (naturindeksen) og påvirkninger. Prosjektet er avgrenset til påvirkning på biologisk mangfold i terrestriske økosystem. Det primære målet for prosjektet er å utvide datagrunnlaget og kunnskapen når det gjelder påvirkninger og dose-respons-sammenhenger mellom økonomisk aktivitet og biologisk mangfold, slik at en får bedre grunnlag for å vurdere miljøtilstand, mulige realistiske miljømål for forvaltningen, og økonomiske tiltak for forvaltning av hovedøkosystemene.»

Prosjektet har bestått av tre deler: (1) Innsamling av arealdata, særlig om påvirkningsfaktorer, (2) statistisk analyse av sammenhenger mellom naturindeksverdier og påvirkninger (arealbruk/fragmentering, klima), og (3) sammenstilling av ekspertkunnskap om effekter av konkret påvirkning på enkeltindikatorer, med vekt på samtaler om deres kommentarer til den statistiske analysen. Ekspertene er de samme som har hatt ansvaret for de respektive indikatorene i naturindeksen. Rapporten presenterer først ulike tilnærminger til klassifikasjon og studier av påvirkningsfaktorer mer generelt i miljøfaglige vurderinger, og presenterer deretter påvirkningsfaktorer i arbeidet med Naturindeks for Norge. Deretter presenteres analysen i prosjektet, basert på

sammenhenger mellom naturindeksverdier og påvirkningsfaktorer, og vurderingene fra ekspertene vi har hatt samtaler med.

2 Eksempler på oversikter over påvirkningsfaktorer og anvendelse

Hensikten med dette kapitlet er å få frem en oversikt over måter å systematisere påvirkningsfaktorer på i en miljøfaglig sammenheng, dvs. hvordan menneskelig aktivitet påvirker natur og miljø. Oversikten bidrar til å vise bredden i typen påvirkninger på natur og miljøtilstand, gir eksempler på studier av sammenhenger mellom påvirkninger og naturtilstand, illustrerer betydningen av romlig skala og geografisk område, og viser eksempler på hvordan påvirkningsfaktorer kan inngå i naturforvaltning i nasjonal og internasjonal sammenheng. Påvirkningsfaktorer slik de er diskutert i rapporter om Naturindeksen, er drøftet i neste kapittel.

2.1 Norsk standard liste over påvirkningsfaktorer – NS9452

Norsk Standard utarbeider en liste over påvirkningsfaktorer på norsk naturmangfold og kulturmiljø til bruk for innsamling av miljødata¹. Standarden skal definere og utarbeide oversikt over menneskelige påvirkningsfaktorer på naturen, dvs. fysiske, kjemiske og biologiske påvirkninger på norsk natur- og kulturmiljø. Dette er en norsk standard opplisting som skal dekke alle mulige miljøforhold fra vern til forurensning. Den sorterer hovedsakelig etter typer av påvirkningsfaktorer og ikke om de virker på spesielle habitater eller arter. Den har følgende hovedkategorier:

- ID: 1 (Nivå: 1) beskatning, høsting, utvinning
- ID: 2 (Nivå: 1) biologisk interaksjon; biologisk påvirkning; påvirkning fra organismer
- ID: 3 (Nivå: 1) tilførsel, utslipp
- ID: 4 (Nivå: 1) geofysiske, klimatiske og kjemiske prosesser
- ID: 5 (Nivå: 1) fysiske inngrep
- ID: 6 (Nivå: 1) ferdsel, fritidsbruk, idrettsaktiviteter
- ID: 7 (Nivå: 1) andre påvirkninger

Inndelingen er nyttig for studier av påvirkning på biologisk mangfold. Den er mest detaljert på emnene 3, 4 og 5. Det er relevant for analyse av påvirkning på naturen at denne klassifiseringen har med ferdsel og rekreasjon som en egen hovedgruppe. For vårt formål har denne inndelingen likevel begrenset verdi.

Listen til Norsk Standard synes ikke nå å være i aktiv bruk i miljøforvaltningen som føring for studier av påvirkning på naturmiljø. Det har etter hvert blitt utviklet lister over påvirkninger knyttet mer direkte til formålet, slik som påvirkningsfaktorer for rødlistearter.

2.2 Det internasjonale naturpanelet

Det internasjonale naturpanelet (Intergovernmental Panel of Biodiversity and Ecosystem Services IPBES) peker på de fem viktigste kategoriene for påvirkning: endring i bruk av land og vann, direkte utnyttelse av arter, klimaendring, forurensning og fremmede arter. Disse fem typene påvirkningsfaktorer er resultat av en lang rekke drivkrefter i samfunnet, knyttet til produksjon og forbruk, befolkningsutvikling, handel, teknologisk utvikling og beslutningsprosesser (IPBES 2019, s. 12). IPBES peker på at særlig utvidelse av jordbruksareal til dyrking og husdyrbruk, samt utvidelse av urbane områder og infrastruktur, har vært omfattende og gått utover naturlig og semi-naturlig skog, våtmark og grasmark. Også overbeskatning av dyr og planter ved høsting, skogbruk, jakt og fiske har hatt stor betydning. IPBES framholder at klimaendringer i økende grad forsterker de negative effektene av andre påvirkninger. Data fra Naturindeks 2020 vil bli analysert ved bruk av Naturpanelets kategorier for påvirkningsfaktorer.

¹ <https://www.standard.no/standardisering/komiteer/sn/snk-192/>

2.3 Påvirkningsfaktorer for rødlistearter

Arbeidet med rødliste for arter inneholder også en vurdering av påvirkningsfaktorer². Disse omfatter arealendringer, klimaendringer, forurensing, fremmede arter og høsting. Hele 90% av de 2355 truede artene er vurdert å være påvirket av arealendringer, særlig knyttet til endringer i jordbruk og skogbruk, samt til fysiske inngrep. Forurensinger er vurdert å påvirke 284 av de truede artene, mens klimaendringer bare er angitt å påvirke 87 truede arter. Påvirkningen fra klimaendringer er trolig undervurdert.

I rødlistevurderinger benyttes en hierarkisk oppbygd liste med påvirkningsfaktorer (Henriksen & Hilmo 2015):

- Arealendringer (påvirkning på habitat)
 - Landbruk
 - Jordbruk
 - Skogbruk (kommersielt)
 - Buskap/dyrehold
 - Ophørt/ redusert drift
 - Habitatpåvirkning - ikke jord- eller skogbruksaktivitet
 - Utbygging/utvinning
 - Ophørt drift
 - Annen påvirkning på habitat
 - Habitatpåvirkning i limnisk miljø
 - Habitatpåvirkning i marine miljø
- Forurensing
 - Terrestrisk
 - I vann
 - Atmosfærisk
- Beskatning (høsting)
- Tilfeldig mortalitet
 - Kollisjoner
 - Bifangst
- Fremmede arter
- Påvirkning fra stedegne arter
- Klimatiske endringer
 - Regionale
 - Lokale
- Naturkatastrofer
- Menneskelig forstyrrelse
- Påvirkning utenfor Norge

2.4 INON – Inngrepsfrie naturområder i Norge

Beregning av omfanget av inngrepsfrie naturområder i Norge (INON) har vært foreslått som indikator for tilstanden i norsk natur³. INON har likhetstrekk med GLOBIO (se omtale i 2.5) ved at de begge generaliserer (aggregerer) et påvirkningsbegrep, som en sammensatt indeks av påvirkninger som skal representere naturens tilstand. De enkelte inngrepene kan klart betegnes som påvirkningsfaktorer, mens resultatet tolkes som en «proxy» for naturtilstand snarere enn et aggregat av påvirkningsfaktorer. INON er mer konkret enn GLOBIO da den direkte refererer til en rekke ulike fysiske inngrep, basert på at det er betydelig bedre arealdata i Norge enn i den globale meta-analysen som GLOBIO modellens dose-respons-relasjoner for infrastruktur bygger på.

² <https://www.artsdatabanken.no/Rodliste/Pavirkningsfaktorer>

³ <https://www.miljodirektoratet.no/om-oss/roller/miljoovervaking/Inngrepsfrie-naturomrader/>

INON er definert ut fra avstandssoner til fysiske inngrep. Inngrepsfrie områder deles i tre kategorier etter avstand fra elleve typer tyngre inngrep:

- Villmarkspreget: mer enn 5 km
- Inngrepsfri sone 1: 3-5 km
- Inngrepsfri sone 2: 1-3 km

Følgende inngrepstyper utgjør parameteren tyngre, tekniske inngrep i definisjonen av indikatoren INON⁴:

- offentlige veier og jernbanelinjer med lengde over 50 meter, unntatt tunneler
- skogsbilveier med lengde over 50 meter
- traktor-, landbruks-, anleggs- og seterveier og andre private veier med lengde over 50 meter
- gamle ferdselsveier rustet opp for bruk av traktor tilsvarende traktorvei klasse 7/8 eller bedre standard
- godkjente barmarksløyper (Finnmark)
- kraftlinjer bygd for spenning på 33 kV eller mer
- massive tårn og vindturbiner
- større steintipper, steinbrudd og massetak
- større skitrekk, hoppbakker og alpinbakker
- kanaler, forbygninger, flomverk og rørgater i dagen
- magasiner (hele vannkonturen ved høyeste regulerte vannstand), regulerte elver og bekker
 - gjelder regulerte elver og bekker der vannføringen enten er (vesentlig) senket eller økt
 - gjelder i hovedsak magasiner der periodiske reguleringer gjennom året innebærer vannstandsøkninger og eller -senkning på en meter eller mer
 - vannstrengen helt ned til sjø blir betegnet som inngrep
 - for kraftverk i elv/bekk uten magasinering, betegnes elvestrengen mellom vanninntak og utløp kraftstasjon som inngrep»

En rekke mindre naturinngrep defineres ikke som tyngre tekniske inngrep. Disse inngrepene påvirker dermed ikke utstrekningen av INON-områdene. Eksempler på slike inngrep er:

- hytter
- mindre bruer og klopper
- basestasjoner
- kraftledninger med spenning opp til og med 22 kV
- stier og sleper
- ikke-søknadspliktige driftsveier i skogbruket
- reingjerder og andre gjerder i utmark

Dette er inngrep som det i dag kan være vanskelig å finne arealdekkende data for, ikke minst tilbake i tid. Hvis en blir avhengig av spesialinnsamlede data til arealbruksanalyser kan disse vanskelig brukes på regionalt og nasjonalt nivå. Det er lite kjent hvor store virkninger denne type inngrep kan ha på naturtilstanden (selv om det finnes en rekke studier av effekter av kraftlinjer, hytter, hyttefelt og stier).

Menneskelig aktivitet som har formet landskapet gjennom eksempelvis beiting, ferdsel, hogst og slått, regnes ikke som tyngre teknisk inngrep.

INON har en historie tilbake til 1970-tallet, men i sin nåværende form har disse områdene blitt kartlagt i 1993, 1998, 2003, 2008, 2013 og 2018. Tilstanden for 2018 er vist i **figur 1**.

⁴ <https://www.miljodirektoratet.no/om-oss/roller/miljoovervaking/Inngrepsfrie-naturomrader/>



Figur 1. INON-områder i Norge 2018. Innregpsfire områder er angitt med grønt (fra lys til mørkere for avstand fra inngrep 1-3 km, 3-5 km, minst 5 km), mens reduksjon i inngrepsfire områder i perioden 2013-2018 er angitt med rødt og tilgang i samme periode er angitt med blått. (lastet ned 2019-12-03 fra Miljødirektoratets nettsted <https://www.miljodirektoratet.no/om-oss/roller/miljoovervaking/Inngrepsfrie-naturomrader/>)

2.5 GLOBIO

GLOBIO er en modell som beregner «Mean Species Abundance (MSA)» basert på påvirkningsfaktorer. Som INON er GLOBIO en sammensatt indeks av påvirkninger som skal representere naturens tilstand, en «proxy» for naturtilstand, snarere enn et aggregat av påvirkningsfaktorer. Selve modellen er basert på erfaringsmateriale fra internasjonal litteratur dvs. ganske store metastudier. En har forsøkt å identifisere effekten av fem grupper av påvirkningsfaktorer. De hevdes å være laget slik at de er uavhengige og at samlet effekt på MSA fås ved å multiplisere disse fem påvirkningsfaktorene. Gruppene er:

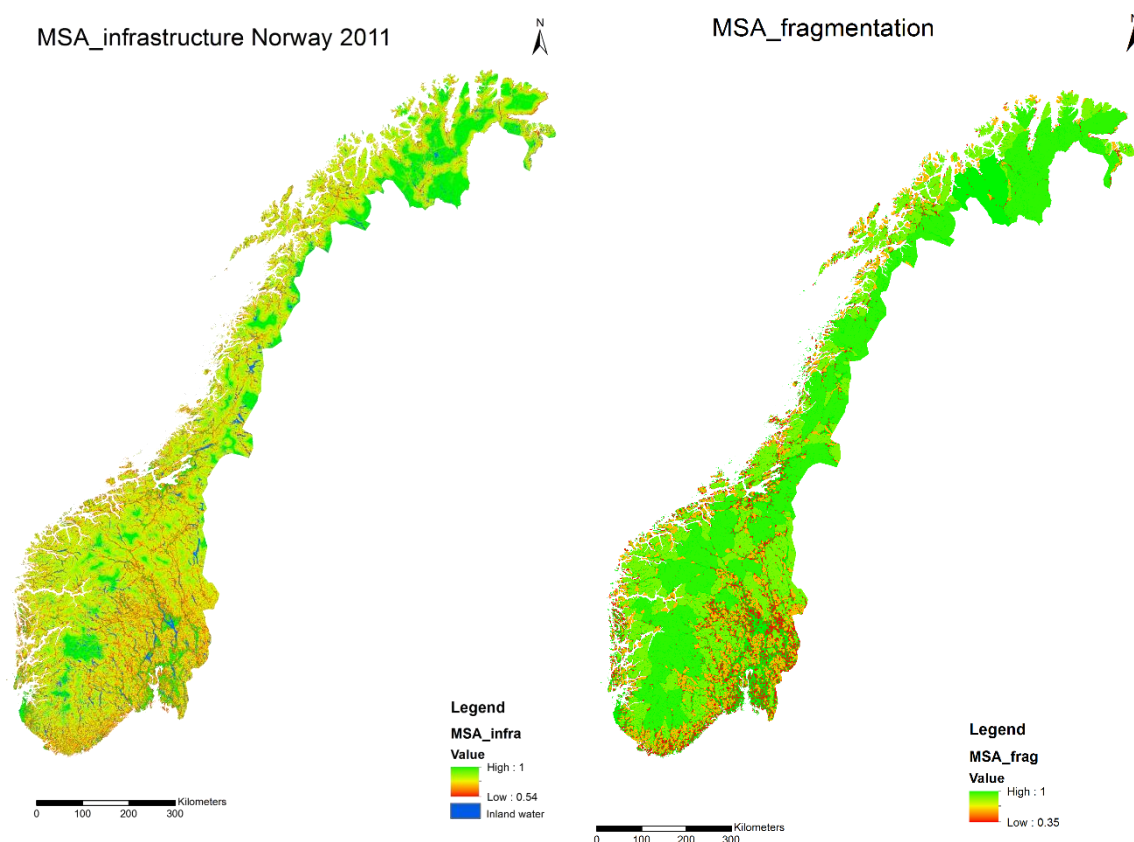
- Arealbruk: Land use (management; e.g. harvest system, rotation, etc.)
- Infrastruktur: Infrastructure & settlement
- Fragmentering: Fragmentation
- Klimaendring: Climate change
- Nitrogenedfall: N-deposition

GLOBIO har brukt kjente dose-respons sammenhenger for disse fem typene påvirkningsfaktorer, for hovedøkosystemer (biomer) globalt, basert på globale meta-studier. Typen arealbruksendringer er så vidt annerledes i Norge at GLOBIO i utgangspunktet kan være mindre egnet for analyse av påvirkningsfaktorer for biologisk mangfold i Norge (van Rooij et al. 2016). Vi har i et tidligere prosjekt analysert sammenhengen mellom MSA beregnet ved GLOBIO og naturindeksen (van Rooij et al. 2016). Dette prosjektet bidro til å klargjøre at dose-responsrelasjonene i GLOBIO er mindre egnet til å belyse påvirkning av biologisk mangfold i Norge, da vi har langt

mer detaljerte norske data. GLOBIO er også anvendt til en pilotstudie av påvirkning på reinbeite i Finnmark (van Rooij et al. 2017, Degteva et al. 2017). GLOBIO beskriver for landbruket en rekke overganger mellom drift med lav bruksintensitet, f.eks. utmarksbeite, og en gradvis overgang til driftsformer med høyere intensitet. I Norge gjelder dette både driftsformer i skogbruk og jordbruk, ikke minst for beiteaktivitet på utmark. Datamaterialet for arealbruksendring er imidlertid for dårlig til at vi i dette prosjektet kunne gjennomføre en statistisk analyse av hvordan endret driftsformer påvirker biologisk mangfold i skog og åpent lavland. De arealbruksendringene vi har god oversikt over, dvs. bebygd areal, er så omfattende, at økosystemet opphører å være et naturlig eller semi-naturlig økosystem.

Nitrogennedfall har stor påvirkning bare i enkelte områder i Norge. Klimadelen i GLOBIO er for grov til å belyse effekt av klimaendringer i Norge. Forskere i Nederland arbeider med å utvikle klimarelasjonene i GLOBIO (Alkemade et al. 2011, Arets et al. 2014), men dette er ennå ikke videreført til norske forhold. De påvirkningsfaktorene fra GLOBIO som konseptuelt sett er mest egnet til å si noe om norske forhold er derfor i hovedsak påvirkningsfaktorene infrastruktur og fragmentering, som vi ser på i den videre analysen, basert på norske data for arealbruk fra SSB for 2010.

For de tre hovedøkoystemene vi ser på i dette prosjektet, dvs. fjell, skog og åpent lavland, viser **figur 2** resultater fra et tidligere prosjekt om naturindeks og MSA og påvirkning fra infrastruktur og fragmentering på biologisk mangfold i Norge (van Rooij et al. 2016). En direkte sammenlikning mellom naturindeksen og GLOBIO er ikke enkel, da naturindeksen viser kvaliteten på gjenværende natur, mens MSA også inkluderer reduksjon i økosystemets areal som bidrag til reduksjon i økosystemets kvalitet.



Figur 2. GLOBIOs analyse av påvirkning fra infrastruktur og fragmentering på biologisk mangfold (målt ved MSA) (van Rooij et al. 2016).

2.6 Natur i Norge (NiN): Landskapstyper og natursystemer

Det er nylig lagt frem en fullstendig landskapstype-klassifisering for Norge som en del av Natur i Norge (NiN)-systemet (Halvorsen et al. 2016). Den baserte seg på om lag 85 nasjonale datasett som ble analysert i et rutenett på 100x100 m. Vi vurderte å bruke dette datasettet i våre analyser av naturindeksen. Dette ble etter hvert lagt bort, da det var for omfattende, men selve idéen om å bruke dette datasettet, og de nå definerte landskapstypene, er trolig noe en bør vurdere i det videre arbeidet med naturindeksen og analyse av påvirkningsfaktorer. Landskapstyper vil være mer økologisk homogene enn kommuner som arealenhet for vurdering av slike sammenhenger.

Nedenfor følger en kort omtale basert på en innføring fra Simensen et al. (2019). Grunnen til at dette arbeidet trekkes frem, er at datagrunnlaget for denne klassifiseringen ble forsøkt utnyttet i våre første beregninger, og at klimatiske klimagrader hadde en mye finere oppløsning geografisk enn de i GLOBIO-modellen, der Norge bare var en del av en klimaregion.

Fra Simensen et al. (2019): «Landskapstype er i NiN-systemet definert som «større geografisk område med enhetlig visuelt preg, skapt av enhetlig dominans av store landformer og kjennetegnet ved karakteristisk fordeling av landformer, natursystemkomplekser, natursystemer og andre landskapselementer.»

Typesystemet for landskap inneholder tre «generaliseringsnivåer», med ulikt detaljeringsnivå: hovedtypegrupper, hovedtyper og grunntyper.

Marine landskap

- Marint ås- og fjellandskap
- Marint dallandskap
- Marine sletter

Kystlandskap

- Kyst-ås og -fjellandskap
- Fjordlandskap
- Kystslettelandskap

Innlandslandskap

- Innlands-ås- og fjellandskap
- Innlands-dallandskap
- Innlandsslettelandskap

I NiN-landskapstyper beskrives den gradvise overgangen mellom landskap ved hjelp av komplekse landskapsgradienter (KLG). En gradient beskriver en gradvis endring av en egenskap.

Det er definert 11 komplekse landskapsgradienter. Disse er delt inn i tre kategorier, basert på hvilke typer prosesser variasjonen er resultatet av:

Geo-økologiske grader: Komplekse landskapsgradienter som er resultatet av prosesser knyttet til abiotiske faktorer som geologi, landform, hydrologi, m.m.

- Indre ytre kyst
- Kystavstand
- Relieff i innlandsås- og fjellandskap
- Relieff i innlandsdal og fjordlandskap
- Relieff i kystslettelandskap
- Brepreg
- Innsjøpreg
- Våtmarkspreg

Bio-økologiske grader: Resultatet av prosesser knyttet til biotiske faktorer

- Vegetasjonsdekke

Arealbruksgrader: Resultatet av prosesser knyttet til menneskelig arealbruk over tid

- Arealbruksintensitet
- Jordbrukspreg

Innenfor de to hovedtypegruppene kystlandskap og innlandslandskap er det identifisert 45 640 landskapsområder i størrelsesspennt 2–20 km² fordelt på 284 grunntyper.

Til studier av påvirkningsfaktorer i sammenheng med NiN kan natursystemer være vel så relevante som landskap. For natursystemer brukes en rekke lokale komplekse miljøgradienter (LKM) til å definere typene av natursystemer. Blant disse er det flere som er knyttet til tilstand og menneskelig påvirkning. Dette er tatt opp i diskusjonen om bruk av NiN og rammeverk for økologisk tilstand (Nybø & Evju 2017). Utfordringen ved å bruke natursystemer og LKM i analyser av påvirkningsfaktorer er knyttet til skala, da LKM ofte varierer på en skala mindre enn 100 meter.

2.7 EU-rapport om økosystemregnskap og klassifisering av økosystemindikatorer

EU holder på med et omfattende arbeid innen videreutvikling og implementering av FNs system for økosystemregnskap (naturregnskap) System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA) når det gjelder beskrivelse av miljøtilstand i arbeidet med økosystemregnskaper (Keith et al. 2019). Deres arbeid ligger ganske nær det norske arbeidet med å klarlegge hva som er god økologisk tilstand (Nybø & Evju 2017). I rapporten til Keith et al. (2019) er det også fokus på å vurdere hvordan det kan utarbeides og aggregeres indekser som del av et analysegrunnlag. En del av diskusjonen blant de ekspertene som arbeider med dette, har vært om påvirkningsfaktorer (*disturbance*) skal være med i vurderingen av miljøtilstanden. **Tabell 1**, fra rapporten til Keith et al. (2019) om videre arbeid med SEEA-EEA, viser foreslått klassifisering av variable og indikatorer for økosystemtilstand (*ecosystem condition*), som en kombinasjon av abiotiske og biotiske faktorer og landskapstrekk, videre klassifisert i fysiske og kjemiske faktorer, økologiske faktorer som økosystemets sammensetning, struktur og funksjon, og landskapstrekk som landskapsvariasjon, sammenhengende områder og fragmentering. Diskusjonen i rapporten omfatter kriterier for valg av indikatorer for økosystemtilstand og spørsmålet om aggregering til indekser for ulike formål, samt vurdering av om påvirkningsfaktorer skal inngå som en del av kunnskapsgrunnlaget for vurdering av miljøtilstanden. Rapporten foreslår videre at påvirkningsfaktorer (*disturbances*) som påvirker økosystemets funksjon, ikke skal inngå eksplisitt blant de økologiske indikatorene som utgjør beskrivelsen av økosystemtilstand i økosystemregnskapet (Keith et al. 2019). Økosystemregnskapet skal kun være basert på underliggende «*degradeable assets*» dvs. naturgoder som er utsatt for påvirkning som reduserer den økologiske kvaliteten, men uten å spesifisere påvirkningsfaktorer (*disturbances*) som en egen del av klassifiseringen (Keith et al. 2019).

Tabell 1. Foreslått klassifisering av variable og indikatorer for økosystemtilstand, i FNs system for økosystemregnskap System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA). (Fra Keith et al. 2019, s. 32, Table 2)

Ecosystem condition	Abiotic characteristics	Physical state
		Chemical state
	Biotic characteristics	Composition (including species-based indicators)
		Structure (including vegetation, biomass, food chains)
		Function (including ecosystem processes, disturbance regimes)
	Landscape and seascape level characteristics	Landscape diversity of biotic or abiotic characteristics
		Spatial distribution of characteristics such as connectivity, fragmentation

3 Påvirkningsfaktorer i naturindeksen

I naturindeksen legges data for indikatorene inn av eksperter. De leverer indikatorverdier for de administrative enhetene (fra kommune til hele landet) for indikatorer som vurderes som relevante og der det finnes grunnlag for å beregne eller anslå indikatorverdier, basert på overvåkingsdata, modeller eller ekspertvurderinger. Overvåkingsdata er direkte målinger av indikatorene, og modellerte indikatorverdier er modellprediksjoner fra ulike former for statistiske modeller for utbredelse og mengde av indikatorene. Ekspertvurderinger er også basert på data, men gjerne i kombinasjon med data og kunnskap om naturlige og menneskeskapte faktorer og indikatorenes følsomhet for påvirkninger. Ekspertvurderinger kan derfor være mindre uavhengige av påvirkningsdata fra konkrete områder enn det direkte overvåkingsdata og modellerte indikatorverdier er. Dette er viktig bakgrunn for analysene som omtales i kapittel 4.

Ved innlegging av data for indikatorene i naturindeksen i 2010, ble ekspertene også spurt om å angi de ulike indikatorenes generelle følsomhet for en rekke ulike påvirkningsfaktorer på en 5-delt skala fra svært liten til svært stor (ev. ukjent/ikke relevant). Ekspertene hadde lite tid og begrenset informasjon om hvordan disse vurderingene av påvirkningsfaktorer skulle brukes, så alle har trolig ikke gjort like grundige vurderinger av dette. For noen indikatorer ble det heller ikke gitt noen vurderinger av påvirkningsfaktorer. Likevel kan disse anslagene for indikatorenes følsomhet for påvirkninger være interessante som grunnlag for å vurdere i hvilken grad lave verdier for naturindeksen kan skyldes faktorer som forvaltningen kan velge å forsøke å gjøre noe med.

Følgende påvirkningsfaktorer er spesifisert:

BE Beskatning og høsting
FR Fremmede arter
FO Forsurende stoffer
EU Eutrofierende stoffer
AF Annen forurensning
KL Klima
AB Arealbruk
OP Opphør av tradisjonell drift
FY Fysiske inngrep
FE Ferdsel
AN Annet
NN Ukjent eller naturlig påvirkning
HY Hydrologiske endringer

Grupperte påvirkningsfaktorer i videre analyse:

FO EU AF Forurensing

AB OP FY HY Arealbruk og inngrep

Indikatorenes grad av følsomhet for ulike påvirkningsfaktorer er gitt som: 1 – svært liten, 3 – liten, 5 – middels, 7 – stor, 9 – svært stor, og uten verdi – ukjent/ikke relevant.

Naturindeksens kategorisering av påvirkningsfaktorer i 2015 var en forenkling av inndelingen i norsk standard slik denne var angitt da. I arbeidet med Naturindeks 2020 vil påvirkningsfaktorene bli klassifisert i henhold til det internasjonale Naturpanelets klassifikasjon. Naturindeksens kategorisering av påvirkningsfaktorer i 2015 kan oversettes slik til Naturpanelets kategorier: endring i bruk av land og vann AB, OP, AF, HY (arealbruk), direkte utnyttelse av arter BE (beskatning), klimaendringer KL (klima), forurensing FO, EU, AF (forurensing), og fremmede arter FR (fremmede arter). Naturindeksen s kategorier for ferdsel (FE), annet (NA), ukjent eller naturlig påvirkning (NN) har ikke en naturlig plass i Naturpanelets inndeling, men i våre analyser nedenfor er dette benevnt som 'annet'.

I dette kapitlet, basert på Framstad (2015), har vi oppsummert sammenhengene mellom påvirkningsfaktorer og de ulike indikatorene for naturindeksen i de terrestriske økosystemene, ut fra ekspertenes vurdering av i hvor stor grad indikatorene er følsomme for påvirkninger. For noen få indikatorer der ekspertene hadde unnlatt å angi grad av påvirkning, har vi anslått dette. Det

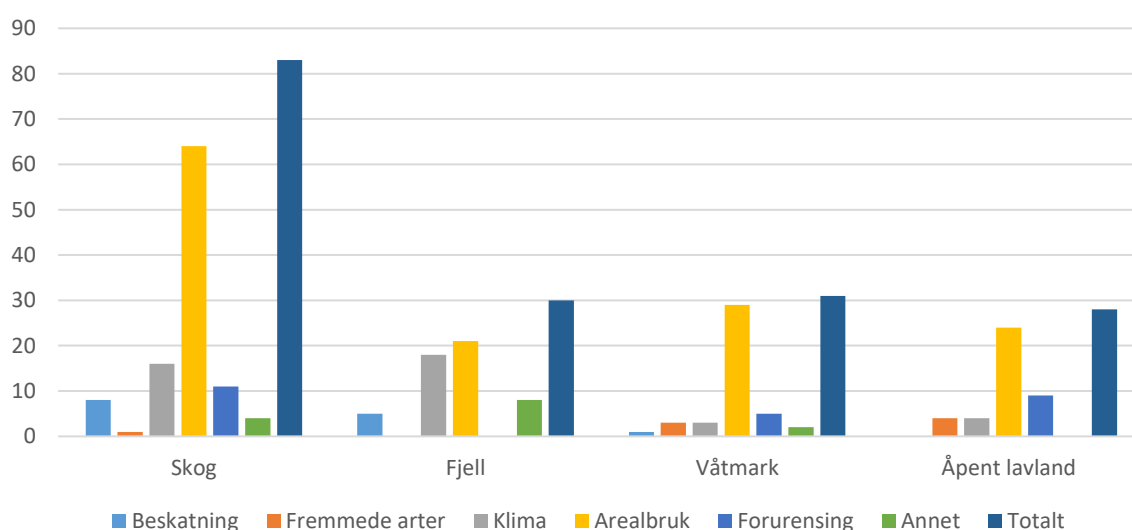
gjelder for store rovdyr (beskatning) og enkelte andre indikatorer (klima, arealbruk). Noen indikatorer har tilhørighet til mer enn ett økosystem. Der dette er angitt som mindre enn 50% tilhørighet til et gitt økosystem, har vi ikke tatt med slike indikatorer for det aktuelle økosystemet i sammenstillingen nedenfor.

Av **tabell 2**, **figur 3** og **4** ser vi at andelen indikatorer som er følsomme for påvirkninger fra ulike typer av arealbruk og inngrep, er minst 70% for alle terrestriske økosystemer. Andelen er minst for fjell (70%) og størst for våtmark (93,6%). For skog er det særlig arealbruk i form av moderne skogbruk som er angitt som en viktig påvirkningsfaktor for mange indikatorer. Andre typer arealbruk er viktig for øvrige økosystemer. Fysiske inngrep er angitt som viktig for mange indikatorer i alle økosystemer. Opphørt tradisjonell drift er spesielt viktig for mange indikatorer i åpent lavland.

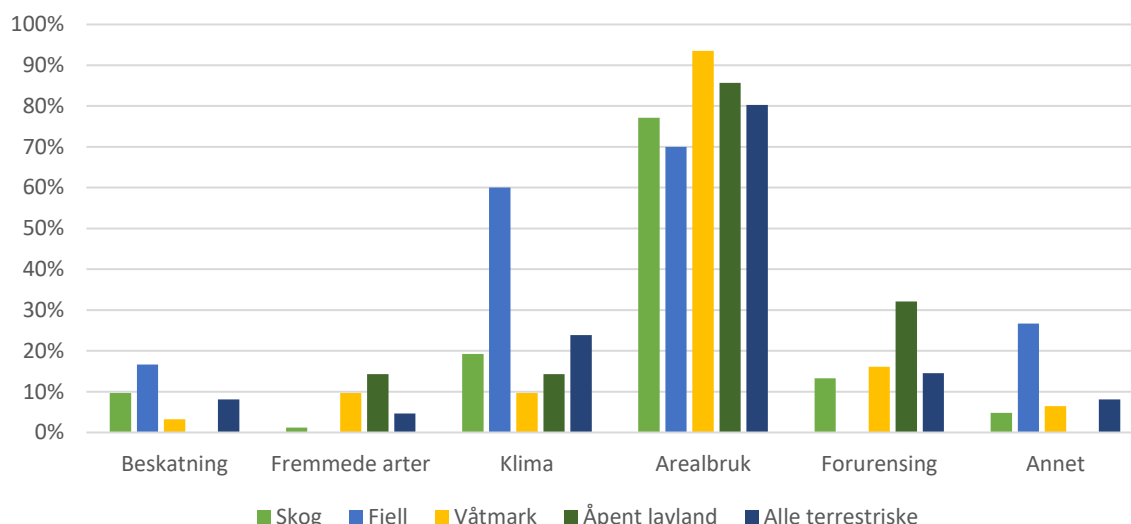
Av øvrige påvirkningsfaktorer er klima angitt som viktig for hele 60% av indikatorene i fjell, men for mindre enn 20% av indikatorene i andre økosystemer. Forurensing er angitt som viktig for 32% av indikatorene i åpent lavland, der eutrofiering er viktigst for seks indikatorer og annen forurensing (miljøgifter) for tre. I fjell er også 27% av indikatorene angitt som følsomme for annen påvirkning, i hovedsak ukjent eller naturlig påvirkning. Beskatning og fremmede arter framstår som mindre viktige påvirkninger, men beskatning er viktig for 13 indikatorer i skog og fjell, og fremmede arter for sju indikatorer i våtmark og åpent lavland.

Tabell 2. Antall indikatorer som er angitt som middels til svært følsomme for ulike påvirkningsfaktorer i ulike økosystemer. Påvirkningsfaktorene omfatter beskatning (inkludert høsting), fremmede arter, klimaeffekter, arealbruk (inkludert opphør av hevd og fysiske inngrep), forurensinger (forsuring, eutrofiering, annen forurensing), og annet (inkludert ukjente eller naturgitte faktorer). Totalt angir alle indikatorer som er tatt med her for hvert økosystem. (Tabell 3.1 i Framstad 2015)

	Beskatning	Fremmede arter	Klima	Arealbruk	Forurensing	Annet	Totalt
Skog	8	1	16	64	11	4	83
Fjell	5	0	18	21	0	8	30
Våtmark	1	3	3	29	5	2	31
Åpent lavland	0	4	4	24	9	0	28
Sum	14	8	41	138	25	14	172



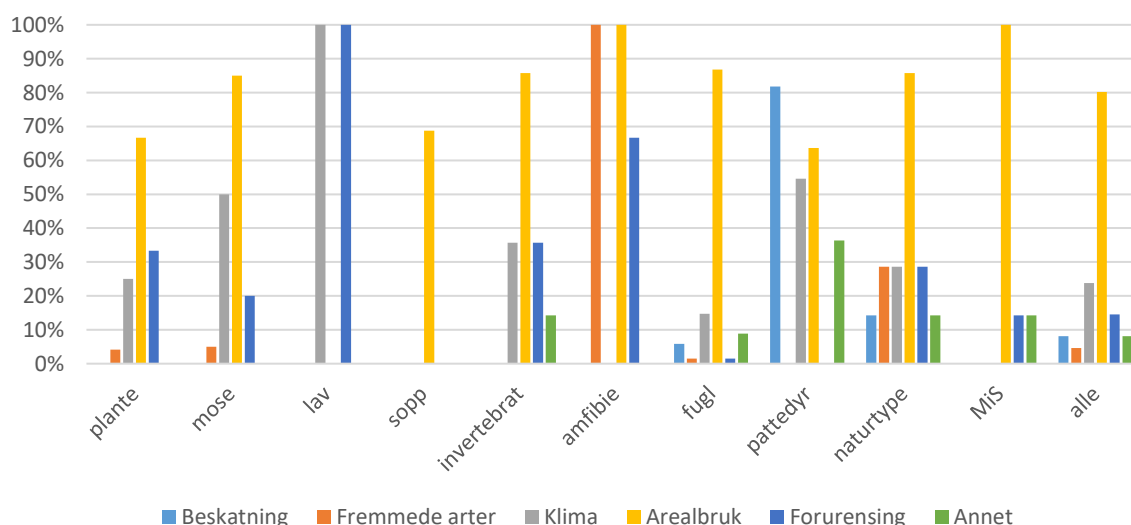
Figur 3. Antall indikatorer angitt som middels til svært følsomme for ulike påvirkningsfaktorer (se nærmere forklaring i tabell 2). Samme innhold som i tabell 3.1 i Framstad (2015).



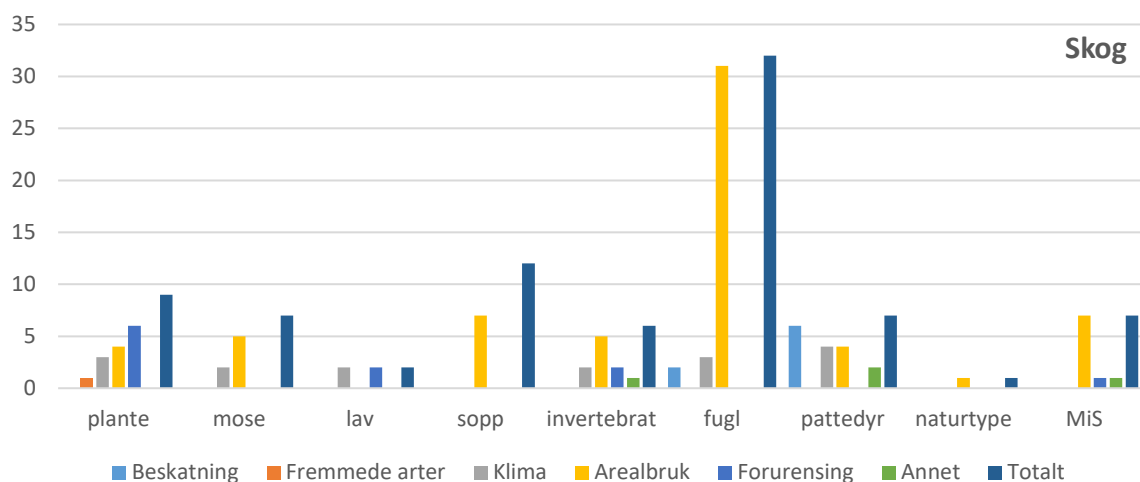
Figur 4. Andel av antall indikatorer som er angitt som middels til svært følsomme for ulike påvirkningsfaktorer.

Hvis vi ser på indikatorenes fordeling på artsgrupper og andre kategorier (indirekte indikatorer, MiS), får vi et mer detaljert bilde av hvilke påvirkninger som er viktige for hvilke typer indikatorer (se **figur 5** for indikatorene i alle terrestriske økosystemer og **figurene 6-9** for indikatorene i de enkelte økosystemene). Merk at en del grupper har ganske få indikatorer, spesielt fordelt på ulike økosystemer, slik at f.eks. **figur 5** kan gi et litt skjevt inntrykk.

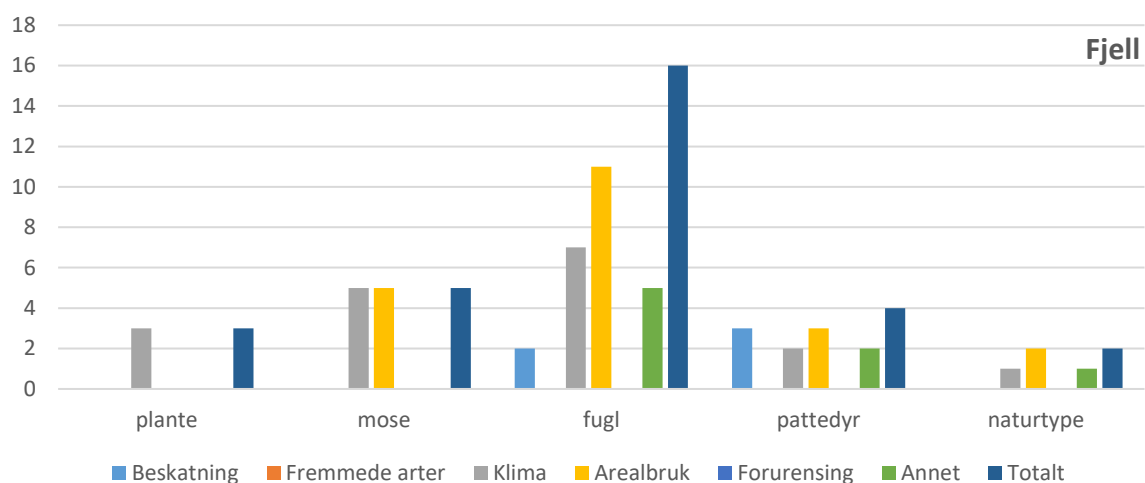
Her ser vi at arealbruk er viktigste faktor for alle grupper av indikatorer med unntak av lav, der klima og forurensing framstår som viktigst, mens beskatning er viktigst for pattedyr. Klima er forholdsvis viktig (>20% av indikatorene) også for planter, moser, invertebrater, pattedyr og noen indirekte indikatorer. Forurensing er forholdsvis viktig for planter, invertebrater, amfibier og noen indirekte indikatorer. Fremmede arter framstår bare som viktig for amfibier og noen indirekte indikatorer. Beskatning og høsting er særlig viktig for pattedyr (>80% av indikatorene), i noen grad for indirekte indikatorer og fugl. Annen påvirkning er viktigst for pattedyr, i stor grad knyttet til naturlige variasjoner hos enkelte arter.



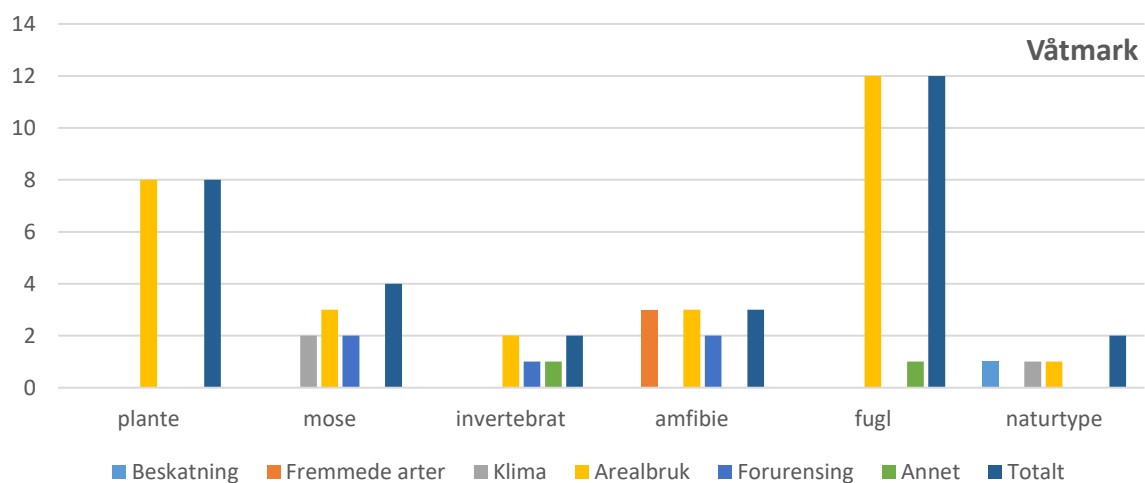
Figur 5. Andel av antall indikatorer i alle terrestriske økosystemer, men i ulike artsgrupper og andre kategorier, som er angitt som følsomme for ulike påvirkninger.



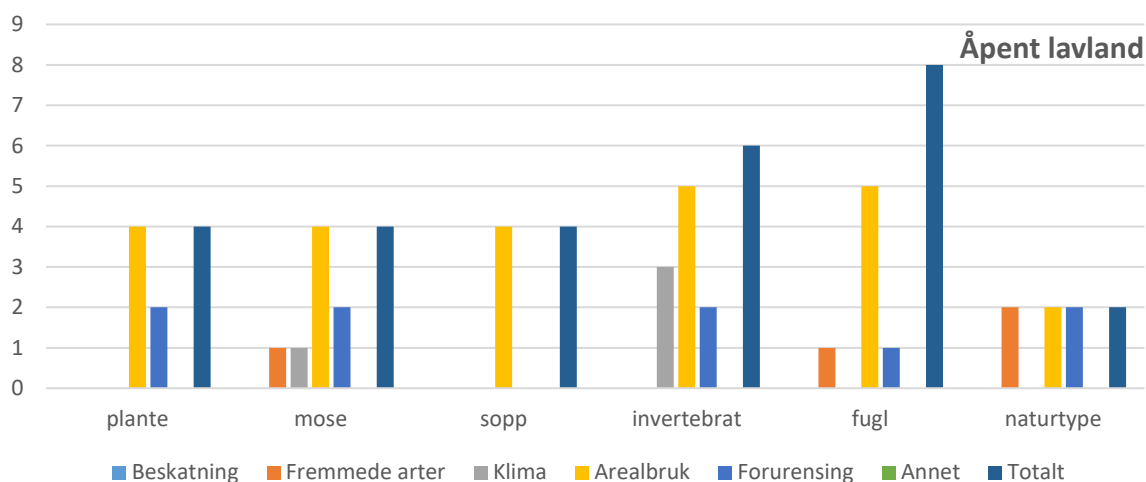
Figur 6. Antall indikatorer i ulike grupper (arter, indirekte indikatorer) som er middels til svært følsomme for ulike påvirkninger i skog. 'Totalt' viser totalt antall indikatorer i de enkelte gruppene.



Figur 7. Antall indikatorer i ulike grupper (arter, indirekte indikatorer) som er middels til svært følsomme for ulike påvirkninger i fjell. 'Totalt' viser totalt antall indikatorer i de enkelte gruppene.

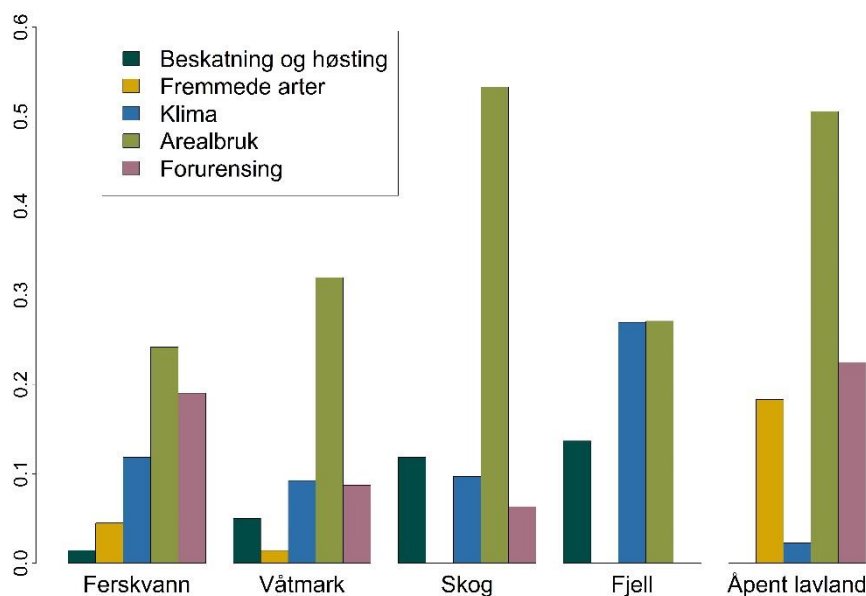


Figur 8. Antall indikatorer i ulike grupper (arter, indirekte indikatorer) som er middels til svært følsomme for ulike påvirkninger i våtmark. 'Totalt' viser totalt antall indikatorer i de enkelte gruppene.



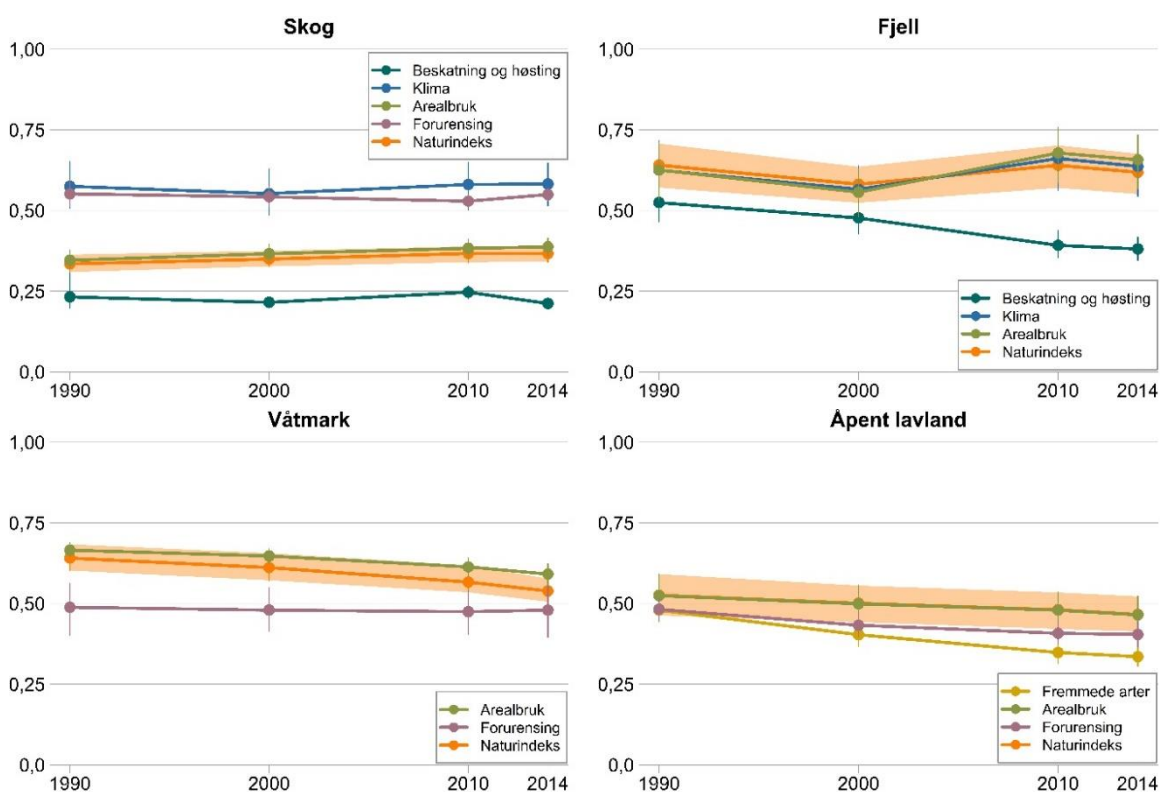
Figur 9. Antall indikatorer i ulike grupper (arter, indirekte indikatorer) som er middels til svært følsomme for ulike påvirkninger i åpent lavland. 'Totalt' viser totalt antall indikatorer i de enkelte gruppene.

I statusrapporten for naturindeksen i 2015 ble det gjort et forsøk på å vurdere effekten av ulike påvirkningsfaktorer på verdien av naturindeksen i ulike økosystemer (Framstad 2015, kap. 3). Her er det både tatt hensyn til antall indikatorer som i middels, stor eller svært stor grad er påvirket av ulike faktorer, og den vekten de ulike indikatorene har i beregningen av naturindeksverdien. I **figur 10** ser vi at det er arealbruk som fører til størst reduksjon i verdien av naturindeksen for alle økosystemer, mest for skog og åpent lavland, og minst for fjell. For fjell har også klima stor effekt, mens både fremmede arter og forurensing trekker ned naturindeksverdien for åpent lavland. Beskatning har også en viss betydning for naturindeksverdien for skog og fjell.



Figur 10. Indikatorer som er følsomme for ulike påvirkningsfaktorer, og deres effekt på reduksjon i verdien av naturindeksen sammenliknet med referansetilstanden. Verdien er beregnet som gjennomsnitt for årene 1990, 2000, 2010 og 2014. Jo høyere verdi for de følsomme indikatorene for en gitt påvirkningsfaktor, jo større er deres negative effekt på naturindeksverdien. Figuren er gjengitt som høyre del av figur 3.7 i Framstad (2015).

Som vi har sett over, er mange av indikatorene for de ulike terrestriske økosystemene angitt som følsomme for ulike påvirkningsfaktorer i middels til svært stor grad. Det er særlig ulike typer arealbruk som påvirker mange indikatorer. Effekten på naturindeksverdien av disse påvirkningsfaktorene er også betydelig (jf. **figur 10**). I Framstad (2015) ble det også beregnet hvordan indikatorer som er følsomme for ulike påvirkninger, har utviklet seg over tid (**figur 11**). Her ser vi at selv om flere påvirkningsfaktorer kan ha en betydelig negativ effekt på naturindeksverdien sammenlignet med referanseverdien, er det ikke gitt at denne effekten har medført endringer i naturindeksverdien over de siste 25 årene. For skog er det bare marginale endringer og samlet sett en svak økning i naturindeksverdien, noe som også er reflektert i utviklingen for indikatorer følsomme for arealbruk. For fjell viser indikatorer følsomme for beskatning og høsting en negativ utvikling, uten at det synes å ha noen effekt på utviklingen av naturindeksverdien. For våtmark er det en svak nedgang for indikatorer følsomme for arealbruk, i samsvar med nedgangen i naturindeksverdien. Det er også tilfellet for åpent lavland, der også indikatorer følsomme for fremmede arter og forurensing viser en negativ utvikling.



Figur 11. Samlet utvikling for indikatorer som er følsomme for gitte påvirkningsfaktorer i terrestriske økosystemer og ferskvann. Indikatorene for en gitt påvirkningsfaktor er skalert slik at de enkelte indeksene er sammenliknbare uavhengig av antall indikatorer som inngår i hver indeks. Kun indekser som omfatter minst 4 indikatorer, med en samlet vekt på minst 10% i naturindeksen i det enkelte økosystemet, er tatt med i figuren. Det lysebrune feltet representerer 95% konfidensintervallet for den samlede naturindeksverdien i de enkelte økosystemene. Figuren er en modifisert versjon av figur 3.9 i Framstad (2015).

Vurderingen av effektene av påvirkningsfaktorer på indikatorene og dermed på naturindeksverdien i ulike økosystemer er basert på en nokså summarisk og kanskje variabel vurdering av ekspertene som hadde ansvar for indikatorverdiene i 2010. Siden den gang har det vært ulike utviklingsprosjekter og diskusjoner om naturindeksen og indikatorene som inngår i den. Dette kan bl.a. ha ført til større bevissthet om hvilke sammenhenger det er mellom indikatorene og menneskeskapte og naturgitte påvirkninger. Samtidig er det i større grad belyst hvordan en del av de menneskeskapte påvirkningsfaktorene har utviklet seg, ikke minst klimaendringene. Ut fra

dette kan man anta at en ny runde med spørsmål om sammenhengen mellom indikatorene og påvirkningsfaktorer kan gi noe mer robuste og konsistente vurderinger, ikke minst dersom disse vurderingene tilrettelegges bedre ved klarlegging av forutsetninger og noe bedre tid til gjennomføringen.

Siden ekspertene trolig har best innsikt om sine indikatorer og deres rolle i økosystemet, vil de trolig også være de beste til å anslå hvilke påvirkningsfaktorer som har størst betydning. Mer robust innsikt om påvirkningsfaktorene vil gjøre det lettere å forstå hvorfor naturindeksen, og ev. temaindekser, utvikler seg som de gjør. Det vil gi forvaltningen et tydeligere signal om årsaker til endringer i naturindeksen og hva slags tiltak som ev. bør vurderes for å rette opp en utvikling som ikke vurderes som gunstig.

4 Datagrunnlag, analysemetoder og beregninger

4.1 Forsøk på å utvikle en aggregert modell

Hovedidéen i prosjektet var å utføre analyser av hvordan ulike påvirkningsfaktorer kunne forklare variasjoner i naturindeksen. Ettersom det er store romlige variasjoner i naturindeksen, var det en rimelig hypotese at romlige variasjoner kunne forklares av variasjon i miljøforhold, i tillegg til ulik grad av påvirkninger. I utgangspunktet ville vi anvende enkle regresjonsmodeller som ga mulighet for å teste interaksjonen mellom ulike påvirkningsfaktorer samtidig som man må håndtere ulik geografisk oppløsning.

I den første fasen av prosjektet tok vi sikte på å utnytte det rike datamaterialet til SSB om utbygging av infrastruktur. Prosjektgruppen hadde omfattende diskusjoner om hvordan datamaterialet kunne utnyttes best mulig. Vi arbeidet med å systematisere data på et 100x100 meters nett for hele Norge. Dette er ambisiøst, men i et tidligere prosjekt der en sammenlignet naturindeksverdier med MSA (Mean Species Abundance) fra GLOBIO-modellen, ble det utført beregninger på dette nivået for hele landet.

Naturindeksen har i utgangspunktet en inndeling basert på geografi der kommune og hovedøkosystem er den minste romlige oppløsningen. Det var en slik datafil for kommune og hovedøkosystem vi så fordelte på et rutenett på 100x100 meter for å oppnå en overensstemmelse med data for påvirkningsfaktorer.

Det ble gjort flere forsøk på å regne på dette materialet, men å håndtere ca. 3 milliarder gridceller i en simultan beregning av påvirkningsfaktorer lå utenfor det vi klarte med tilgjengelig datakraft. De tidligere GLOBIO-beregningene var enklere fordi hver enhet i rutenettet kunne beregnes for seg og så aggregeres.

Vi måtte forenkle, både når det gjaldt påvirkningsfaktorer og når det gjaldt hvilken del av naturindeksen vi skulle analysere. Ut fra vurderingen av påvirkningsfaktorer som var blitt gjort i 2010, som omtalt i forrige kapittel, syntes endringer i arealbruk og klima å være de viktigste påvirkningsfaktorene. Det ble også konkludert med at vi skulle se på de terrestriske hovedøkosystemene som hadde best tilgjengelighet og kvalitet på data, dvs. vi undersøke fjell, skog og åpent lavland. For åpent lavland har en del av de viktige indikatorene en nasjonal oppløsning på kommune-nivå. For semi-naturlig mark i åpent lavland er økosystemets tilstand avhengig av hevd, og tilstanden er negativt påvirket av endring i arealbruk som opphør av beite og annen tradisjonell bruk (Norderhaug et al. 2010, Johansen et al. 2015, Norderhaug et al. 2012, Aune et al. 2018, Hovstad et al. 2018). Fjell er påvirket av gjengroing som følge av varmere klima (Rydsaa et al. 2017) og mindre beite (Bryn 2008, Bryn et al. 2012). Skog er særlig påvirket av hogst og annen skogbruksaktivitet (Framstad & Sverdrup-Thygeson 2015) og noe arealbruksendring.

For klima var det naturlig å ta utgangspunkt i de variablene Erikstad hadde inkludert i sitt datagrunnlag, som PCA1 og PCA2, basert på oppdatert versjon av tidligere analyser (Bakkestuen et al. 2008) og som Halvorsen et al. (2017) hadde funnet signifikante i sine analyser av semi-naturlig eng.

PCA1 beskriver den geografiske gradienten fra kyst til innland, mens PCA2 beskriver den tilsvarende fra nord til syd og fra fjell til lavland (høyde over havet). Disse forklarer nesten 80% av vegetasjonsvariasjonen i Norge sammenlignet med vegetasjonskart fra Moen & Lillethun (1999). PCA1 og PCA2 er estimert slik at variablene er uavhengige av hverandre.

For areal var det mest hensiktsmessig å gå tilbake til påvirkningsfaktorer fra GLOBIO, basert på norske data og intensiteter i arealbruk. Vi bare brukte variablene infrastruktur og fragmentering. Data er hentet fra SSB arealstatistikk 2010. Også disse er estimert som uavhengige variabler.

Vi tok utgangspunkt i enkle regresjonsligninger for å beregne naturindeksen per kommune og hovedøkosystem med utgangspunkt i kommunetall. Ligningen nedenfor er for klima:

$$NI = \beta_0 + \beta_1 * PCA1 + \beta_2 * PCA2$$

Hvis de estimerte β_1 og β_2 er signifikante, er det en statistisk signifikant korrelasjon mellom NI og klimagradiene. NI representerer her den aggregerte naturindeksverdien for alle indikatorer i et hovedøkosystem og en kommune. Tilsvarende tok vi utgangspunkt i en enkel regresjonsligning for å undersøke forklaringskraften til arealpåvirkningene Infrastruktur (INF) og fragmentering (FRA) (forklart i neste avsnitt):

$$NI = \beta_0 + \beta_1 * INF + \beta_2 * FRA$$

Det viste seg at forklaringskraften i disse modellene var svært dårlig. Resultatene for analysen av infrastruktur og fragmentering er ikke gjengitt da de ikke er signifikante. **Tabell 3** viser resultatene av beregningene for klimavariablene PCA1 og PCA2. En forklaringsgrad (R^2) på under 0,2 er svært lavt. Dette har sammenheng med at variablene som inngår i regresjonslikningene, er på svært aggregert nivå. Beregningene virket også nokså ustabile, idet bare små endringer i enkelte forutsetninger ga fortegniskifter på forklaringsvariabler.

For å undersøke sammenhengen mellom naturindeksverdien og påvirkningsfaktorene nærmere, valgte vi å plukke ut enkelte indikatorer fra hvert hovedsystem for å se på hvordan den enkelte indikator korrelerte med påvirkningsfaktorene.

Tabell 3. Regresjonsresultater for klimavariablene PCA1 og PCA2, gitt som regresjonskoeffisienter og standard feil (i parentes), samt signifikans $p < 0,05$ (***). Regresjonens dekning av variasjonen i NI-verdien er gitt ved R^2 .

	Fjell			Skog			Åpent lavland		
Konstantledd	0,2713	(0,0018)	***	0,3086	(0,0019)	***	0,3464	(0,0021)	***
PCA1	-0,0055	(0,0010)	***	-0,0062	(0,0010)	***	-0,0068	(0,0011)	***
PCA2	-0,0074	(0,0008)	***	-0,0085	(0,0009)	***	-0,0100	(0,0009)	***
R^2	0,1669			0,1923			0,1923		

4.2 Korrelasjonsanalyser for å vurdere datamaterialet

For å få en håndterlig datamengde og fordi klimavariablene var angitt på 1x1 km²-ruter, forenklet vi analysegrunnlaget. For å korrigere for kanteffekter, dvs. at deler av en rute kan være i andre hovedøkosystemer og andre kommuner enn hoveddelen av ruten, ble det beregnet gjennomsnittsverdi for påvirkningsfaktorer for hver rute basert på andeler i ruten som var i et hovedøkosystem og kommune.

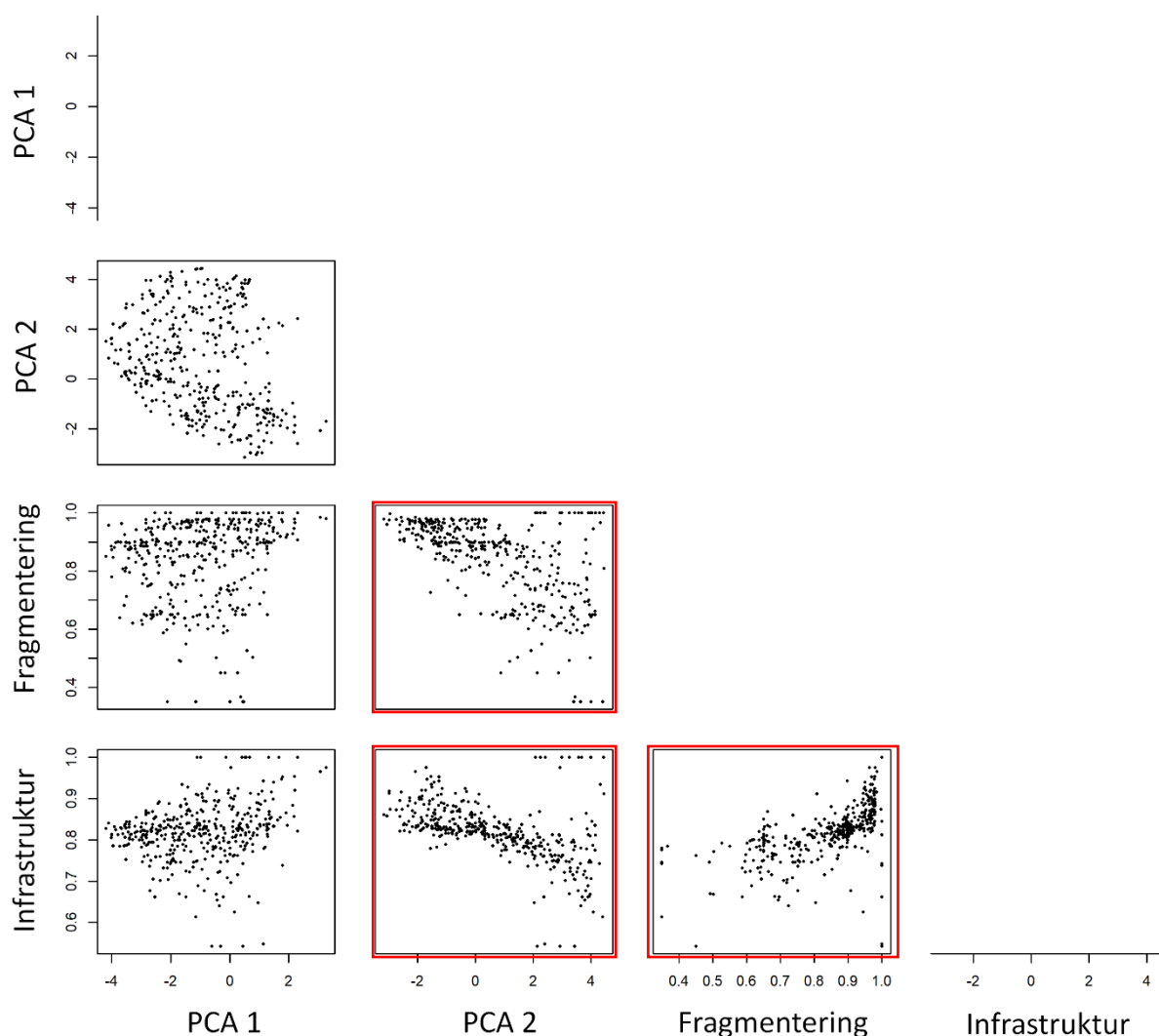
Påvirkningsfaktorene var:

Klima	<ul style="list-style-type: none"> PCA1: Omvendt relatert til fuktighet, dvs. øker fra vest til øst (oseanitet – kontinentalitet)* PCA2: Relatert til varme (varmesum, sommertemperatur), dvs. øker fra nord til sør og fra fjell til lavland*
Arealbruk	<ul style="list-style-type: none"> FRA: Omvendt relatert til fragmentering, dvs. øker med størrelsen på enhetlige områder av naturlig og semi-naturlig mark som ikke er oppdelt av sterkt menneskepåvirket mark og teknisk infrastruktur INF: Omvendt relatert til infrastruktur, dvs. øker med avstand fra teknisk infrastruktur, bebyggd og jordbruksareal til naturlig og semi-naturlig mark

* basert på oppdatert versjon av Bakkestuens tilordning av ca. 54 variabler, med data for klimanormalperioden 1961-1990, med 1 km² oppløsning (jf. Bakkestuen et al. 2008)

Først har vi undersøkt om det var klare sammenhenger mellom påvirkningsfaktorene. I utgangspunktet skulle de to klimafaktorene være estimert slik at de ikke samvarierer, men det kan tenkes at det er større korrelasjon mellom infrastruktur og fragmentering. Vi forsøkte derfor å undersøke om det var slike sammenhenger i de tre hovedøkosystemene fjell, skog og åpent lavland.

Hovedtrekket i sammenhengene mellom påvirkningsfaktorene er en nokså klar negativ sammenheng mellom variabelen for fragmentering og klimavariabelen PCA2 (relatert til temperatursum) for alle hovedøkosystemer, jf. **figurene 12-14**. Det er tilsvarende negativ sammenheng mellom PCA2 og variabelen for infrastruktur i fjell, men ikke like klart for åpent lavland og slett ikke for skog. Siden variablene for fragmentering og infrastruktur er reversert, slik at høyere verdier indikerer mindre fragmentering og infrastruktur, er det ikke overraskende at de har en negativ sammenheng med PCA2, dvs. mot sørover og lavlandet. Det er en positiv sammenheng mellom fragmentering og infrastruktur for fjell og åpent lavland, men ikke så klart for skog. Endelig er det en negativ sammenheng mellom de to klimavariablene for skog og åpent lavland, men ikke for fjell.



Figur 12. Sammenheng mellom påvirkningsfaktorer for fjell.

Sammenhengene mellom påvirkningsfaktorene for hver av hovedøkosystemene kan oppsummeres slik:

Fjell

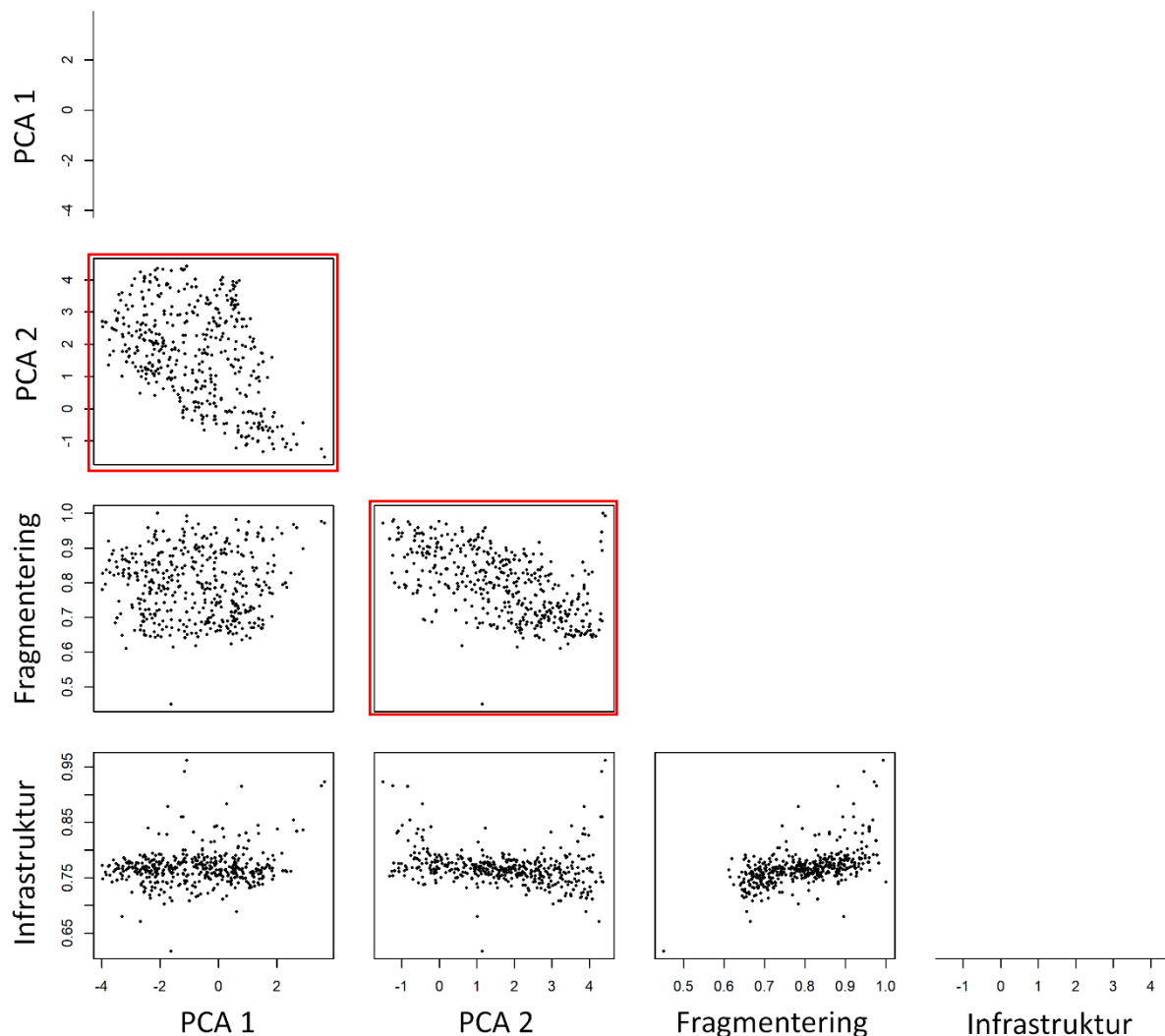
- Positiv sammenheng mellom fragmentering og infrastruktur.
- Negativ sammenheng mellom begge arealbruksvariabler og varmesum (PCA2). Siden høyere verdier for arealbruksvariablene betyr mindre fragmentering og infrastruktur, er dette som forventet, fordi PCA2 har høyere verdier i lavlandet.

Skog

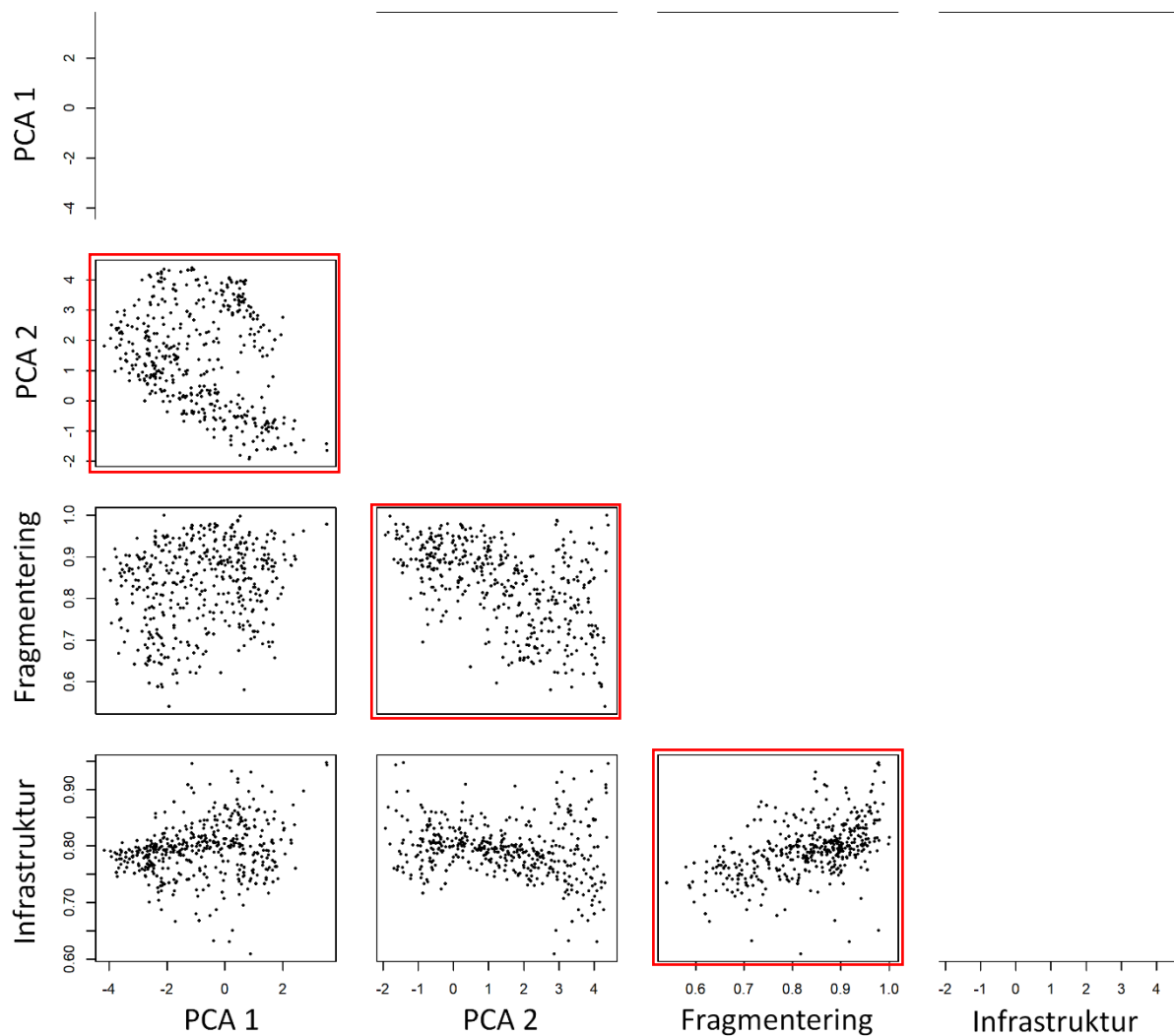
- Negativ sammenheng mellom de to klimavariablene, dvs. varmesum (PCA2) synker med økende oseanitet (PCA1).
- Negativ sammenheng mellom fragmenteringsvariabelen og varmesum, dvs. at fragmentering øker med varmesum (siden fragmenteringsvariabelen er reversert).

Åpent lavland

- Negativ sammenheng mellom de to klimavariablene, dvs. varmesum (PCA2) synker med økende oseanitet (PCA1).
- Negativ sammenheng mellom fragmenteringsvariabelen og varmesum, dvs. at fragmentering øker med varmesum (siden fragmenteringsvariabelen er reversert).
- Positiv sammenheng mellom infrastruktur og fragmentering.



Figur 13. Sammenheng mellom påvirkningsfaktorer for skog.



Figur 14. Sammenheng mellom påvirkningsfaktorer for åpent lavland.

For å se på indikatorer med angitt sammenheng med påvirkningsfaktorer, forsøkte vi å velge ut indikatorer med en stor geografisk spredning og som ifølge ekspertene var følsomme eller svært følsomme for endringer i klima og/eller arealbruk:

Fjell

- Fjellfiltmose – klima, arealbruk
- Greplyng – klima
- Issoleie – klima
- Fjellrev – klima, arealbruk

Skog

- Alge på bjørk – klima, eutrofiering
- Rådyr – klima, arealbruk, beskatning

Åpent lavland

- Prestekrage – arealbruk
- Solblom – arealbruk, eutrofiering
- Tilstand gras/urterik mark – arealbruk, eutrofiering

I tolkningen av resultatene er det viktig å være oppmerksom på at indikatorverdiene ikke er direkte mål på mengde av artene, men skalerte verdier. De representerer tilstand i forhold til

referanseverdien. **Figurene 15-23** illustrerer ev. sammenhenger mellom indikatorene og de ulike påvirkningsfaktorene. Resultatene kan oppsummeres som følger:

Fjell

- Indikatorene for issoleie og greplyng har en negativ sammenheng med varmesum (PCA2), dvs. indikatorverdiene går ned ved økende temperatur. Artene har dårligere tilstand i sørlige og lavereliggende deler av fjellet. Det er viktig å være oppmerksom på at PCA1 og PCA2 er klimavariabeler, ikke variable for klimaendring.
- Indikatoren for greplyng har positiv sammenheng med kontinentalitet (PCA1), dvs. tilstanden er bedre i innlandet.
- Fjellrev-indikatoren viser tydelig sammenheng med grad av fragmentering i fjellet. Alle punktene (forekomst av fjellrev i ulike kommuner) ligger langt til høyre i **figur 18**. Dette betyr at vi i all hovedsak finner fjellreven i større sammenhengende landskap med liten grad av fragmentering. Den klare negative korrelasjonen er ikke lett å forklare, men kan være noe tilfeldig og skyldes andre forhold enn fragmentering, f.eks. hvor bestanden er styrket ved bevaringstiltak.

Skog

- Alger på bjørk har en klar sammenheng med klimavariablene, positiv for økende PCA1 (kontinentalitet) og negativ for PCA2 (varmesum). Det vil si at tilstanden forbedres mot mer kontinentale og høyereliggende områder med mindre tilførsler av nitrogen.
- Rådyr har også en klar sammenheng med klimavariablene, positiv for økende kontinentalitet og negativ for varmesum. Dette er vanskeligere å forklare, men se kapittel 5.6 for ekspertens vurdering av hva som betyr mest for tilstanden for rådyr.

Åpent lavland

- Prestekrage viser negativ sammenheng med begge klimavariablene, dvs. at tilstanden er best i mer oseaniske og høyereliggende/nordlige strøk. Det kan ha sammenheng med at gjenværende grasmarker med arten særlig finnes i slike områder. Men se også vurderingene i kapittel 5.4.
- Solblom viser positiv sammenheng med varmesummen, noe som sammenfaller med hovedforekomst i lavereliggende eller forholdsvis varme områder.
- Tilstanden for gras- og urterik mark viser positiv sammenheng med kontinentalitet og negativ med varmesummen, hvilket kan tyde på slik mark i god tilstand særlig finnes i østlige og/eller høyereliggende/nordlige strøk.

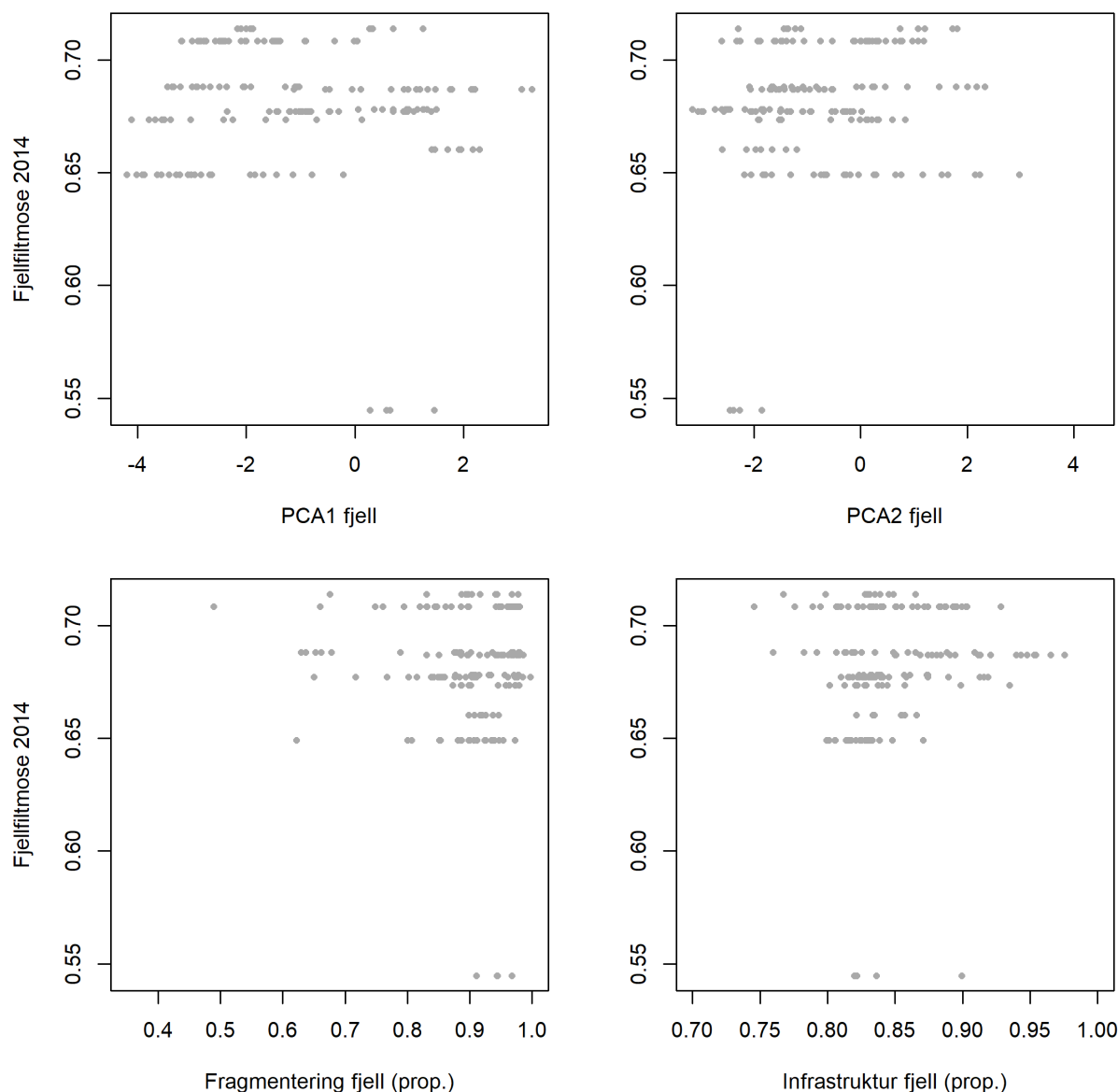
4.3 Vurdering av de statistiske resultatene

Gjennomgangen over viser at forklaringsgraden til påvirkningsfaktorene er lav. Klimavariablene viser signifikante korrelasjoner for noen av indikatorene, men ofte er disse korrelasjonene lave. Infrastruktur viser ikke signifikant korrelasjon for en eneste av indikatorene. Fragmentering er bare høy og signifikant for fjellrev (men gjelder bare for et snevert intervall for fragmenteringsvariabelen).

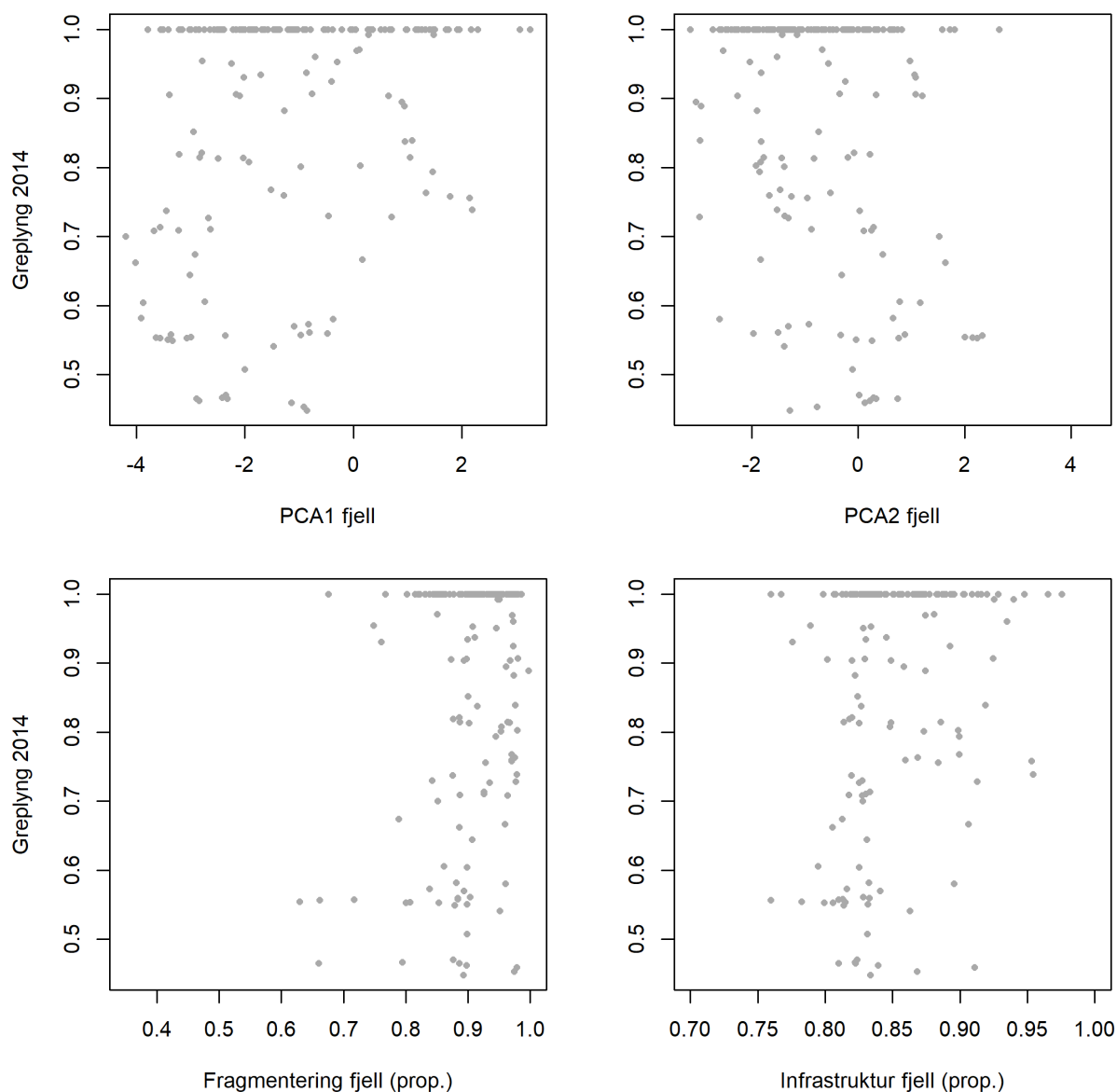
Et annet forhold er at selve mønstrene i diagrammene i forrige avsnitt viser få tegn til samvariasjon. Det er ingen klare punktsvermer som ville kunne indikere en lineær sammenheng, bortsett fra alge på bjørk og PCA1 til venstre i **figur 19**.

En viktig begrensning for vurdering av påvirkning er at naturindeksindikatorene i hovedsak er anslått på fylkesnivå. Deretter blir alle kommuner innenfor fylke gitt samme verdi for indikatoren. Når man analyserer variasjonen i indikatorverdi mot ulike miljøkvaliteter på kommunenivå, kan resultatet bli misvisende. Kommuner innen et fylke kan variere svært mye mht. klima, arealbruk og andre påvirkningsfaktorer. Samlet sett tyder resultatene på at naturindeksen ikke gir god nok geografisk oppløsning til å gjøre slike analyser.

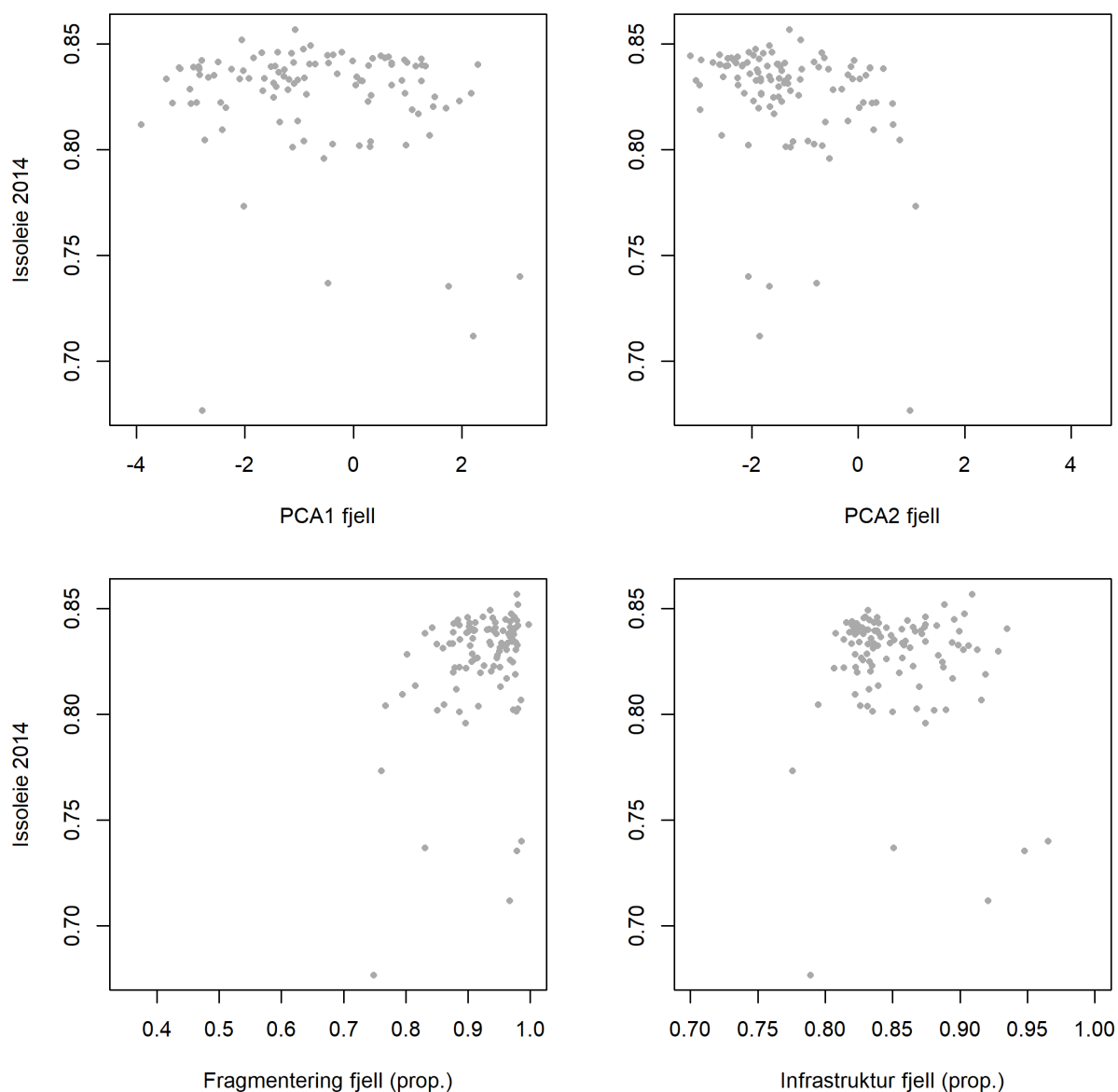
En hypotese som kan prøves ut i videre utviklingsarbeid, er å undersøke om det er noen sammenheng mellom naturindeksens indikatorverdier eller aggregerte indeksverdier og landskapstyper, ev. landskapsregioner, som har en viss grad av homogenitet. En utfordring er imidlertid at dataene for naturindeksindikatorene er aggregert på tvers av geografi og for så vidt også aggregert på tvers av økosystemer, dvs. indikatorene er konseptuelt knyttet til spesifikke hovedøkosystem, men dataene omfatter observasjoner uavhengig av økosystem og geografisk område. Med bedre overvåkingsdata vil andre geografiske rapporteringsenheter, som landskapstyper, uansett kunne være mer relevant.



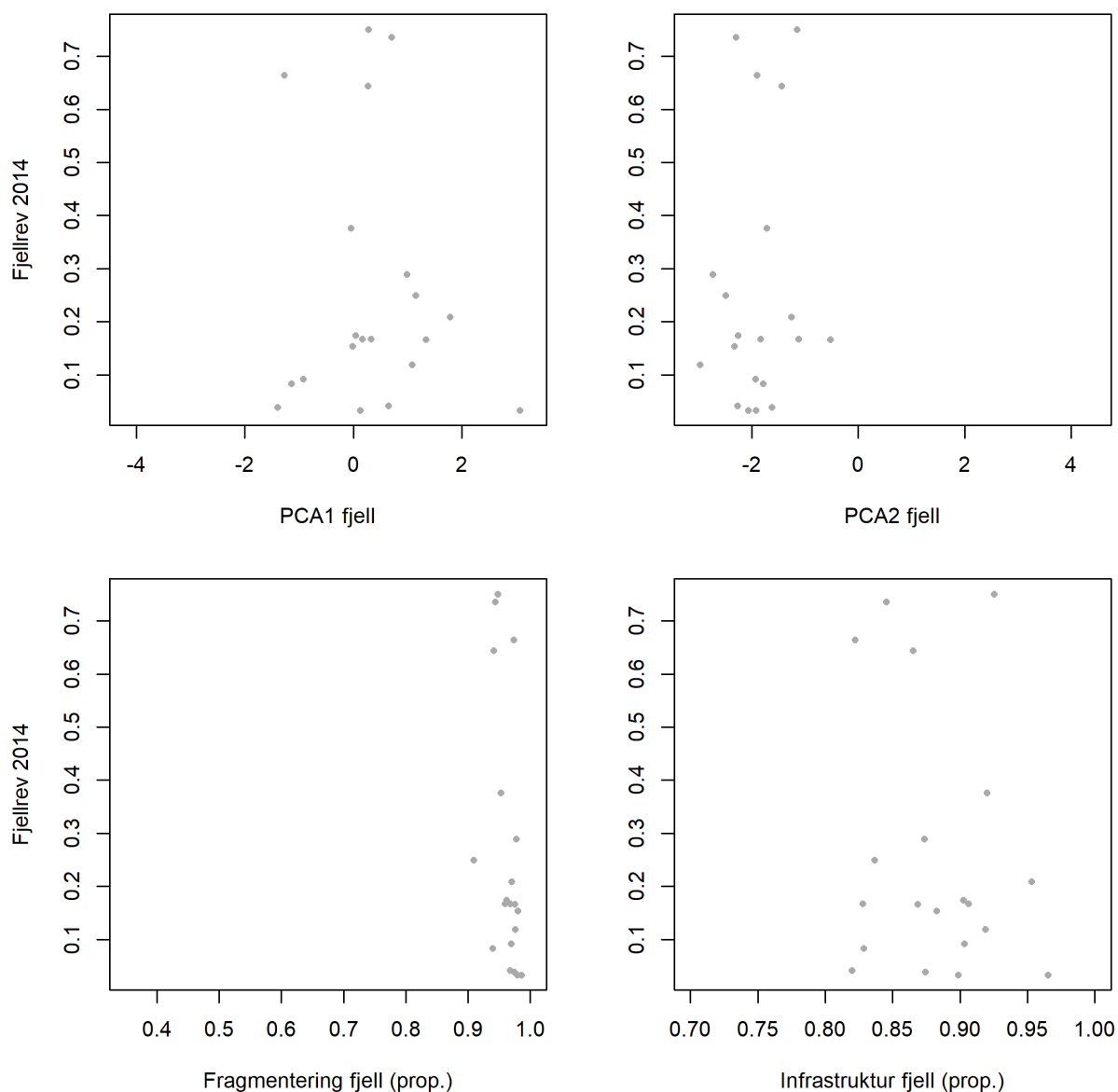
Figur 15. Sammenhengene mellom fjell-indikatoren fjellfiltmose og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,01; PCA2 0,15; Fragmentering 0,01; Infrastruktur 0,14 (ingen signifikante).



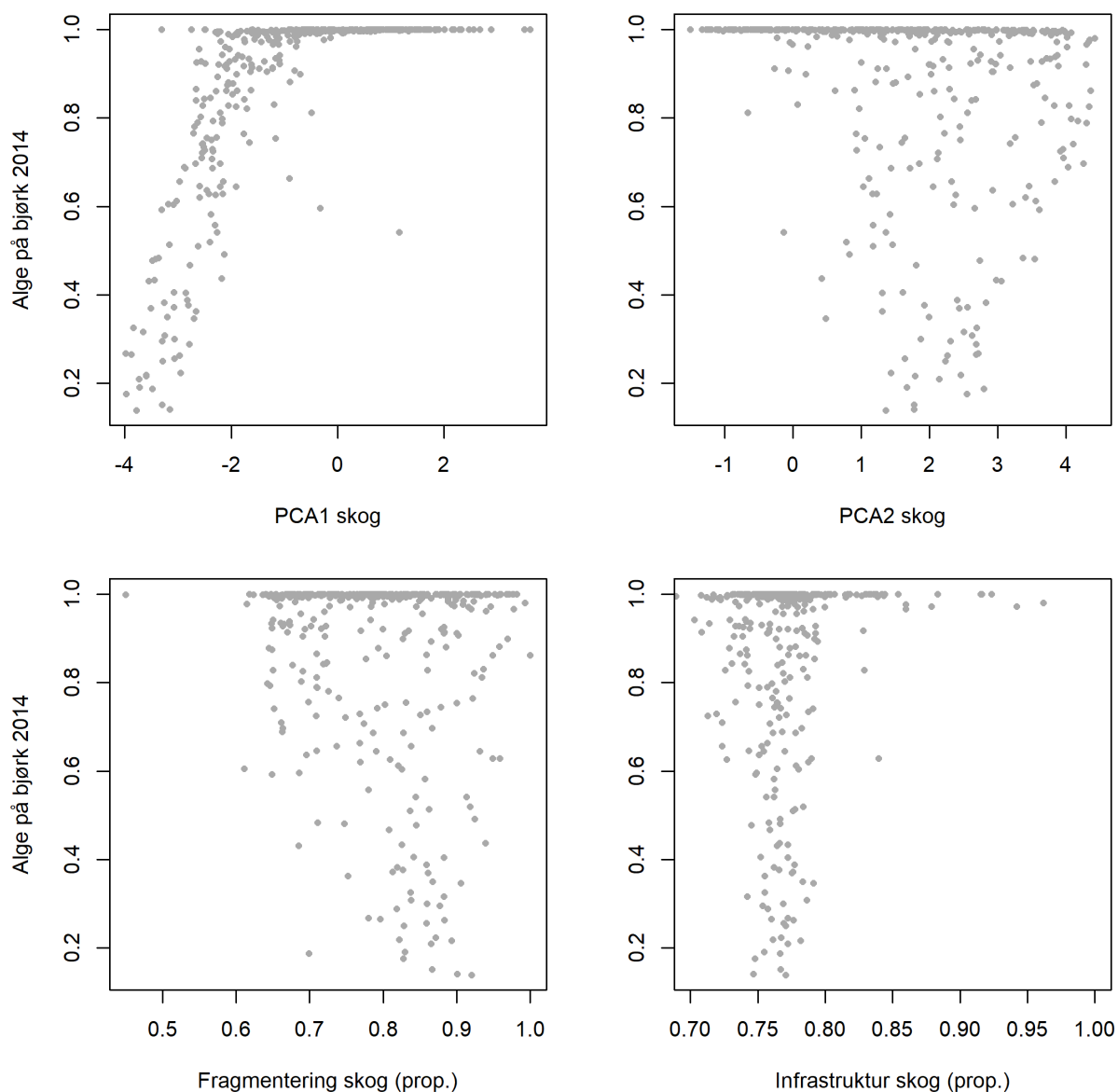
Figur 16. Sammenhengene mellom fjell-indikatoren greplyng og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,24*; PCA2 -0,18*; Fragmentering 0,02; Infrastruktur 0,10 (* signifikante).



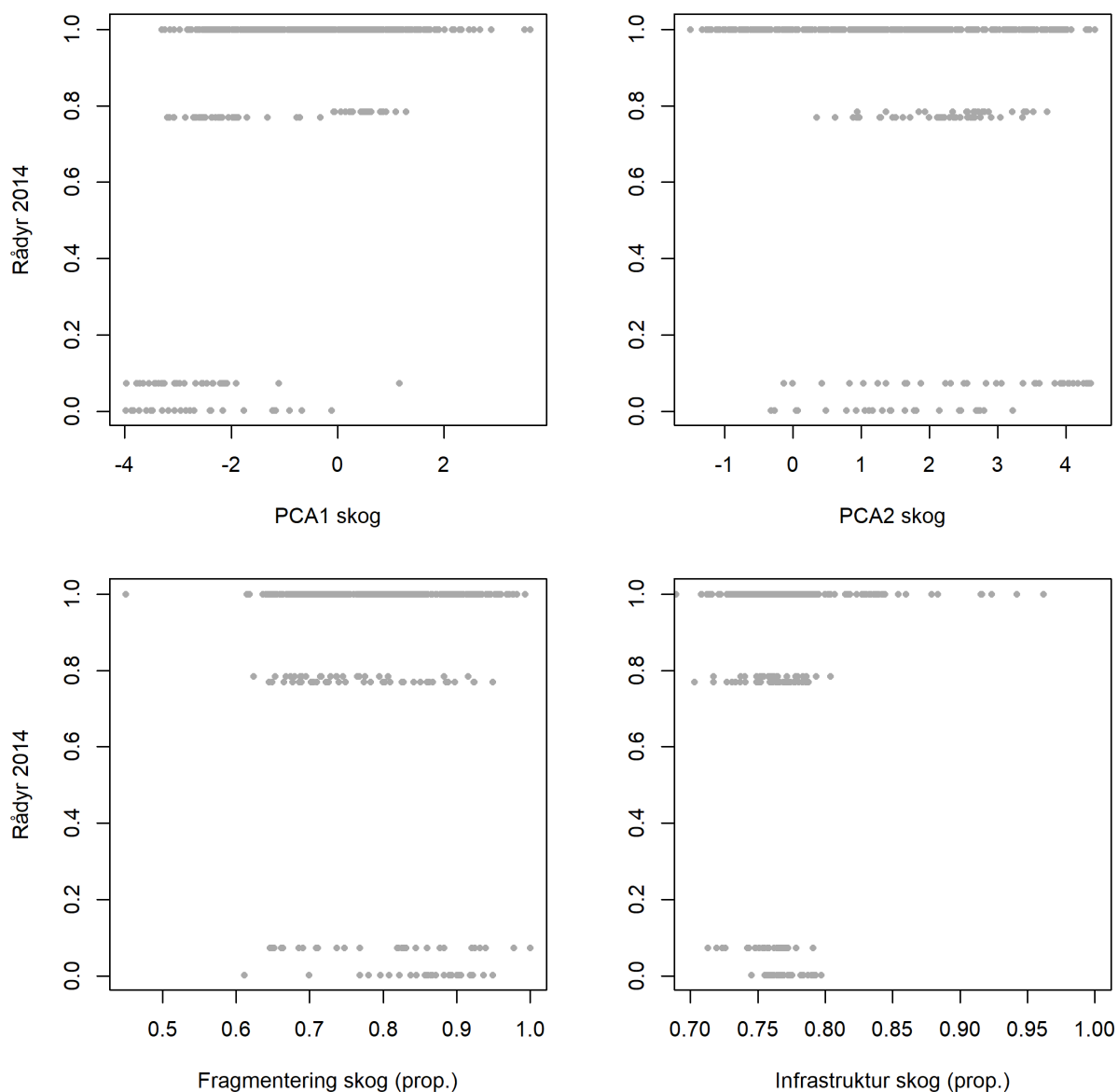
Figur 17. Sammenhengene mellom fjell-indikatoren isssoleie og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 -0,06; PCA2 -0,34*; Fragmentering 0,18; Infrastruktur -0,06 (* signifikante).



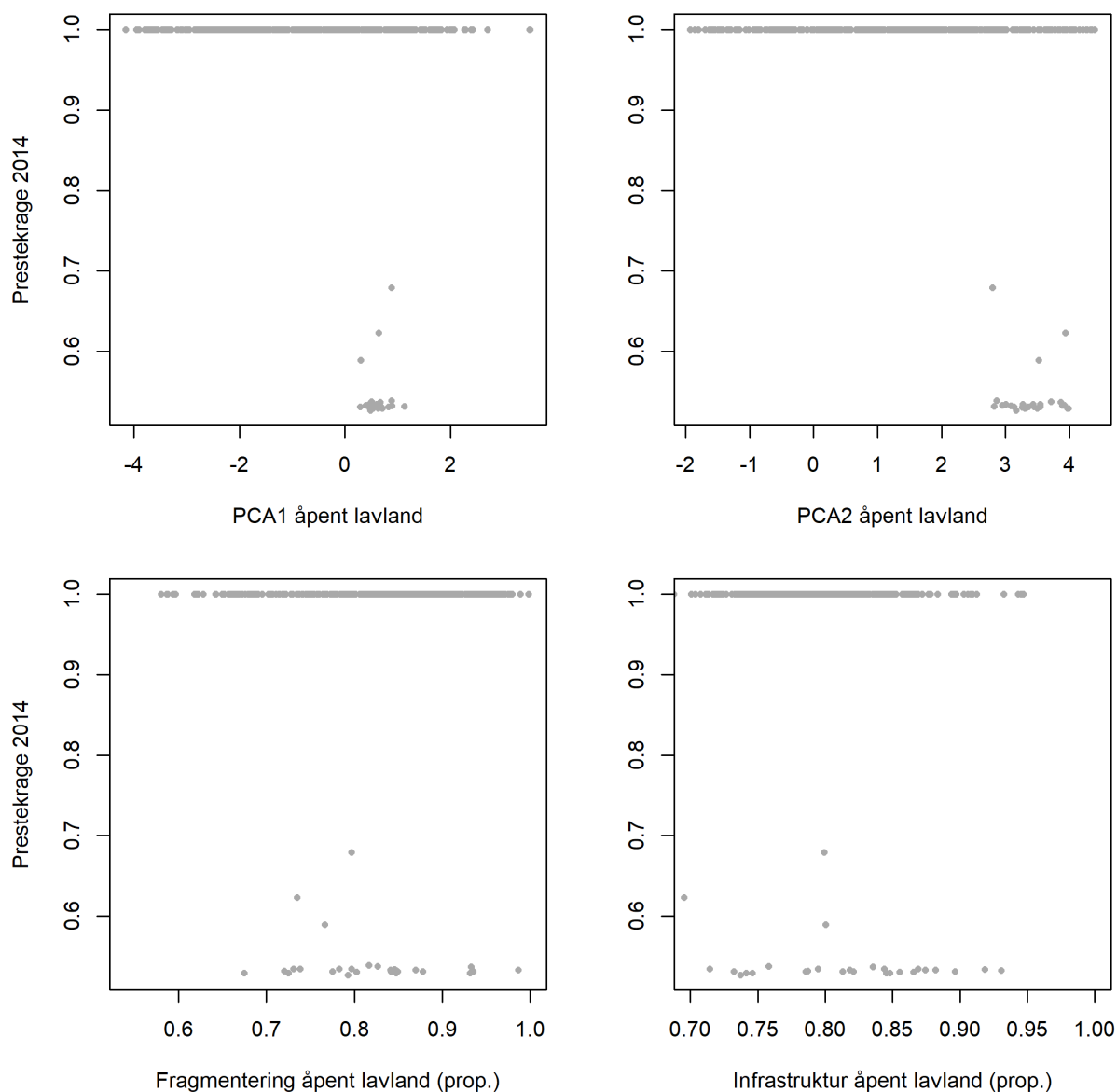
Figur 18. Sammenhengene mellom fjell-indikatoren fjellrev og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,07; PCA2 0,11; Fragmentering -0,52*; Infrastruktur -0,06 (* signifikante).



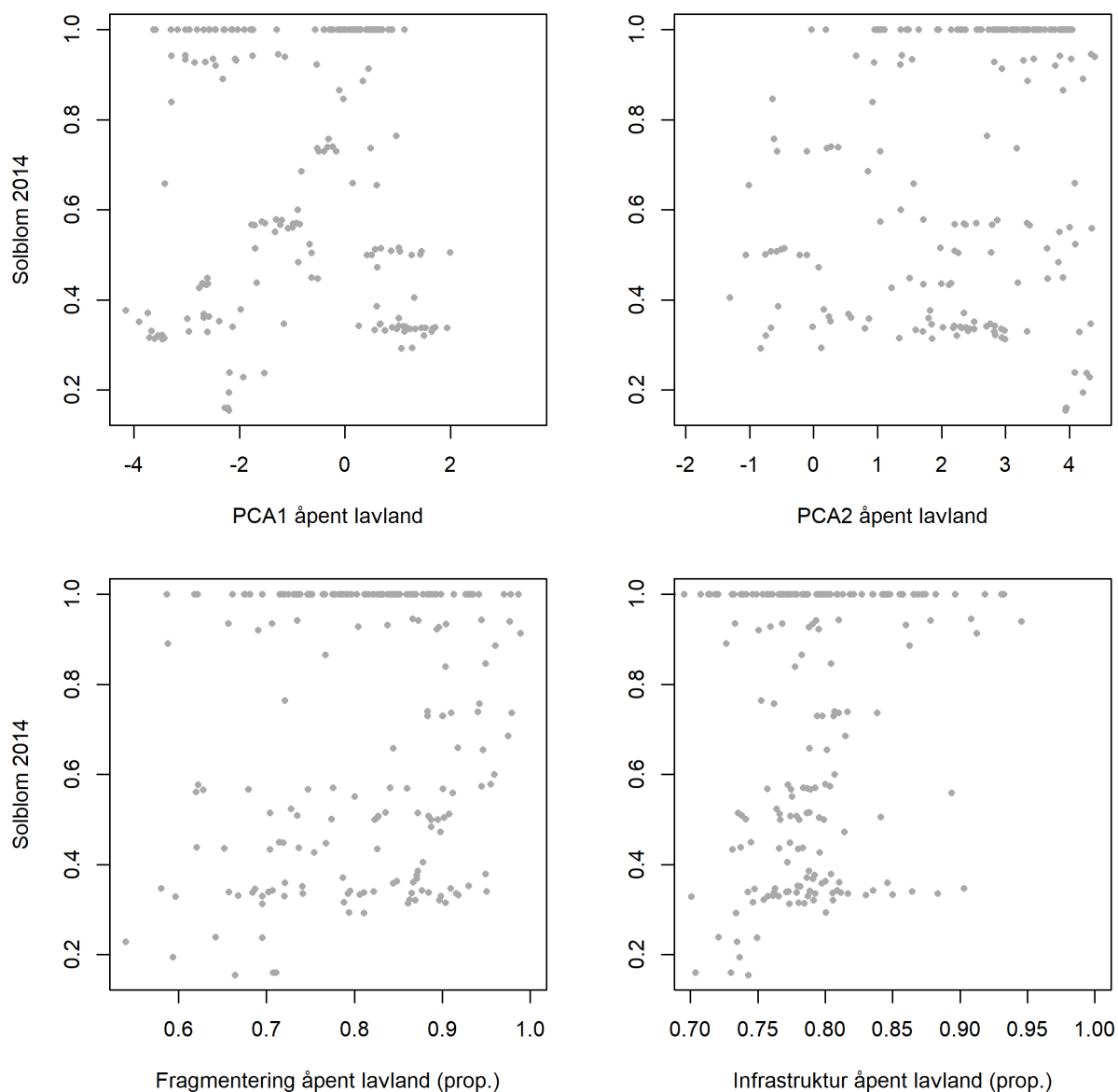
Figur 19. Sammenhengene mellom skog-indikatoren alge på bjørk (der lavere algedekning gir høyere indikatorverdi) og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,85*; PCA2 -0,50*; Fragmentering 0,01; Infrastruktur 0,08 (* signifikante).



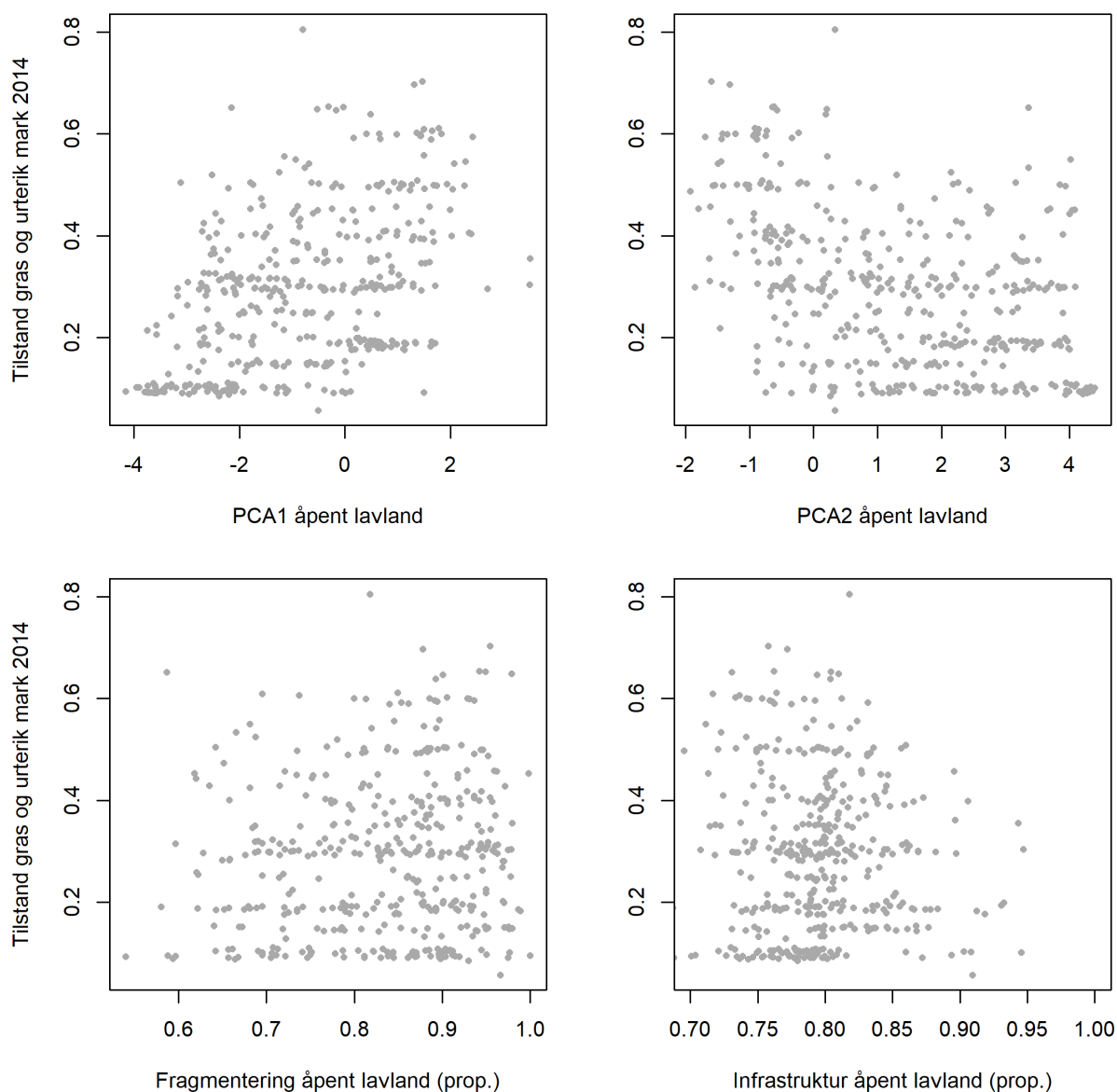
Figur 20. Sammenhengene mellom skog-indikatoren rådyr og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,49*; PCA2 -0,23*; Fragmentering -0,02; Infrastruktur 0,06 (* signifikante).



Figur 21. Sammenhengene mellom åpent lavland-indikatoren prestekrage og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 -0,25*; PCA2 -0,35*; Fragmentering -0,08; Infrastruktur -0,09 (* signifikante).



Figur 22. Sammenhengene mellom åpent lavland-indikatoren solblom og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,03; PCA2 0,23*; Fragmentering 0,11; Infrastruktur 0,13 (* signifikante).



Figur 23. Sammenhengene mellom åpent lavland-indikatoren tilstand gras- og urterik mark og påvirkningsfaktorene. Korrelasjonene med påvirkningsfaktorene er: PCA1 0,46*; PCA2 -0,44*; Fragmentering 0,08; Infrastruktur 0,01 (* signifikante).

5 Intervjuer med eksperter om påvirkningsfaktorer

Det ble gjennomført møter, samtaler og kommunikasjon på e-post, 16. oktober 2019 og i etterfølgende tidsrom, med følgende eksperter som har ansvar for data for de respektive indikatorene i naturindeksen:

- Nina E. Eide, NINA, om fjellrev som indikator i hovedøkosystemet fjell
- Olav Skarpaas, Anders Often og Odd Stabbetorp, NINA, om isssoleie og greplyng som indikatorer i hovedøkosystemet fjell
- Kristian Hassel, NTNU Vitenskapsmuseet, om fjellfiltmosesom indikator i hovedøkosystemet fjell
- Line Johansen, NIBIO, om prestekrage, solblom og tilstand gras- og urterik mark som indikatorer i hovedøkosystemet åpent lavland
- Marianne Evju, NINA, om alge på bjørk som indikator i hovedøkosystemet skog
- Erling J. Solberg, NINA, om rådyr som indikator i hovedøkosystemet skog

5.1 Fjellrev som indikator

Bestandene av fjellrev i Skandinavia er små. Arten er karakterisert som kritisk truet i Norge (Henriksen & Hilmo 2015), og Miljødirektoratet har gjennom aktive handlingsplaner (2003-2017) i flere år arbeidet med intensive bestandsforsterkende tiltak for å redde fjellreven fra utdøing. Den betydelige bestandsveksten som arten har vist siste 15 år (Ulvund et al. 2018), er i all hovedsak knyttet til selve tiltakene (Angerbjörn et al. 2013), men også det faktum at smågnagerbestandene har tatt seg noe opp igjen etter 2007, se f.eks. (Framstad & Eide 2019). Den positive effekten av tiltakene gjør det vanskelig å vurdere hvordan arten responderer på endring i påvirkningsfaktorene nevnt i naturindeksen. Arten er av denne grunnen ikke en god indikator knyttet til disse påvirkningsfaktorene.

Tiltak for å ivareta fjellreven er først og fremst knyttet til å opprettholde bestandsstørrelse (avl og utsetting av fjellrevvalper og intensiv støtteforing), og i svært liten grad knyttet til å redusere negative effekter av påvirkningsfaktorer. Trolig er også interaksjoner mellom arter, f.eks. forekomst av hjortevilt og rovvilt som styres av aktiv artsforvaltning, sterkere strukturerende faktorer enn de utvalgte påvirkningsfaktorene i naturindeksen. Ny kunnskap om samspillet mellom artene i høyfjellsøkosystemet, både hva angår de større rovdyras strukturerende rolle og hvordan mennesker aktiviteter påvirker forekomster av konkurrerende arter som rødreven, peker på at andre påvirkningsfaktorer bør etableres i naturindeksen for å kunne mene noe om eventuell utvikling for fjellrevindikatoren.

Klimapåvirkning virker i liten grad direkte på fjellrev, men indirekte gjennom interaksjon mellom arter. IUCN utpekte av den grunn fjellreven som en av ti aktuelle klimaindikatorer. Vi ser at reproduksjonen hos fjellrev, tiltakene til tross, fortsatt er sterkt knyttet til forekomstene av smågnagerne (Angerbjörn et al. 2013), som forklarer 46% av variasjonen i reproduksjonen. Smågnagerne, og særlig lemen, er avhengige et tørt og stabilt vinterklima, og er dermed følsomme for klimaendringer. Tilfeller av regn på snø (ising) er svært negativt for forekomstene av smågnager (Kausrud et al. 2008). Det er derfor grunn til at trender i fjellrevens bestandsutvikling kan reflektere endring i klima, og at den gjennom dette likevel kan være en egnet indikator i naturindeksen.

5.2 Isssoleie og greplyng som indikatorer

Som beskrevet over (**figur 16, 17**), har både isssoleie og greplyng negativ sammenheng med klimavariabelen PCA2, dvs. artene har bedre tilstand nordover og oppover i fjellet, slik man skulle forvente, spesielt for isssoleie. Ellers er det viktig å være oppmerksom på at PCA1 og PCA2 er klimavariabeler, ikke variable for klimaendring. Klimaendringer er størst i kaldere strøk, dvs. høyt til fjells og langt mot nord, men ev. negativ påvirkning av klimaendringer lar seg foreløpig ikke

påvise for indikatorene for disse artene. For isssoleie har vi forekomstdata tilgjengelig gjennom Artsdatabank/GBIF, og grovkornet modellering (100 x 100 km) basert på disse dataene. På generelt grunnlag kan man si at fordi isssoleie i hovedsak finnes i høytliggende fjellområder med lite menneskelig aktivitet, er klimaendringer en mer nærliggende årsak til endringer for denne arten enn fragmentering og infrastruktur.

Greplyng er antakelig sterkt påvirket av artene som vokser rundt den. Studier av plantesamfunn og -populasjoner i fjellet har vist at klima kan virke både direkte (på vekst, overlevelse og reproduksjon) og gjennom interaksjon med andre planter ved konkurranse/fasilitering (f.eks. Olsen et al. 2016). I utsatte områder kan naboer være til fordel, i hvert fall på kort sikt, men med gunstigere vekstforhold kan konkurrentene ta over. Interaksjon med andre arter kan også påvirkes av endringer i beitetrykk og skifte fra husdyrbeite (grazers) til ville hjortedyr (browsers) (Mysterud & Austrheim 2008). Greplyng er en art som antakelig ikke tåler konkurranse særlig godt. Snødekke, vindutsatthet, tørkestress og veksts sesongens lengde er faktorer som styrer vekstforholdene der denne arten forekommer. Endringer i disse faktorene ved klimaendringer og endret beite kan til sammen medføre lavere bestander av greplyng.

5.3 Fjellfiltmose som indikator

Fjellfiltmose er en fjellart som er knyttet til mellomalpin sone, den indikerer åpen og baserik fjellhei. Fjellfiltmose finnes hovedsakelig i baserike områder i fjellet og vokser ofte i artsrike reinrossamfunn. Fjellfiltmose er ikke kjent med sporofytter i Norge, og lokal spredning skjer trolig ved fragmenter fra plantene.

Utbredelsen er knyttet til den skandinaviske fjellkjeden, men med enkelte forekomster langs kysten. Arten er knyttet til åpen fjellhei og har sin hovedutbredelse i mellomalpin sone, men den finnes også i lavalpine sone (sjelden kan den forekomme på åpne områder ned i nordboreal sone). Fjellfiltmose kan også forekomme på steiner langs bekker, på tuer i rikmyr og i blokkmark, men dette regnes som sekundære voksesteder.

Fjellfiltmose er en god indikator for åpne og rike alpine hei- og rabbesamfunn. Lokalteter i lave-religgende fjellstrøk har trolig gått tilbake eller forsvunnet på grunn av gjengroing ved opphør av beite og mindre vedhogst. Lokalteter i lav- og mellomalpin sone kan i fremtiden trues av endret klima hvis dette medfører varmere klima med tettere vegetasjonsdekke og større innslag av stovokste arter fra fjellbjørkeskogen.

Fjellfiltmose har sin hovedutbredelse over tregrensa, og her er klimaet den viktigste påvirkningsfaktoren, selv om inngrep i form av veier etc. kan ha lokale effekter.

5.4 Prestekrage, solblom og tilstand for gras- og urterik mark som indikatorer

Line Johansen og samarbeidspartnere har nylig gjennomført en evaluering av alle indikatorene og datagrunnlaget for hovedøkosystemet åpent lavland som lå til grunn for beregning av naturindeks i 2015 (Johansen et al. 2019). Evalueringen viste at majoriteten av indikatorene er følsomme for opphør av tradisjonell drift, arealbruk og fysiske inngrep, som er de viktige påvirkningsfaktorene for biologisk mangfold i åpent lavland. Videre viste evalueringen at Indikatorene er svært ujevnt fordelt geografisk med svært få indikatorer i Troms, Finnmark og innlandet, noe som gjør det vanskeligere å gi et fullstendig bilde av betydningen av påvirkningsfaktorene.

I den statistiske analysen (**figur 21**) har prestekrage fått uventet høy verdi i mange kommuner. Dette skyldes trolig at referanseverdien er satt for lavt, noe som vil medføre feil i tolkningen av forholdet mellom observerte data og referanseverdi. Evalueringen av indikatorene for åpent

lavland anbefaler at datagrunnlaget og referanseverdien for prestekrage må gjennomgås etter som den har en stor innflytelse på naturindeksen for åpent lavland (Johansen et al. 2019). Prestekrage har ikke nødvendigvis mindre utbredelse, men lavere tilstand i forhold til referanseverdien. I fjellbeiteområder, der prestekrage er en karakteristisk art, er det nå mindre seterdrift, og dermed mindre prestekrage, dvs. en interaksjon mellom arealbruk og artens tilstand.

Klimavariabelen PCA2 (varmesum) er signifikant negativ for prestekrage og tilstand gras- og urterik mark. Generelt gjelder det at arealbruksendringer, ikke klima, er den viktigste påvirkningsfaktoren. Det er strukturendringer, som opphør av seterbruk mange steder, og ikke klima, som gir lav naturindeksverdi for de karakteristiske artene for åpent lavland som også finnes i fjellbeiteområder (Johansen et al. 2017).

Solblom er en truet art (kategori sårbar, VU), og det er andre faktorer som er viktige enn påvirkningsfaktorene klima, fragmentering og infrastruktur. Solblom er sjelden i Norge på grunn av sin bio-geografiske utbredelse og på grunn av sine habitatkrav, da den er spesifikk for slåttemark.

Fragmentering gjelder hele landskapet og fanger ikke opp det enkelte økosystemet. Semi-naturlig mark og hele kulturlandskapet har omfattende menneskelige aktivitet som kan tolkes som fragmentering i denne sammenhengen. Slik variabelen for fragmentering beregnes i denne rapporten, er den dermed ikke egnet til å måle slik påvirkning på semi-naturlig kulturlandskap. For åpent lavland er det ikke mulig å anslå omfanget av tap av habitat med påvirkningsfaktorene for klima, fragmentering og infrastruktur. Det er nødvendig med annen kunnskap.

5.5 Alge på bjørk som indikator

Kombinasjonen av klima og nitrogennedfall er hovedutfordringen for alge på bjørk. Eutrofiering er den viktigste påvirkningsfaktoren, bestemt av årsmiddeltemperatur, nedbør og nitrogennedfall. Modellering av nitrogennedfall på 50 x 50 km ruter har gitt et godt datasett for vurdering av påvirkning av nitrogen på naturindeks-indikatoren alge på bjørk.

Alge på bjørk er valgt som naturindeksindikator fordi det er gode data for epifytter på bjørk. Høy grad av nitrogenpåvirkning gjennom nitrogennedfall medfører at det blir mindre lav på bjørk og mer alge på bjørk. Lav er en viktig indikator for økologisk tilstand da den er leveområde og mat for insekter, som er mat for fugler, og lav er en god indikator på luftkvalitet, da den responderer raskere på forurensing enn bakkevegetasjonen. Datagrunnlaget for alge på bjørk er hentet fra Terrestrisk naturovervåking (TOV) og den landsomfattende epifyttovervåkingen knyttet til Landskogtakseringen. Alge på bjørk har best tilstand midt i høydegradienten på Vestlandet. Det er ikke overraskende at påvirkning fra fragmentering og infrastruktur ikke har betydning for denne indikatoren. Klima har stor betydning som påvirkningsfaktor. Eutrofiering har svært stor betydning for bestandene av alge på bjørk. Forsuring har mindre betydning.

5.6 Rådyr som indikator

Rådyret er en art som har profitert mye på dagens rovdyrpolitikk. I dag kan de derfor overleve i relativt snørike innlandsområder, der predasjon fra store rovdyr sannsynligvis gjorde det umulig med permanente bestander før mennesket ble dominerende. Det samme gjelder i Nord-Norge. Rådyrets største problem er dyp snø i kombinasjon med store rovdyr. I kystnære områder med lite snø kan rådyret klare seg greit, også i referansetilstanden med rovdyr. Dette kan forklare hvorfor indeksverdien øker med økende kontinentalitet og fra sør til nord. I tillegg medvirker rådyrets nyere innvandringshistorie. Rådyret var lenge utryddet i Norge, men innvandret på nytt på slutten av 1800-tallet. Denne prosessen pågår fortsatt, ettersom ytre deler av Vestlandet har få eller ingen rådyr. De klimatiske forholdene ligger imidlertid til rette også der og følgelig er dagens bestander trolig lavere enn referansetilstanden (dvs. med relativt lave indeksverdier).

Det er likevel grunn til å tolke disse resultatene med forsiktighet ettersom indeksverdiene ikke varierer innen fylker.

En viktig begrensning ved korrelasjonsanalyser for påvirkningsfaktorer og indikatorer for rådyr (og hjort og elg) er at bestandstettheten (og referanseverdien) er estimert på fylkesnivå. Deretter blir alle kommuner innenfor et fylke gitt samme verdi. Når man analyserer variasjonen i indeksverdi mot ulike miljøkvaliteter på kommunenivå, kan resultatet bli feil. Kommuner innenfor fylker kan variere mye mht. klima (oseanitet og varmesum), arealbruk, predasjonstrykk og andre påvirkningsfaktorer. Med de dataene som er tilgjengelig, skal det derfor godt gjøres å finne korrelasjoner som avspeiler de faktiske forholdene. Tanken er å gjøre indeksberegningene på kommunenivå i 2020, hvis ressursene strekker til, og da vil en slik analyse kunne ha verdi for elg, hjort og rådyr.

For hjortedyrene vil også andre påvirkningsfaktorer som predasjon, parasitter/sykdom og konkurranse være viktige. Disse faktorene er tidligere dekket av kategorien 'Ukjent eller naturlig påvirkning'. For hjorteviltet er beskatning, predasjon (mest for rådyr), klima og arealbruk viktige påvirkningsfaktorer, samt interaksjonen mellom disse. Med varmere, våtere og villere klima kan også parasitter og sykdommer, samt konkurranse fra andre viltlevende arter, bli viktig. Det er også viktig å merke seg at påvirkningsfaktorene vurderes i forhold til dyras bestandstetthet og ikke indikatorverdien. Tettheten av elg, hjort og rådyr er i dag over antatt referansetilstand i mange deler av landet pga. lave predasjonsrater, og følgelig kan indikatorverdien vise mindre følsomhet enn bestandstettheten for variasjon i påvirkningsfaktorene.

6 Konklusjon

Vurdering av påvirkningsfaktorer er en velkjent problemstilling for mange forskere og eksperter som deltar i arbeidet med naturindeksen. I arbeidet med norsk rødliste for arter etterspør Artsdatabanken vurderinger fra ekspertene av påvirkninger på artene. I dette prosjektet fant vi støtte til å inkludere spørsmål om påvirkningsfaktorer i naturindeksarbeidet videre. Ekspertene var klart positive til fortsatt å vurdere påvirkningsfaktorer på nytt og drøfte hvordan dette kan være nyttig i naturindeksarbeidet. Det ble pekt på at det bør være rom for å oppgi flere konkrete påvirkningsfaktorer. Posten 'Ukjent eller naturlig påvirkning' kan gjerne spesifiseres mer. Analyse av påvirkningsfaktorer for naturindeks-indikatorer kan også være nyttig for videre arbeid med økologisk tilstand (Nybø & Evju 2017, Nybø et al. 2019). Skalaforskjellen på naturindeksverdier og påvirkningsdata er en svakhet for statistiske analyser og tolkning.

Alt i alt er det behov for bedre økologiske overvåkingsdata (Tingstad et al. 2019) og modellerte indikatorverdier, med høyere geografisk oppløsning. Selv om kunnskap om indikatorene som inngår i naturindeksen er basert på forskning og overvåking av de enkelte artene, vil det også være nyttig å kunne vurdere effekten av påvirkningsfaktorer i forbindelse med arbeidet med naturindeksen og prøve ut hvordan analyse av slike sammenhenger kan utformes.

7 Referanser

- Alkemade, R., van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M. & ten Brink, B. 2009. GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. In *Ecosystems* DOI: 10.1007/s10021-009-9229-5
- Alkemade R., Bakkenes, M. & Eickhout, B. 2011. Towards a general relationship between climate change and biodiversity: an example for plant species in Europe. *Regional Environmental Change* 2011 Suppl 1: S143-S150
- Angerbjörn, A., Eide, N.E., Dalén, L., Elmhagen, B., Hellström, P., Ims, R.A., Killengreen, S., Landa, A., Meijer, T., Mela, M., Niemimaa, J., Norén, K., Tannerfeldt, M., Yoccoz, N.G., & Henttonen, H. 2013. Carnivore conservation in practice: replicated management actions on a large spatial scale. *Journal of Applied Ecology* 50: 59-67.
- Arets E., Verwer, C. & Alkemade, R. 2014. Meta-analysis of the effect of global warming on local species richness. Wageningen University: Wot paper 34, December 2014.
- Aune, S., Bryn, A. & Hovstad, K.A. 2018. Loss of semi-natural grassland in a boreal landscape: impacts of agricultural intensification and abandonment. *Journal of Land Use Science* 13: 375-390
- Bakkestuen, V., Erikstad, L. & Halvorsen, R. 2008. Step-less models for regional environmental variation in Norway. *Journal of Biogeography* 35: 1906-1922.
- Bryn, A. 2008. Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? *Norsk Geografisk Tidsskrift*. 62(4): 251-270. doi: 10.1080/00291950802517551
- Bryn, A., Dourojeanni, P., Hemsing, L.Ø. & O'Donnell, S. 2012. A high-resolution GIS null model of potential forest expansion following land use changes in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 28(1): 81-98. doi: 10.1080/02827581.2012.689005
- Degteva, A., Oskal, A., Mathiesen, S.D., Burgess, P., Aslaksen, I., Johnsen, K.I., Magga, A.-M., van Rooij, W., Brattland, C., Corell, R., Dubovtsev, A., Garnåsjordet, P.A., Holmberg, A., Klokov, K., Maynard, N.G., Nellemann, C., Niillas, B., Partapuoli, P.J., Pogodaev, M., Reinert, E., Sandström, P., Slepishkin, I., Smuk, I.A., Steffanson, J., Strogalschikova, Z., Tyskarev, A. & Westerveld, L. 2017. "Indigenous peoples' perspectives". Chapter 7 in *Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Barents Area*. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, pp. 167-194.
- Framstad, E. (red.) 2015. Naturindeks for Norge 2015. Miljødirektoratet. Rapport M-441.
- Framstad, E. & Eide, N.E. 2019. Smågnagere. I Framstad, E. (red.) *Terrestrisk naturovervåking i 2018: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl*. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1692: 139-145.
- Framstad, E. & Sverdrup-Thygeson, A. 2015. Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold. NINA Rapport 1149.
- Halvorsen, R., Bryn, A. & Erikstad, L. 2016. NiN systemkjerne – teori, prinsipper og inndelingskriterier. Versjon 2.2, Systemdokumentasjon 1, s 1–292 (Artsdatabanken, Trondheim; <http://artsdatabanken.no>) https://www.artsdatabanken.no/Files/29717/Artikkel_1___NiNs_systemkjerne___teori,_prinsipper_og_inndelingskriterier.pdf
- Halvorsen, R., Mazzoni, S., Erikstad, L., Bakkestuen, V. & Blumentrath, S. 2017. Vedlegg 1: Arbeidspakke 1: Etablering av nasjonal prediksjonsmodell for semi-naturlig eng som basis for naturovervåking. s 36-81 i Johansen, L., Wehn, S., Halvorsen, R. & Hovstad, K.A. *Metode for overvåking av semi-naturlig eng i Norge*. NIBIO Rapport 3/25/2017.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. 2015. Påvirkningsfaktorer. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken <http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/Pavirkningsfaktorer>. Nedlastet 28/11/2019.
- Hovstad, K.A., Johansen, L., Arnesen, A., Svalheim, E. & Velle, L.G. 2018. Semi-naturlig eng, Semi-naturlig. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. Hentet 2019.09.23 fra: <https://artsdatabanken.no/RLN2018/72>

- IPBES 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Johansen, L., Holm Carlsen, T., Hassel, K., Kallioniemi, E., Staverløkk, A., Pedersen, B. & Wehn, S. 2019. Naturindeks for Norge: Evaluering av indikatorer innen åpent lavland. NIBIO Rapport, 5(84) 2019.
- Johansen, L., Hovstad, K.A. & Åström, J. 2015. Åpent lavland. I: Framstad, E. Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold. Miljødirektoratet Rapport M-441. Miljødirektoratet, Trondheim, s. 92-102.
- Johansen, L., Wehn, S., Halvorsen, R. & Hovstad, K.A. 2017. Metode for overvåking av semi-naturlig eng i Norge. NIBIO Rapport 3/25/2017
- Kausrud, K.L., Mysterud, A., Steen, H., Vik, J.O., Østbye, E., Cazelles, B., Framstad, E., Eikeset, A.M., Mysterud, I., Solhøy, T. & Stenseth, N.C. 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature* 456: 93-97.
- Keith, H., Maes, J., Czúcz, B., Jackson, B., Driver, A., Bland, L., Nicholson, E. (2019). Discussion paper 2.1: Purpose and role of ecosystem condition accounts. Paper submitted to the SEEA EEA Technical Committee as input to the revision of the technical recommendations in support of the System on Environmental-Economic Accounting. Version 5 September 2019. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EEA/ec_discussionpaper21_purpose_6_9_2019.pdf
- Moen, A. & Lillethun, A. 1999. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens kartverk.
- Mysterud, A. & Austrheim, G. 2008. The effect of domestic sheep on forage plants of wild reindeer; a landscape scale experiment. *Eur J Wildl Res*, 54:461–468 DOI 10.1007/s10344-008-0171-1
- Norderhaug, A., Bele, B., Bratli, H. & Stabbetorp, O. 2010. Åpent lavland. Kapittel 5 i Nybø, S. red. 2010. Naturindeks for Norge 2010, s. 70-78.
- Norderhaug, A. et al. 2012. Kulturmarkseng i Naturindeks – utvikling av kunnskapsgrunnlaget for overvåking og forvaltning. *Bioforsk Rapport* 7(129) 2012.
- Nybø, S. (red.) 2010. Naturindeks for Norge 2010. Direktoratet for naturforvaltning.
- Nybø, S. & Evju, M. (red) 2017. Fagsystem for fastsetting av god økologisk tilstand. Forslag fra et ekspertråd. Ekspertrådet for økologisk tilstand, 247 s. <https://www.regjeringen.no/no/dokument/rapportar-og-planar/id438817/>.
- Nybø, S., Framstad, E., Jakobsson, S., Evju, M., Lyngstad, A., Sickel, H., Sverdrup-Thygeson, A., Töpper, J., Vandvik, V., Velle, L.G. & Aarrestad, P.A. 2019. Test av fagsystemet for økologisk tilstand for terrestriske økosystemer i Trøndelag. NINA Rapport 1672.
- Olsen, S.L., Töpper, J.P., Skarpaas, O., Vandvik, V. & Klanderud, K. 2016. From facilitation to competition: Temperature-driven shift in dominant plant interactions affects population dynamics in seminatural grasslands. *Global Change Biology*, 22(5), 1915-1926.
- Pedersen, B. & Nybø, S. (red.) 2015. Naturindeks for Norge 2015. Økologisk rammeverk, beregningsmetoder, datalagring og nettbasert formidling. NINA Rapport 1130.
- Rydsaa, J.H., Stordal, F., Bryn, A. & Tallaksen, L.M.. 2017. Effects of shrub and tree cover increase on the near-surface atmosphere in northern Fennoscandia. *Biogeosciences*, 14, 4209–4227, doi.org/10.5194/bg-14-4209-2017
- Simensen, T., Erikstad, L. & Halvorsen, R. 2019. NiN landskapstyper - En kort innføring. https://arts-databanken.no/Files/29394/NiN_Landskapstyper_-_en_kort_innforing.pdf
- SSB. 2010. Arealbruksdata.
- Tingstad, L., Evju, M., Sickel, H. & Töpper, J. 2019. Utvikling av nasjonal arealrepresentativ natur-overvåking (ANO). Forslag til gjennomføring, protokoller og kostnadsvurderinger med utgangspunkt i erfaringer fra uttesting i Trøndelag. NINA Rapport 1642.

- Ulvund, K., Eide, N.E., Kleven, O., Landa, A. & Flagstad, Ø. 2018. Fjellrev i Norge 2018. Resultater fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for fjellrev. NINA Rapport 1603.
- van Rooij, W., Garnåsjordet, P.A., Framstad, E. & Aslaksen, I. 2016. Impacts on Arctic biodiversity: Comparing GLOBIO3 and the Nature Index for Norway in dialogue with experts for national and regional scenario building. Rapport til Klima- og miljødepartementet.
- van Rooij, W., Aslaksen, I., Burgess, P., Garnåsjordet, P.A. & Mathiesen, S.D. 2017. Ecological change in Arctic regions – a GLOBIO3 pilot study of impacts on biodiversity. Chapter 9 in Glomsrød, S., Duhaime, G. & Aslaksen, I. (eds.) (2017): The Economy of the North 2015. Statistical Analyses (SA) 151, Statistics Norway, pp. 149-162.

*Norsk institutt for naturforskning, NINA,
er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og
samspillet natur–samfunn.*

*NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i
Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø,
Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA
Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal,
og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i
Rogaland.*

*NINAs virksomhet omfatter både forskning
og utredning, miljøovervåking, rådgivning og
evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og
erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere
i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene,
samfunnets bruk av naturen og sammenhenger
med de store drivkreftene i naturen.*

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4502-9

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger