

Naturekneskap i fin skala gjer det mogleg å sjå klima- og naturpåverknad frå utbygging i samanheng

Fine-Scale Ecosystem Accounting Enables Integrated Assessments of Climate and Nature Impacts from Development Projects

Trond Simensen

Ph.d., forskar, Norsk institutt for naturforskning
trond.simensen@nina.no

Anders Lyngstad

Ph.d., forskar, Norsk institutt for naturforskning
anders.lyngstad@nina.no

Magni Olsen Kyrkjeeide

Ph.d., seniorforskar, Norsk institutt for naturforskning
magni.kyrkjeeide@nina.no

Samandrag

Naturekneskap er eit rammeverk utvikla av FN for å gi standardiserte data om tilstand og utvikling i naturen. Kartfesta data ligg til grunn for rekneskapane. Sjølv om metoden har vore mest brukt i relativt grov skala, kan naturekneskap også lagast for mindre område. I denne artikkelen viser vi kva som kan gå inn i ein forenkla naturekneskap på fin skala, med eit døme frå ei hyttegrenn i Bykle kommune. For analyseområdet dokumenterer vi naturpåverknad frå hytteutbygging gjennom 1) arealrekneskap for økosystem, 2) utvalde indikatorar for tilstanden i økosystema, og 3) rekneskap for karbonlagring i økosystema med vekt på myr. Dømet viser korleis ein naturekneskap kan gje eit oversyn over økologien i eit analyseområde, inkludert tilstand og utvikling i «kvardagsnaturen», ikkje berre sjeldsynt, spesiell eller truga natur. Dømet viser òg korleis klima- og naturpåverknad frå eit utbyggingsprosjekt kan sjåast i samanheng.

Nøkkelord

naturekneskap, karbonkalkulator, økologi, arealplanlegging

Abstract

Ecosystem accounting, a framework developed by the United Nations, standardises data on the state and condition of ecosystems. Although the method has been used on a coarse scale, it can also be applied to areas of smaller scale. This paper presents a simplified ecosystem accounting case study from a second home development area in Bykle municipality. It examines the impact of landscape changes, focusing on three aspects: 1) ecosystem extent accounts, 2) indicators of ecosystem condition, and 3) carbon storage in ecosystems, emphasising mires. The case demonstrates how ecosystem accounting can provide a comprehensive ecological overview, beyond impacts on rare, threatened, or endangered nature. It shows how the climate and nature impacts of a development project can be contextualised.

Keywords

ecosystem accounting, carbon calculator, ecology, land use planning

Bakgrunn og innleiing

Omsyn til natur i arealplanlegging

Klimaendringar og tap av natur er blant vår tids store utfordringar (IPBES 2019; IPCC 2023). Arealbruk er i dag det største trugsmålet mot mangfaldet av artar og naturtypar både i Noreg og i verda (Artsdatabanken 2018, 2021; IPBES 2019). I den nye naturavtalen er det høge ambisjonar om ivaretaking og restaurering av natur, slik at tap av areal som er viktige for naturmangfald går mot null innan 2030 (CBD 2022). Eit av dei viktigaste verkemidla for å klare det er ifølge naturavtalen berekraftig arealplanlegging og arealforvalting.

Omsyn til natur i arealplanlegginga har i Noreg røter attende til by- og regionplanlegginga sin pionerfase tidleg på 1900-talet, og vart ein stadig viktigare del av arealplanlegginga frå 1960-talet, med innføring av generalplanar for kommunane, utarbeiding av samla planar for vassdragsutbygging og planar for oppretting av større naturvernområde (Langdalen 1970). Ålmenne krav om konsekvensutgreiingar vart innførte i Noreg med eigne fråsegner i plan- og bygningslova frå 1990, og sidan den gong har det vore fleire endringar, med aukande krav til innhald og omfang (Foss mfl. 1999; Statens vegvesen 2021; Miljødirektoratet 2023a). Skildring av forventta miljøverknader skal i dag vere ein del av alle planar og tiltak som kan påverke mangfaldet i naturen (plan- og bygningslova 2008; naturmangfaldlova 2009).

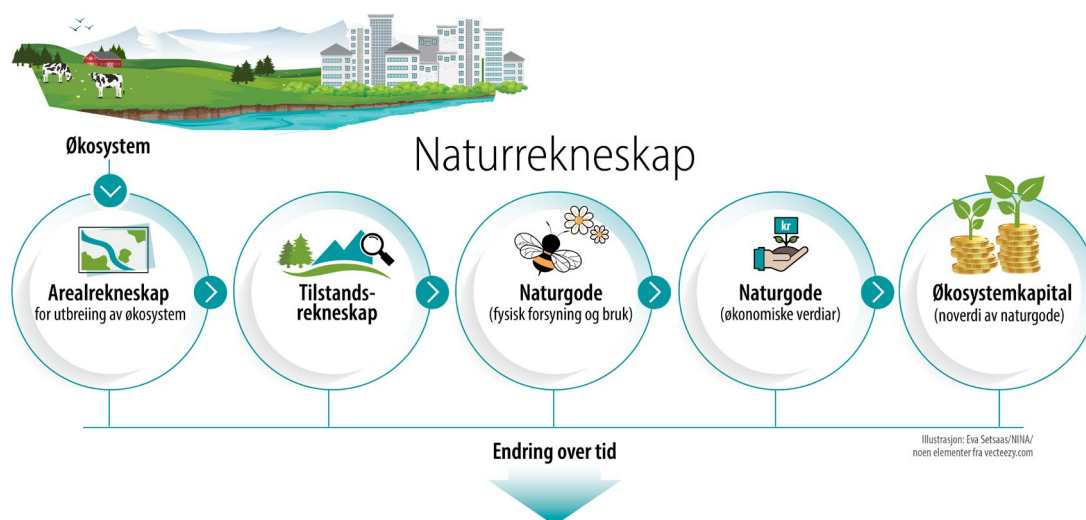
Konsekvensutgreiingar og planskildringar er i dag det mest sentrale kunnskapsgrunnlaget når myndighetene skal gi løyve til eller avslag på planar eller søknader om utbygging. Likevel har slike utgreiingar møtt kritikk frå fagleg hald og frå ulike samfunnsinteresser for varierende kvalitet, legitimitet og relevans i planprosessane (Bay-Larsen 2014; Aas 2019). Når det gjeld naturmangfald spesielt, har Multiconsult (2021) og Høitomt mfl. (2022) peikt på systemutfordringar som varierende kvalitet og låge krav til gjennomføring av feltarbeid. Konsekvensutgreiingar som følger arealplanar, har – internasjonalt og i Noreg – òg blitt kritisert for eit snevert fokus på sjeldsynt, spesiell eller truga natur, medan viktige kvalitetar ved «kvardagsnaturen» og sentrale funksjoner ved økosystema som karbonbinding har mangla (Willis mfl. 2012; Erikstad og Lindblom 2014; Simensen mfl. 2022). Ofte er det også uklårt korleis ulike gode og tenester vi får frå økosystema – naturgode – best kan inkludrast i konsekvensutgreiingar av arealplanar. Brendehaug mfl. (2021) peikar på at tiltak for reduksjon av klimagassutslepp, ivaretaking av biologisk mangfald og klimatilpassing ikkje sjåast i samanheng i slike utgreiingar i dag. Karbonlagring i økosystema er til dømes eit tema som inntil heilt nyleg har mangla i rettleiing om konsekvensutgreiing. I ny rettleiing (Statens vegvesen 2021; Miljødirektoratet 2023a; Dahlstrøm mfl. 2023) er temaet omtalt, men det er framleis naudsynt med vidareutvikling av metodane og gode dømme frå implementering i arealplanlegging og i analysar på prosjektnivå (Kyrkjeeide mfl. 2023). For å bøte på manglar i dagens planskildringar og konsekvensutgreiingar er det naudsynt med vidare utvikling av metodar og verktøy for å fatte og føresjå konsekvensane av tidlegare og framtidige landskapsendringar for natur og klima.

Naturrekneskap

Naturrekneskap er eit rammeverk utvikla for å gi standardiserte data om geografisk utbreiing til økosystema, om tilstanden deira og om korleis økosystema gir grunnlag for menneskeleg velferd (økosystemtenester/naturgoder; Aslaksen mfl. 2023). I 2021 vedtok FN sin statistiske kommisjon ein tilrådd standard for naturrekneskap eller økosystemrekneskap, «System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting», som er det offisielle internasjonale omgrepet (SEEA EA; FN 2021). Ei rekkje land arbeider no med utprøving og samanstilling av slike rekneskap (Hein mfl. 2020). I Noreg vert det nasjonale arbeidet med naturrekneskap koordinert i eit samarbeid mellom Miljødirektoratet og Statistisk sentralbyrå (SSB; Miljødirektoratet 2023b).

Naturrekneskapen, som følger FN-standarden, har fem hovudkomponentar som er bundne saman på ein konsistent måte (figur 1). Datagrunnlag i naturrekneskap etter FN-standarden er *romleg eksplisitt*, det vil seie knytt til kartfesta data. Dette gjer rammeverket høveleg også som grunnlag for arealdisponering. Grunnmuren i naturrekneskapen er ein *arealrekneskap for økosystem*. Arealrekneskapen synleggjer endringar i arealet til dei ulike økosystema i eit analyseområde over eit gitt tidsrom. Den andre komponenten i ein naturrekneskap er eit sett av variablar eller indikatorar for økologisk tilstand som gir ein indikasjon på «helsetilstanden» til økosystema. Den tredje delrekneskapen omfattar *naturgode*. Modellar for økosystemtenester byggjer på økosystema sine areal og tilstandsvariablar. I dei tre første rekneskapane nyttast biofysiske måleeiningar som dekar, tonn, kubikkmeter, eller ulike indeksverdiar for økologisk tilstand. I dei to siste delrekneskapa kan naturgode og verdsettast monetært med pengeverdi (Aslaksen mfl. 2023). Tilnærminga er modulbasert; ein kan velge å stoppe etter trinn 1, 2 eller 3. Eit spørsmål er då kva kunnskapen frå dei ulike trinna kan tilføre norsk praksis for kartlegging av tilstand og utvikling i økosystem i dag.

Naturrekneskap kan utarbeidast for ulike område, som ein region, ein kommune eller eit prosjektområde. Innhaldet i naturrekneskapen må då tilpassast føremålet med plan- eller analyseoppgåva (Lyngstad mfl. 2023). Føresetnadene for å utarbeide ein rekneskap er tilgjengelege data for dei tre komponentane areal, tilstand og økosystemtenester, og med bruk av metodar for verdsetting som er tilpassa analyseområdet. Sjølv om overbygningen for ein naturrekneskap frå FN-systemet er relevant også på prosjektnivå, finnes det ingen standard og få norske døme på kor tid- og ressurskrevjande dei er, og kva potensial dei har for å forenkle og forbetre planprosessar og til å dokumentere landskapsendringar.



Figur 1. FN sitt rammeverk for naturrekneskap tek utgangspunkt i kart over økosystema. Med bakgrunn i kartfesta informasjon lagast tre biofysiske rekneskapar: arealutbreiing, tilstand og forsyning og bruk av naturgode. Det er mogleg å lage to økonomiske rekneskapar: eit for økonomisk verdi av naturgode, og eit for økosystemkapital.

Arealrekneskap for økosystem

Økosystem omfattar samfunn av levande organismar i vekselverknad med kvarandre og med omgivnaden innanfor eit bestemt område. Økosystem kan avgrensast på ulike vis, men økologar og landskapsforskarar har aldri klart å samle seg om ein universell, fullstendig systematikk for økosystem slik taksonomar har gjort for artar (Edvardsen mfl. 2024). Ein årsak til det er at økosystem kan definerast på mange ulike vis og studerast på ulike

skalaer i tid og rom. I Noreg har økosystem ein klar parallell til omgrepet naturtype, som nyttast i naturmangfaldlova. I lova (§ 3) definerast naturtype som ein «ensartet type natur som omfattar alt plante- og dyreliv og de miljøfaktorene som virker der, eller spesielle typer naturforekomster som dammer, åkerholmer, geologiske forekomster eller lignende» (naturmangfaldlova 2009).

FN sitt rammeverk for naturrekneskap legg opp til at arealrekneskap for økosystem skal vere basert på heildekkande økosystemkart (FN 2021, del B). Det tyder at alt areal i eit analyseområde skal kartleggast og klassifiserast, ikkje berre utvalde naturtypar av interesse for forvaltinga slik praksis er i planprosessar i dag (FN 2021). Kartlegging av utvalde naturtypar av forvaltingsinteresse, slik det blir gjort i «kartlegging etter Miljødirektoratets instruks» (Miljødirektoratet 2024), er derfor ueigna som grunnlag for naturrekneskap for økosystem sidan desse karta ikkje er heildekkande. Slike kart kan likevel vere godt eigna som indikatorar på tilstanden i økosystema (sjå omtale lenger nede).

For kartlegging av økosystem på ein grov skala som er relevant i utarbeiding av naturrekneskap på nasjonalt og regionalt nivå, tilrår Miljødirektoratet bruk av overordna typesystem som byggjer på eksisterande og heildekkande kartprodukt som òg er compatible med kategoriane som nyttast i internasjonal miljørapportering (Miljødirektoratet 2023b). For dette føremålet bør nye produkt som til dømes «grunnkart for bruk i arealrekneskap» (Strand mfl. 2024) vere godt eigna. For heildekkande kartlegging på eit meir detaljert nivå, som er tema i denne artikkelen, er Natur i Noreg (Halvorsen mfl. 2020, Edvardsen mfl. 2024) det kartleggingssystemet som gjev mest informasjon om struktur og funksjonar i økosystema. Det er derfor av interesse å prøve ut denne kartleggingsmetoden for arealrekneskap for økosystem i detaljert målestokk.

Økologisk tilstand

FN definerer «økologisk tilstand» som kvaliteten til eit økosystem slik han kjem til uttrykk gjennom målingar av abiotiske (ikkje-levande) og biotiske (levande) aspekt. Tilstanden vurderast med indikatorar og variablar som målar økosystema sin samansetning, struktur og funksjon vurdert opp mot ein «referansetilstand» som representerer ein god eller normal tilstand (FN 2021). Referansetilstanden kan definerast på ulike vis, men viser oftast til ein tilstand der økosystema har evne til å oppretthalde karakteristisk samansetning, struktur og funksjon over tid, og evne til å hente seg inn etter ulike naturlege og menneskelege påverknader og forstyrringar. FN (2021 Anneks 5.1) og Czucz mfl. (2021) har utvikla kriterium for val av variablar som skildrar økologisk tilstand i ein naturrekneskap. Desse kriteria skal sikre at indikatorane som nyttast, er meningsfulle, pålitelege og presise, og at dei til saman fangar opp viktige sider ved «helsetilstanden» til økosystema. FN grupperer variablar som skildrar økologisk tilstand i seks ulike klasser, der to er abiotiske (fysisk og kjemisk tilstand), tre er biotiske (biologisk mangfald, strukturell tilstand og funksjonell tilstand) og éin omfattar landskapstilstand, dvs. samanhengar mellom økosystema på landskapsskala. Døme på biotiske variablar er førekomst, mengd eller samla mangfald av artar, biomasse, kronedekning, vegetasjonssjikt og inngrepsstatus, men òg førekomst eller mengd av trua artar og økosystem.

FN sitt rammeverk for vurdering av økologisk tilstand er kompatibelt med det norske fagsystemet for vurdering av økologisk tilstand (Nybø mfl. 2017), men ingen av metodane er så langt tilpassa prosjektnivå. Vidare utvikling av indikatorar og metodar for å måle økologisk tilstand i fin skala er eit omfattande arbeid (Framstad mfl. 2023). I dette prosjektet har vi fokusert på utprøving av nokre få utvalde indikatorar for tilstand i økosystema: 1) mangfaldet av naturtypar, inkludert trua naturtypar; 2) mangfaldet av karplanteartar, inkludert trua artar og framande artar; og 3) menneskeleg påverknad på økosystema.

Naturgode

Naturgode, eller økosystemtenester, kan delast inn i dei fire kategoriane støttande, forsynande, regulerande og kulturelle (Potschin & Haines-Young 2011; NOU 2013). Det kanskje mest omtalte naturgodet i seinare år er klimaregulering, med opptak og lagring av karbon i økosystema som sentrale faktorar. I Noreg reknar vi skog som det viktigaste økosystemet for *opptak* av karbon, medan myr har det største karbonlageret (Bonn mfl. 2016). Å ta vare på natur er ei av løysingane for å bremse klimaendringane (Griscom mfl. 2017). Karbonlageret i ulike naturtypar varierer mykje, men myr skil seg ut som ein særleg karbonrik naturtype der karbonlageret samstundes lett går tapt ved inngrep (Rusch mfl. 2022). Vi fokuserer derfor på dette økosystemet. Andre naturgode frå myr er dei regulerande goda vasskvalitet, flaum- og brannndemping, samt forsynande naturgode som produksjon av bær og gras (på slåttemyr), som alle er døme på fornybare naturgode. Nokre ikkje-fornybare, forsynande naturgode er produksjon av torv, landbruksprodukt og trevirke (skogbruk). For ein utfyllande oversikt over naturgode frå myr viser vi til Bonn mfl. (2016) og Øien mfl. (2017).

Karbonkalkulator for å rekne ut karbonlager i myr

Myr er ein fuktig naturtype der nedbryting av organisk materiale går langsamare enn produksjonen på grunn av anaerobe forhold. Som eit resultat av det akkumulerast daudt organisk materiale som torv under bakken. Torvdanning er ein langsam prosess, men gjennom tusenvis av år er dette karbonlageret blitt monaleg. Globalt held myr på karbon tilsvarande ein tredel av det som finst i atmosfæren, sjølv om myrane berre utgjer 3 % av landarealet i verda (Yu 2012). Utsleppet frå drenert myr er stort både i Noreg og globalt (UNEP 2022), og bevaring av intakt myr er eit enkelt tiltak for å hindre klimagassutslepp.

Det finnes i dag ingen ressursar som kan nyttast til å angi karbonlager i myr ved arealplanlegging i Noreg. I 2023 blei karbonkalkulatoren CarbonViewer lansert som ein nettapp (Cretois mfl. 2022), og i denne kan ein rekne ut karbonlager i myr. Dette er eit verktøy laga for arealplanleggjarar, med hensikt å gjere det enklare å inkludere karbonlageret i myr i grunnlaget for avgjerder (Kyrkjeeide mfl. 2023).

Estimat for arealet av myr i Noreg varierer mykje. Summen av arealet med myr i Kartverket sine data svarar til 5,8 % av landarealet. Systematiske arealundersøkingar (Bryn mfl. 2018) gir eit estimat på 9 %, Lie (1982) estimerte 10 % myrdekning basert på eldre data (1919–1933) frå Landsskogtakseringa, medan nye kart framstilt med maskinlæringsteknikkar peiker på 12 % dekning (Bakkestuen mfl. 2023). Noko av spriket kjem av at Kartverket nyttar ein definisjon som berre inkluderer areal med meir enn 30 cm torv, medan andre nyttar ein definisjon med krav om førekomst av torv og myrvegetasjon, men utan krav til torvdjup. Ein konsekvens er at myr ofte er mangelfullt dekt i eksisterande kart, og derfor bør kartleggast i utbyggingsprosjekt. Skilnadene er i praksis større i fjellet enn i låglandet fordi ein større del av låglandsmyrane har djup torv. Samstundes er låglandet betre og meir detaljert kartlagt enn fjellet, noko som bidreg til dårlegare kart over myr i høgareliggande strøk.

Det er òg usikre estimat for torvdjup. Eit gjennomsnitt på 1 meters djup har blitt anslått for myr i Noreg (Moen mfl. 2017), men det er stor uvisse kring dette estimatet. Dei djupaste myrane i Noreg kan vere opptil 10 meter (Lie 1982). Denne faktoren reknast som den mest avgjerande for å estimere karbonlager i myr og anna våtmark (Magnan mfl. 2023), og kan gi stort utslag i utrekning av karbonlager. I verktøyet er det lagt inn ein database med torveigenskapar som kan nyttast til å rekne ut karbonlageret i dei einskilte myrane. Kalkulatoren vart testa på eit utval av myrar og prosjekt då den vart utvikla (Kyrkjeeide mfl. 2023), men vidare utprøving i andre prosjekt er naudsynt for å finne ut kor nyttig kalkulatoren er i praksis, og eventuelt korleis han bør forbetrast.

Hyttebygging

Hyttebygging og konsekvensane det har for naturen, har fått større merksemd dei siste åra. Fritidsbustaden er viktig for mange nordmenn, som stad for avkopling frå kvardagen og som utgangspunkt for utøving av friluftsliv i andre omgjevnader enn dei vi har heime. Bygging av fritidsbustader kan gi arbeidsplassar og auka aktivitet i mange kommunar, men utbygging og bruk av fritidsbustader med høg teknisk standard har også konsekvensar for naturen. Statistisk sentralbyrå reknar med at vi har 478 670 fritidsbygg i landet, og at det kjem til om lag 5000 nye hytter per år (Haagensen 2019). Estimert frå Blumentrath mfl. (2022) og Simensen mfl. (2023) viser at store areal er sette av til hyttebygging framover.

Trass store utbyggingsplanar er dei konkrete konsekvensane av hyttebygging på naturen lite studert lokalt. Ved å utarbeide ein naturrekneskap for område som er bygde ut eller som blir vurdert bygde ut, kan ein få eit betre grunnlag for avgjerder kring omfang og innretning på eventuelle utbyggingar, og eit grunnlag for korleis ein kan kompensere for nedbygging ved restaurering innanfor analyseområdet, eller andre stader (Muhrman mfl. 2021).

Problemstilling

Målet med dette prosjektet har vore å synleggjere korleis utvalde element frå FN-standard for naturrekneskap kan gå inn i ein naturrekneskap på prosjektnivå. Vi nyttar eit avgrensa område i Bykle kommune som case, og vi nyttar metodikk frå FN sin metode for naturrekneskap for å kvantifisere og synleggjere effektar av hytteutbygging på økosystem og naturgode. Vi har lagt særleg vekt på å kvantifisere karbonlageret i torv, og vi har nytta den nyutvikla karbonkalkulatoren CarbonViewer til dette. Vi drøftar til slutt relevansen av analysane i vidare utvikling av metodar for naturrekneskap på prosjektnivå for norske arealplanprosessar, og i kva grad naturrekneskap for framtidige og planlagde landskapsendringar kan bøte på manglar ved dagens planskildringar og konsekvensutgreiingar.

Materiale og metode

Hovden i Bykle kommune (Agder fylke) er ein typisk hyttedestinasjon med hyttefelt, skibakkar og eit sentrum med sørvisbedrifter. Det meste av tettstaden ligg 750–850 moh., medan fjella rundt når opp til om lag 1300 moh. Undersøkingsområdet Otrosåsen ligg i svakt oseinisk vegetasjonsseksjon og nordboreal vegetasjonssone (Moen 1998). Berggrunnen er dominert av kalkfattig gneis, og lausmassane er i hovudsak morene, elveavsetningar og torv (NGU 2023). Det er bygd mykje hytter i Otrosåsen dei siste 50 åra, og i seinare år har det i stor grad blitt gjort gjennom fortetting.

Ein forenkla naturrekneskap vart utarbeidd med data frå feltarbeid (gjennomført 28.8.–31.8. 2023) og eksisterande kartdata. Forenklinga er gjort ved at eit utval element i FN sitt opplegg for naturrekneskap er inkludert, samt at vi ikkje har gått inn i dei modulane som omhandlar økonomisk verdsetting av naturgode. Detaljar i metoden er skildra av Lyngstad mfl. (2023). Naturtypar vart kartlagde heildekkande innan eit 309 daa stort område. Metodikken som vart nytta, følger *Natur i Norge* (NiN; Halvorsen mfl. 2020) og har likskapar med *basiskartlegging av verneområde* (Miljødirektoratet 2020), som òg er ei heildekkande kartlegging. Metoden skil seg frå *kartlegging etter Miljødirektoratets instruks* (Miljødirektoratet 2024), som er ei utvalskartlegging der ein berre kartfestar eit utval prioriterte naturtypar. Vi nytta kartleggingseiningar som er utvikla for målestokken 1 : 5000 (Bratli mfl. 2022), og kartlegginga vart gjort på nettbrett og mobiltelefon med hjelp av appen QField (Horvath mfl. 2019). Avgrensingar vart gjorde i felt, medan datasettet vart kvalitetssikra i GIS-verktøy i etterkant. Vi nytta ortofoto, ein terrengmodell med 1 meters

oppløysing, og «topographic wetness index» (Raduła mfl. 2018) som støtteverktøy i kartlegging av hydrologien i området.

For å synleggjere endringar i arealbruk over tid gjorde vi ei samanlikning av utbreiing av naturtypar slik vi kartla dei i 2023, med utbreiinga før hyttebygging. For å rekonstruere eit kart over arealkategoriar tilbake i tid tok vi i bruk historiske flybilete (ortofoto) frå 1959 og markslagskart frå 1965 (NIBIO 2023). Vi nytta QGIS versjon 3.22 i arbeidet med kart og kartdata, og dataanalysar er gjennomførte i statistikkprogrammet R (R Core Team 2022).

Som indikasjon på endring i økologisk tilstand kartla vi mengd sterkt endra areal. Artslister for karplantar vart registrerte kvar for seg i intakt myr og skog, samt i sterkt endra myr og skog og dokumentert med ei artsliste for området. Vi vurderte naturverdiar av spesiell forvaltingsinteresse opp mot Miljødirektoratet sine kriterium for konsekvensutgreiningar (Miljødirektoratet 2023a).

For å rekne ut karbonmengd og torvvolum i myr i karbonkalkulatoren CarbonViewer (Cretois mfl. 2022) målte vi torvdjup med ein torvsonde på fem intakte og éi sterkt endra myr i undersøkingsområdet. Vi tok utgangspunkt i eit 20 x 20 m nettverk med punktmålingar for å få god nok dekning av data, og supplerte med fleire målingar der vi såg det som sannsynleg at torvdjup endrar seg mykje over korte avstandar. Koordinatar for målepunkta vart målte inn med differensial-GPS med høg presisjon (<10 cm måleuvisse). For intakte myr utan måling av torvdjup predikerte vi karbonmengd ved hjelp av ein lineær regresjonsmodell gitt ved formelen

$$Y = a + bx$$

der Y = karbonmengd i tonn C, a er skjæringspunktet for regresjonslina med y-aksen, b er stigningstalet for lina som syner forholdet mellom karbonmengd og areal, medan x er areal i m².

CarbonViewer er utvikla for å rekne ut karbonlager i myr, og seier ikkje noko om klimaeffekten av arealbruksendringar. For å estimere effekten av endra arealbruk i heile undersøkingsområdet mellom 1959 og 2023 nytta vi derfor Miljødirektoratet sin kalkulator for utrekning av klimaeffekt av arealendringar (Miljødirektoratet 2023c). Denne kalkulatoren inkluderer fleire naturtypar, men på eit overordna naturtypenivå som til dømes skog og våtmark. Han legg også til grunn at karboninnhaldet i jorda skal ha stabilisert seg 20 år etter arealbruksendringa. For å gjere resultata frå NiN-kartlegginga compatible med karbonkalkulatoren til Miljødirektoratet nytta vi følgande omsetjing frå kategoriar og variablar i NiN til kategoriar som brukast i kalkulatoren: T4-C-5 bærlyngskog og 1AR-A-0-L2B boreale lauvtrær dominerer tresjiktet i blanding med bartre = lauvskog på impediment, T4-C-9 lyngskog og 1AR-A-0-B2 tresjikt med bartre = barskog på impediment, L limnisk, V1 open jordvassmyr, V12 grøfta torvmark og V2 myr- og sumpskogsmark = vann og myr, T35 sterkt endra fastmark = utbygd areal, samt T36 tørrlagt våtmark = anna utmark.

Resultat

Arealrekneskap for økosystem

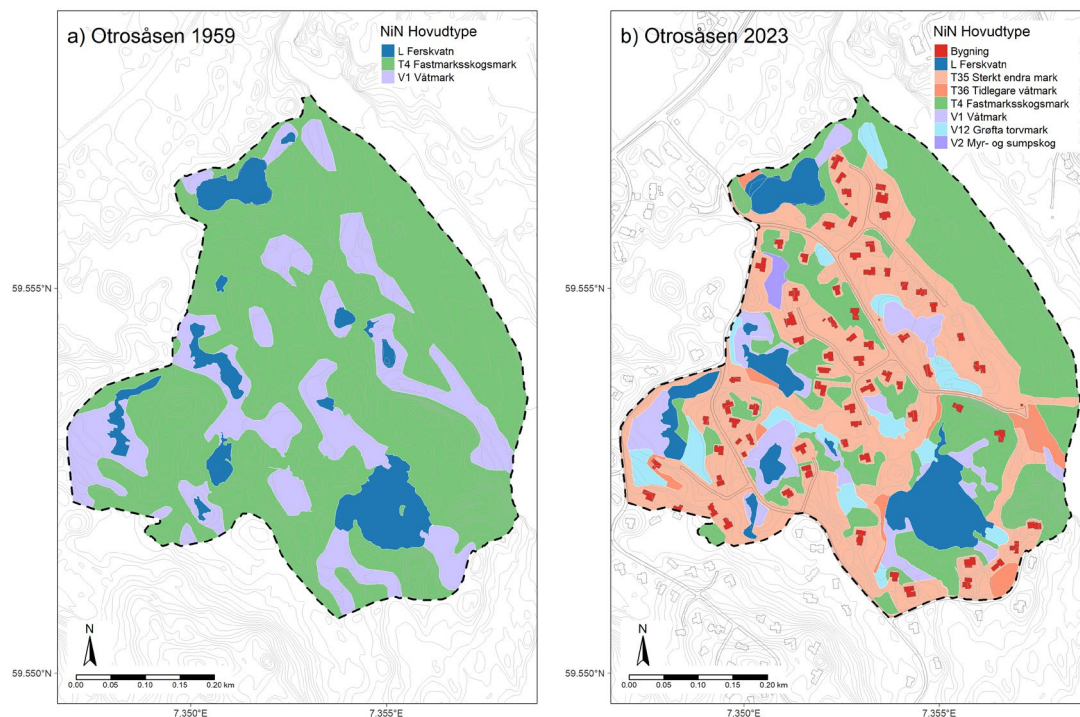
Innan undersøkingsområdet på 309 daa var 236 daa (78 %) skog eller andre einingar innan fastmark, 39 daa (13 %) var myr, medan 27 daa (9 %) var ferskvatn før utbygginga starta (tabell 1). For å illustrere endringane hyttebygging har ført med seg, jamførte vi utbreiing av naturtypar i 1959 og 2023 (tabell 1, figur 2). Prosentvis var det ferskvatn (limnisk) som var minst endra (+6,5 %), medan skog gjekk mykje attende (−52,1 %), og myr aller mest (−67,5 %). Flytdiagrammet i figur 3 viser endringane mellom arealkategoriar frå 1959 til 2023, og viser areal før og etter hytteutbygging samt overgangar mellom naturtypar.

Mindre endringer mellom dei to tidspunkta kan skyldast feil og unøyaktig avgrensing i ein eller begge kartleggingar, noko som er sannsynleg når areal går frå til dømes skog til ferskvatn.

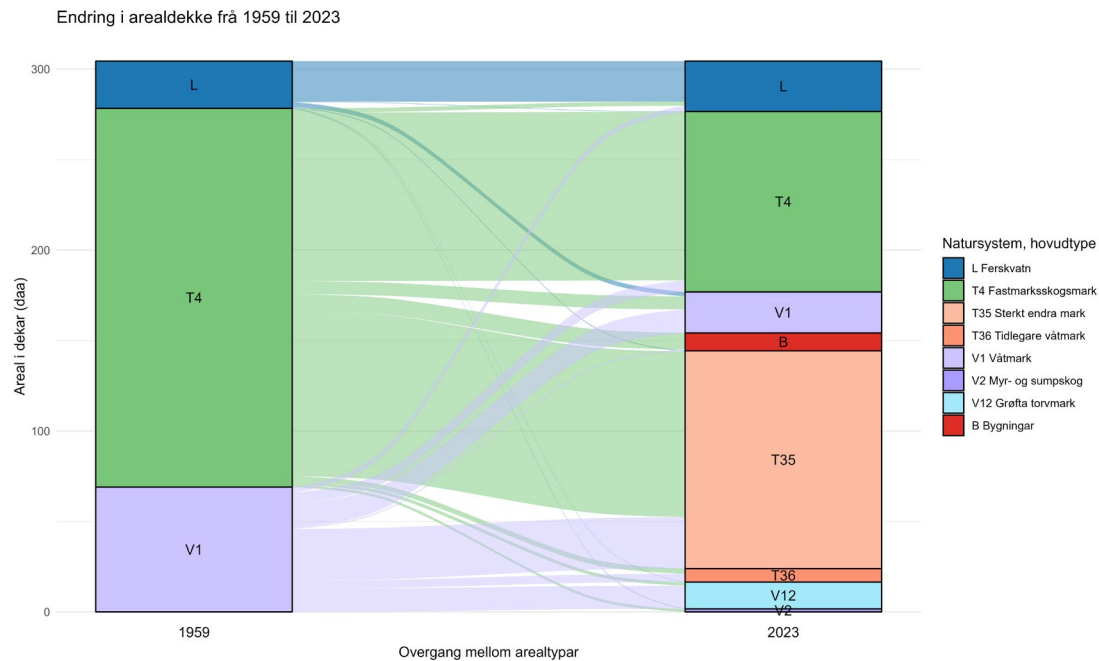
I undersøkingsområdet har bygningar eit samla areal på 9,9 daa. I kartlegginga i 2023 vart bygningar inkluderte i *T35 sterkt endra fastmark*, som til saman dekker 129,7 daa, og bygningane utgjer dermed 7,6 % av dette arealet. Det inneber at for kvar kvadratmeter bygning må vi multiplisere arealet med 13 for å få det totale arealet med sterkt endra mark (direkte inngrep). Tek vi med areal som er tørrlagt eller grøfta (indirekte verknader) som følgje av utbygging, kan vi multiplisere med 15. Ei hytte på 100 m² gir då til dømes eit naturinngrep på 1,5 daa.

Tabell 1. Endring i areal for naturtypar mellom 1959 og 2023. Data frå 1959 er tolka ut frå ortofoto (1959) og markslagskart (1965), medan data frå 2023 er frå NiN-kartlegging. Alle tal er i dekar (daa). Bygningar (9,9 daa) inngår i arealet med T35 sterkt endra fastmark

Natursystem		Areal 1959	Areal 2023	Endring (daa)	Endring (%)
L	Limnisk (ferskvatn)	26,1	27,8	1,7	6,5
T4	Fastmarksskogsmark	209,4	100,3	-109,1	-52,1
V1	Open jordvassmyr	69,0	22,7	-46,3	-67,1
T35	Sterkt endra fastmark (inkludert bygningar)	0	129,7	129,7	-
T36	Ny fastmark på tidlegare våtmark (tørrlagt våtmark)	0	7,5	7,5	-
V12	Grøfta torvmark	0	14,8	14,8	-
V2	Myr- og sumpskogsmark	0	1,7	1,7	-
Sum		304,5	304,5	0	



Figur 2. Kart med endringer i utbreiing av økosystem mellom a) 1959 og b) 2023. Data frå 1959 er tolka ut frå ortofoto (1959) og markslagskart (1965), medan data frå 2023 er frå NiN-kartlegging.



Figur 3. Endringar i utbreiing av naturtypar mellom 1959 (søyle til venstre) og 2023 (søyle til høgre). Den samla høgda på ei søyle utgjer heile undersøkingsområdet (100 %), og overgangen mellom naturtypar er synt som band. Høgda på kvar blokk og breidda på kvart band er proporsjonal med storleiken på arealet. Arealet med ferskvatn har t.d. halde seg stabilt, medan mykje av området som var skog og myr, har blitt sterkt endra mark.

Økologisk tilstand

Vi har ikkje gjort ei samla vurdering av økologisk tilstand (sjå diskusjon), men vi har testa fire enkle indikatorar for den økologisk tilstanden i Otrosåsen kvar for seg.

- 1) *Grad av menneskeleg påverknad:* Noko over halvparten av det kartlagde arealet er sterkt endra mark (51 %), medan 49 % kan reknast som naturleg mark (figur 4a). Sterkt endra område kan reknast som tapt som naturlege økosystem.
- 2) *Førekost av truga artar og naturtypar:* Vi fann 90 karplanteartar, og området er relativt artsfattig, med næringsfattige skog- og myrtypar i tillegg til mindre tjørner. Vi fann ingen naturverdiar av nasjonal eller regional forvaltingsinteresse i undersøkingsområdet ifølgje kriteria frå Miljødirektoratet (2023a og 2023b).
- 3) *Samla artsrikdom for karplantar:* Det vart registrert 49 artar karplanter i intakt natur, fordelt på 41 artar i intakt myr, og 15 artar i intakt skog (sjå liste med artar i Lyngstad mfl. 2023). Vi trur det kan vere fleire artar til stades, særleg i skog, og som ville blitt funne om vi hadde leita meir. Talet artar i sterkt endra mark er 62, altså høgare enn i naturleg mark. Dette heng saman med at inngrep skapar nye nisjar der artar med andre økologiske krav kan etablere seg, samstundes med at mange av dei opphavlege artane enno finnes.
- 4) *Innslag av framande artar med høg økologisk risiko:* Framandarten hagelupin (*Lupinus polyphyllus*) vart funne to stader. Hagelupin er i kategorien svært høg risiko (SE), og spreier seg svært lett langs veger og elver (Artsdatabanken 2018).

Naturgodet karbonlager i myr

Ut frå målingar av torvdjup og myrreal, myrtype samt standard torvparametrar i karbonkalkulatoren vart karbonmengd estimert for fem intakte myr i undersøkingsområdet

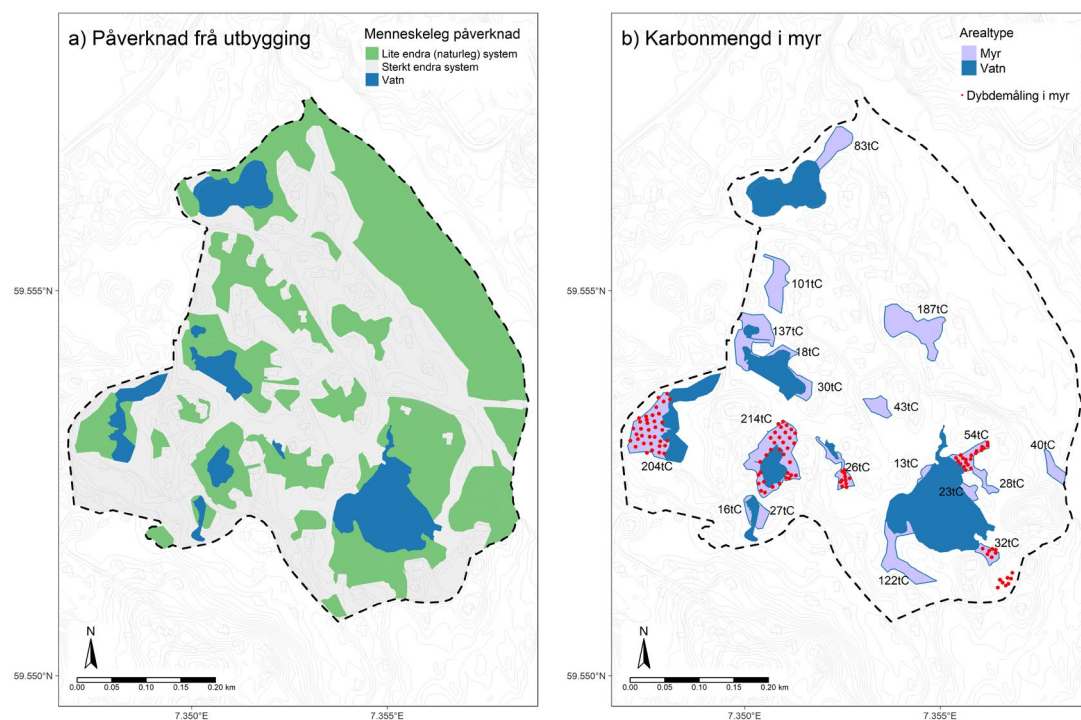
(tabell 2). For myrar utan målingar av torvdjup vart karbonmengd (i tonn C) predikert for et gitt myrareal ved modellen:

$$\text{Karbonmengd} = 1,06581 + 0,05881 \times \text{myrareal} \quad (r^2 = 0,96, p = 0,004)$$

Estimat på karbonmengd var basert på myrarealet, og samanhengen mellom areal og karbonmengd slik han kjem til uttrykk i data frå området. I tabell 2 er estimat frå CarbonViewer og den lineære regresjonsmodellen samanlikna. Kartet i figur 4b viser karbonmengd i intakte myrar i undersøkingsområdet slik regresjonsmodellen estimerer dette.

Tabell 2. Estimert torrvolum og karbonmengd i fem intakte myrar i undersøkingsområdet i Otråsåsen. Torrvolum er estimert ved hjelp av karbonkalkulatoren CarbonViewer. Karbonmengd er estimert både i karbonkalkulatoren og ved hjelp av ein lineær regresjonsmodell basert på areal

Myr	Areal (daa)	Målepunkt torvdjup (n)	Torrvolum (m ³)	Karbonmengd (tonn C)	
				CarbonViewer (+/-SD)	Regresjonsmodell
1	0,5	7	772,2	34 (+/-8)	32,1
2	0,9	20	965,8	44 (+/-10)	53,5
3	0,4	11	668,2	34 (+/-5)	26,2
4	3,6	34	4761,2	241 (+/-38)	213,6
5	3,4	36	3930,8	176 (+/-40)	203,5
Sum	8,8	108	11098,2	529	528,9



Figur 4. a) Lite endra (naturlege) og sterkt endra økosystem i undersøkingsområdet i Otråsåsen. b) Kart over intakte myrar i Otråsåsen med karbonmengd (tonn C) estimert basert på areal (lineær regresjon). Raude punkt = torvdjupmålingar.

Klimaeffekt av gjennomført utbygging

Arealet med skog og myr som har gått tapt gjennom hyttebygging med tilhøyrande vegar, fyllingar, skjeringar og grøfter, er 129,7 daa (tabell 1). Klimaeffekten av slik utbygging har to komponentar. Minka opptak av karbon i vegetasjon gir *tapt karbonopptak*, og inngrep som graving gir *auka karbontap* frå jordsmonnet. Estimat frå Miljødirektoratets arealbrukskalkulator viser at utan utbygging ville skog og myr i desse areala hatt eit netto opptak av klimagassar på 149,7 tonn CO₂-ekvivalentar. Den estimerte auka i utsleppa knytt til arealendringane, rekna over ein 20-årsperiode, er 4657,5 tonn CO₂-ekvivalentar, og den samla klimaeffekten vert då 4807,2 tonn CO₂-ekvivalentar (tabell 3). Utrekninga legg til grunn at karboninnhaldet i jorda skal ha stabilisert seg 20 år etter arealbruksendringa (sjå metodekapittelet).

Tabell 3. Estimert utslepp og opptak av tre klimagassar (vist som tonn CO₂-ekvivalentar) frå økosystema i undersøkingsområdet. Estimata er skaffa til vegar gjennom å anvende Miljødirektoratet (2023c) sin kalkulator for å rekne på klimaeffekt av arealendringar. CO₂ = karbondioksid, CH₄ = metan, N₂O = lystgass, CO₂e = CO₂-ekvivalentar

Klimaeffekt	Areal (daa)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Sum CO ₂ e
Tapt karbonopptak grunna utbygging	129,3	333,3	-170,8	-12,8	149,7
Auka karbontap grunna utbygging	129,3	4657,5	0	0	4657,5
Samla klimaeffekt	129,3	4990,8	-170,8	-12,8	4807,2

Diskusjon

Her drøftar vi først dei konkrete funna frå den forenkla naturrekneskapen frå Otrosåsen, med vekt på konsekvensar av hyttebygging for naturen. Vidare summerer vi erfaringar med praktisk bruk av metoden for finskala naturrekneskap og foreslår forbetringsspunkt for nye studiar. Til slutt drøftar vi nytteverdien av naturrekneskap i fin skala, og vi peikar på føresetnader for at slike rekneskap skal bidra til eit betre kunnskapsgrunnlag i norske arealplanprosessar.

Hyttebygging og påverknad på natur

Det er stor trong for meir kunnskap om konkrete effektar av ulike former for utbygging og landskapsinngrep. Eit område som Otrosåsen med mykje sterkt endra mark er eit «laboratorium» for å forstå korleis utbygging påverkar landskap og natur. Her kan metodar prøvast ut for å gi kunnskap om dei er høvelege til formålet, og om ressursbruken er akseptabel. Slik utprøving reduserer risikoen for å mislukkast i andre og potensielt større prosjekt der utbygging planleggast, og på sikt gi grunnlag for betre arealplanlegging.

I Otrosåsen fann vi at om lag halvparten (51 %) av det kartlagde området er sterkt endra gjennom hyttebygging med tilhøyrande infrastruktur og terrenginngrep. Desse områda kan reknast som tapte som naturlege økosystem. Bygningar dekker 9,9 daa i undersøkingsområdet, noko som utgjer berre 7,6 % av arealet med sterkt endra mark. Direkte inngrep knytte til hyttebygginga er heile 13 gongar større enn arealet for hyttene i seg sjølv, og om vi inkluderer indirekte verknader av drenering, er arealet som blir påverka, 15 gongar større. Vi har då ikkje inkludert såkalla indirekte verknader av arealbruk, som inneber at menneskeleg aktivitet ein stad på kloden kan verke inn på naturen ein heilt annan stad (telecoupling; Turner mfl. 2021). Til dømes, dersom tømmeret i hytteveggen kjem frå Sverige, kvartsen i hyttevindauga kjem frå Polen, torva på torvtaket kjem frå Estland, og straumen i hyttegrenda

kjem frå nabokommunen, vil produksjonen av alle desse produkta gje påverknad på natur- og arealbruk utover det som kan målast i prosjektområdet. Eksport og import av arealbruk (telecoupling) er lite studert i Noreg, og er eit tema som bør utforskast vidare.

Rekneskapane for karbonlagring i økosystema og klimagassutsleppa frå arealendringane viser at området har gått frå å vere eit karbonsluk med netto opptak av karbon tilsvarande 149,7 tonn CO₂-ekvivalentar til å vere ei netto utsleppskjelde med utslepp tilsvarande 4657,5 tonn CO₂-ekvivalentar rekna over ein 20-årsperiode. I tillegg kjem klimagassutslepp frå råvarer, energibruk og annan aktivitet knytt til bygging av sjølve hyttene og til infrastrukturen i hytteområdet, som vi ikkje har rekna på her.

Dei konkrete resultata frå prosjektet bidrar til eit betre empirisk grunnlag for å forstå påverknaden frå hyttebygging på natur og klima. Einskilde case-studiar som denne gir nyttige erfaringstal til bruk i arealplanlegging og konsekvensutgreiing. For å få pålitelege tal for arealbruk, klimagassutslepp og miljøpåverknad frå ulike typar utbygging på naturen er det trong for data frå fleire slike studiar og oppsummering av resultata gjennom systematiske kunnskapssamanstillingar (Haddaway mfl. 2020).

Erfaringar frå praktisk utprøving av metoden

Det mest grunnleggjande elementet i ein naturrekneskap er ein arealrekneskap for økosystem, og vi har her vist korleis naturskildringssystemet Natur i Norge (NiN) kan nyttast til dette. Utarbeiding av heildekkande, detaljerte naturtypekart av god kvalitet er kostbart, og detaljnivået i kartlegginga vil oftast vere eit kompromiss mellom ønske om høg kvalitet og detaljert målestokk på den eine sida og arbeidsmengd og framdriftskrav på den andre (Bryn mfl. 2023). Erfaringar frå utprøvinga viser at vi kan rekne med å kunne kartlegge 100 daa per dagsverk. Vår vurdering er at hovudtypenivået i NiN er godt eigna til naturrekneskap i fin skala, og at kartlegging på grunntypenivå ikkje er naudsynt til dette formålet. I vidare metodeutvikling for utvikling av økosystemkart bør ein undersøke korleis innhenting av data frå feltkartlegging (bakkesanningar) kan kombinerast med bruk av data frå fjernmåling og modellering for å utvikle kart over økosystem i fin skala. Dette gjeld særleg for større analyseområde som det ikkje er mogleg å kartlegge heildekkande i felt.

Vi nytta spesialtilpassa verktøy og applikasjonar for kartlegging av naturtypar og kalkulering av myrvolum, og gjorde gode erfaringar med det. Erfaringane frå bruk av myrkalkulatoren viser at denne er godt eigna til enkel kartlegging av karboninnhald i mindre område. Erfaringane frå utprøvinga viser at vi kan rekne med å kunne måle torvdjup på 40 daa myr per dagsverk. Vi tok ikkje prøver av torva, men tok i staden i bruk data frå databasen som er bygd inn i karbonkalkulatoren. Prøvetaking av torv vil auke tidsbruken i felt, krev noko laboratoriearbeid samt noko tid for å behandle data. Dette vil gi meir nøyaktige karbonmålingar, men tal frå Kyrkjeeide mfl. (2023) tyder på at skilnadene vil vere små.

For større område med fleire myrar treng ein å utvikle metoden for å estimere karbon vidare; særleg gjeld dette estimat for myrar der ein ikkje kartlegg volum, men utelukkande areal. Databasen med torveigenskapar som er innebygd i CarbonViewer, og som ligg til grunn for utrekningane, er det første forsøket på å samanstill eit datasett med torveigenskapar for Noreg. Det er naudsynt å utvide databasen med meir data for at den skal bli meir presis for ulike myrtypar (Kyrkjeeide mfl. 2023).

Vi estimerte karbonlagring for alle myrane i analyseområdet med ein enkel modell som var basert på data frå dei fem intakte myrane kor vi målte torvdjup og arealet til myrane. Modellen for å estimere karbon for mange myrar innan eit større analyseområde kan utviklast vidare med bruk av fjernmålingsdata frå til dømes satellittar og meir avanserte statistiske modellar som inkluderer innsamling av trenings- og evalueringsdata frå fleire myrar.

Meir komplette karbonrekneskap for alle økosystema i eit analyseområde bør utviklast vidare til å inkludere betre estimat for karboninnhald i skog. Her finnes allereie eit data-grunnlag hos NIBIO (2023), og ein kan nytte kjente metodar frå skogbruket med lokale data for å måle skogvolum og mengd karbon under bakken. Denne informasjonen saman med data om vegetasjonshøgde frå LiDAR kan nyttast for å lage ein presis modell for karbon i vegetasjon. Metodar for å estimere karbon i jord og vatn er i stadig utvikling, og vil gi nye moglegheiter framover. Det er òg naudsynt med utvikling av betre estimat for karbon-opptak og -lagring i sterkt endra mark. Med unnatak for sterkt endra torvmark er opptak og utslepp av karbon i slike økosystem truleg lågt, men bør likevel bli inkludert. Vidare er det potensial for å ta med livssyklusanalysar i rekneskapen (sjå til dømes Nistad mfl. 2023). Dette inkluderer mellom anna utslepp knytt til produksjon og bygging, slik at vi kan lage samla klimarekneskap for heile prosjektområdet.

Vidare utvikling av naturrekneskap i fin skala

Metoden er demonstrert ved å dokumentere endringar i eit landskap før og etter utbygging av ei hyttegrenn, men kan sjølvstendig tilpassast alle typar landskapsendringar, både for å forstå historiske endringar (arealrekneskap) og framtidige eller planlagde endringar (arealbudsjett; Aune-Lundberg mfl. 2023). I seinare prosjekt er det ønskeleg å breie ut og vidareutvikle metoden for lokale naturrekneskap i fin skala. Medan metoden vi har nytta for kartlegging av arealrekneskap for økosystem følgjer FN-standardten tett, er det i det vidare særleg trong for å utvikle operative indikatorar og kartleggingsmetodar for økologisk tilstand og naturgode. FN sin standard inneheld eit breitt tilfang av indikatorar både for økologisk tilstand og naturgode, men det vil vere særst ressurs- og kostnadskrevjande å nytte alle desse i fin skala. Vi testa fire enkle indikatorar for økologisk tilstand i Otrosåsen: grad av menneskeleg påverknad, førekomst av truga artar og naturtypar, samla artsrikdom for karplantar, og innslag av framande artar med høg økologisk risiko. Vi fann alle desse indikatorane nyttige kvar for seg, men vi har ikkje gjort ein systematisk samanstilling av indikatorane for økologisk tilstand vurdert opp mot ein referansetilstand, slik Nybø mfl. (2017), Czúcz mfl. (2021) og Framstad mfl. (2023) foreslår. Vi inkluderte berre eitt naturgode i utprøvinga: karbonopptak og -lagring i økosystema. Ein meir komplett rekneskap i fin skala bør inkludere fleire naturgode. Naturrekneskap kan synleggjere effektane av framtidige, planlagde landskapsendringar. Naturrekneskap som skil mellom situasjonen no og i framtida, kan då inngå som eit verdifullt supplement til ei planskildring, eller inngå i ein tradisjonell konsekvensutgreiing, og tilføre systematikk til slike vurderingar. Finskala naturrekneskap for framtidige situasjonar vil vere av interesse når datagrunnlaget for naturrekneskap i grov skala, slik myndigheitene truleg vil tilby (Miljødirektoratet 2023b), ikkje er tilstrekkeleg for å vurdere konsekvensane av eit planforslag. I høve der naturrekneskap for framtidige situasjonar inngår som ein del av ei konsekvensutgreiing, må det avklarast kva naturgode som skal inngå i rekneskapen, og kva naturgode som skal dekkast av andre tematiske utgreiingar som landskapsoppleving og friluftsliv. Fleire sentrale naturgode som reknast som kunnskaps- og opplevingsstenester, er i dag vanlegvis inkluderte i planskildringar og konsekvensutgreiingar under tema som friluftsliv, landskap og kulturmiljø (Statens vegvesen 2021, Miljødirektoratet 2023a). Hausting av naturressursar, som er forsyande naturgode, utgreiast oftast under tema som jordbruk, reindrift, utmarksbeite, jakt, fiske samt uttak og bruk av vann og mineralressursar (Statens vegvesen 2021).

I tillegg til dei tre biofysiske rekneskapane (arealutbreiing, tilstand og forsyning og bruk av naturgode) er det òg mogleg å lage to økonomiske rekneskap: eit for økonomisk verdi av naturgode, og eit for naturkapital. Vi har ikkje prøvd ut dette i Otrosåsen, men tilrår at

dette prøvast ut i nye prosjekt. Kva indikatorar og kva tema som bør inngå i naturrekneskap i fin skala, bør vere gjenstand for breie diskusjonar som inkluderer fleire fagmiljø og fleire aktørar i planprosessane. Vurderingane her vil også avhenge av kvaliteten på dei grovare rekneskapane som skal utarbeidast av myndigheitene (Miljødirektoratet 2023b). Val av indikatorar må tilpassast føremålet med analyseoppgåva. Når naturrekneskap skal nyttast som grunnlag for å vurdere konkrete planar og tiltak, som eit supplement eller eit alternativ til planskildringar eller konsekvensutgreiingar, foreslår vi at følgande komponentar bør inngå i ein naturrekneskap i fin skala:

Avgrensing

- Eit klart definert analyseområde som samsvarar med influensområdet til eit planlagt utbyggingsprosjekt.

Arealrekneskap for økosystem

- Arealrekneskap for økosystem basert på eit veldefinert typesystem som er eigna til å kartlegge *all* natur heildekkande i analyseområdet, inkludert både lite endra (naturlege), seminaturlege og sterkt endra natursystem (til dømes hovudtypar av natursystem i NiN).

Økologisk tilstand

- Kartlegging av grad av menneskeleg påverknad i ulike delar av analyseområdet.
- Måling av økologisk tilstand i naturtypane (økosystema) i analyseområdet, ved bruk av eit knippe meiningsfulle, pålitelege og presise indikatorar som er relevante for kartlegging i fin skala. Indikatorane bør til saman fange opp viktige sider ved «helsetilstanden» til økosystema, vurdert opp mot ein referansetilstand som må definerast ut frå føresetnadene i analyseområdet.
- Samanstilling av kunnskap om forvaltningsrelevant natur (f.eks. truga naturtypar eller naturtypar med sentrale økosystemfunksjonar).

Rekneskap over naturgode der dette ikkje er omfatta av separate utgreiingar eller rekneskap

- Avklaring av overlapping med tradisjonelle tema i konsekvensutgreiingar, som landskap, friluftsliv, kulturhistorie, nærmiljø, landbruk og naturressursar, for å sikre at desse er godt dekte i utgreiingane.
- Rekneskap for sentrale naturgode i analyseområdet som ikkje dekkast av andre utgreiingar (f.eks. karbonbinding i økosystema).

Aggregering og samanstilling

- Framstille ein samla rekneskap for dagens situasjon samt historiske og/eller planlagde framtidige endringar for tema som er vurdert.
- Eventuelt også aggregering til ein samla verdi for heile fagtemaet med ein transparent metode.

Ved å gjennomføre naturrekneskap etter standardiserte metodar vil det vere lettare for ein kommune, utbyggjar eller myndigheit å ta kunnskapsbaserte val, og å synleggjere alternative løysingar. Dokumentasjonen som ligg i ein naturrekneskap, er også godt eigna til å vise effekten av avbøtande tiltak, til dømes ved å stramme inn på arealbruk ved utbygging. For vurdering av framtidige og planlagde landskapsendringar og utbyggingstiltak bør rekneskapane følgjast av vurderingar av den moglege effekten av prosjektet, gjennom bruk av *tiltakshierarkiet* (Miljødirektoratet 2023a). Tiltakshierarkiet har fire nivå: 1) unngå,

2) minimere, 3) restaurere og 4) kompensere for tap av natur gjennom ulike plangrep og tilpassingar.

Kartlegginga i Otrosåsen vart gjennomført i eit relativt artsfattig område der vi ikkje fann naturverdiar av nasjonal eller regional forvaltingsinteresse. Resultata viser at vår tilnærming fangar opp eigenskapar ved naturen og funksjonar i økosystema som elles ikkje ville vore dokumenterte i ei vanleg konsekvensutgreiing eller planskildring. Tatt i bruk som del av planprossar, for å vurdere konsekvensane av framtidige landskapsendringar, skil metoden seg dermed frå metodikk nytta i konsekvensutgreiingar slik dei gjennomførast etter rettleiing frå Miljødirektoratet (2023a), ved at den gir meir kunnskap om «kvardagsnaturen». I konsekvensutgreiingar og nasjonale kartleggingsprogram vert det i hovudsak lagt vekt på kartlegging av sjeldsynt, spesiell og truga natur. Som heildekkande og systematisk geografisk analyse kan naturrekneskapen sjåast som ei fornying av ein fagtradisjon som går attende til 70-talet i Noreg (Edvardsen 2017), der målet er ei heilskapleg forståing av økologien og naturtilhøva i eit landskap. For vurdering av konsekvensutrekning av planlagde eller sannsynlege landskapsendringar trur vi at innføring av element frå naturrekneskapstilnærminga kan tilføre naudsynt systematikk og oversyn i konsekvensutgreiing og planskildring.

Konklusjon

I ei tid med store landskapsendringar og natur under press, men med globale mål om å ta vare på naturmangfald, er det naudsynt med betre kunnskap om verknader av landskapsendringar. Dette gjeld både historiske endringar og forventa effektar av framtidige planar og tiltak. Dømet som er vist her, viser at naturrekneskap for eit avgrensa område kan gjere det mogleg å sjå klima- og naturpåverknad frå utbyggingsprosjekt i samanheng. Vi meiner også at naturrekneskap som synleggjer forventa effektar av framtidige landskapsendringar, kan rette på fleire manglar ved dagens gjeldande praksis for konsekvensutgreiingar og planskildringar. For ei vellukka vidareutvikling av naturrekneskap i fin skala er det avgjerande at innhaldet i rekneskapane tilpassast tilhøva på staden og føremålet med plan- eller analyseoppgåvene.

Kjelder

- Artsdatabanken (2021). *Påvirkningsfaktorer*. Norsk rødliste for arter 2021. <https://www.artsdatabanken.no/roedlisteforarter2021/Resultater/Pavirkningsfaktorer> Nedlastet 03.01.2024.
- Artsdatabanken (2018). *Norsk rødliste for naturtyper 2018*. Hentet 03.01.2024 fra <https://www.artsdatabanken.no/roedlistefornaturtyper>
- Aslaksen, I., Bye, B., Garnåsjordet, P.A., Grimsrud, K., Randen, T.H.B., Rognerud, L.M., Rørholt, A. & Steinnes, M. (2023). Naturregnskap ser økonomi, klima og naturgoder i sammenheng. *Samfunnsøkonomen*, 2023(4), 39–51. <https://hdl.handle.net/11250/3096492>
- Aune-Lundberg, L., Fadnes, K. & Strand, G.-H. (2023). *Arealregnskap som kartgrunnlag og arbeidsmetode* (NIBIO Rapport 9(46)). <https://hdl.handle.net/11250/3059279>
- Bakkestuen, V., Venter, Z., Ganerød, A.J. & Framstad, E. (2023). Delineation of Wetland Areas in South Norway from Sentinel-2 Imagery and LiDAR Using TensorFlow, U-Net, and Google Earth Engine. *Remote Sensing* 15, 1203. <https://doi.org/10.3390/rs15051203>
- Bay-Larsen, I. (2014). Kunnskap i norsk miljøplanlegging – relevans, troverdighet og legitimitet. *Kart og Plan*, 107(4), 266–279.
- Blumentrath, S., Simensen, T., & Nowell, M. S. (2022). *Kartlegging av tomtereserver for fritidsbolig i Norge* NINA Rapport 2171. <https://hdl.handle.net/11250/3027391>
- Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (red.) 2016. *Peatland restoration and ecosystem services*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Bratli, H., Halvorsen, R., Bryn, A., Arnesen, G., Bendiksen, E., Jordal, J.B., Svalheim, E.J., Vandvik, V., Velle, L.G., Øien, D.-I. & Aarrestad, P.A. (2022). *Beskrivelse av kartleggingsenheter i målestokk 1:5000 etter NiN versjon 2.3*. Natur i Norge (NiN) Kartleggingsveileder: 4 (utgave 2): 1–413. [https://www.artsdatabanken.no/Files/42420/Veileder_med_beskrivelser_av_kartleggingsenheter_etter_NiN_\(2.3\)_i_m_lestokk_1_5000.pdf](https://www.artsdatabanken.no/Files/42420/Veileder_med_beskrivelser_av_kartleggingsenheter_etter_NiN_(2.3)_i_m_lestokk_1_5000.pdf)
- Brendehaug, E., Groven, K., Selseng, T. & Aall, C. (2021). *Samspeleffektar i lokal miljø- og klimapolitikk. Synergier og konflikter ved tiltak for reduksjon av klimagassutslepp, varetaking av biologisk mangfold, klimatilpassing og energiomstilling*. Vestlandsforskning-rapport nr. 4-2021. <https://www.ks.no/contentassets/13805bfa2b74404a85620b3c7ca7ba41/VF-Rapport-4-2021-Sampel.pdf>
- Bryn, A., Andersen, G.S., Bekkby, T., Bratli, H., Dervo, B., Dolan, M., Halvorsen, R., Haugland, B.T., Horvath, P., Naas, A.E., van Soon, T., Thormar, J., Wollan, A.K. & Zink, P. (2023). *Hovedveileder for feltbasert kartlegging*. Terrestrisk, limnisk og marin naturvariasjon etter NiN (3.0)
- Bryn, A., Strand, G.-H., Angeloff, M. & Rekdal, Y. (2018). Land cover in Norway based on an area frame survey of vegetation types. *Norwegian Journal of Geography* 72, 131–145.
- CBD (2022). *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>
- Cretois, B., Fandrem, M. & Kyrkjeeide, M.O. (2022). Peatland volume and carbon stock to support area planners and decision makers (v.0.1.0-alpha). *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7248087>
- Czúcz, B., Keith, H., Maes, J., Driver, A., Jackson, B., Nicholson, E., Kiss, M. & Obst, C. (2021). Selection criteria for ecosystem condition indicators. *Ecological Indicators*, 133, 108376. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108376>
- Dahlstrøm, O.A., Rønnevik, J.S., Fugleseth, M., Raabe, E.B., Sandberg, H.M. & Hammervold, J. (2023). *Dokumentasjon VegLCA v5. 12B*. AsplanViak.
- Edwardsen, A., Halvorsen, R., Bratli, H., Bryn, A., Dervo, B., Erikstad, L., Horvath, P., Simensen, T., Skarpaas, O., van Son, T.C. & Wollan, A. K. (2024). *Natur i Norge. Variasjon satt i system*. Universitetsforlaget.
- Edwardsen, M. (2017). Arealplanfagets utvikling ved universitetet på Ås (NMBU). *Kart og Plan*, 77, 183–199.
- Erikstad, L. & Lindblom, I. (2014). Landskap, en arena for tverrfaglige utredninger. I: Holth, F. & Winge, N.K. (red.), *Konsekvensutredninger: rettsregler, praksis og samfunnsvirkninger*. Universitetsforlaget.
- FN (2021). *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. White Cover. Available at: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
- Foss, O., Moen, B. & Strand, A. (1999). Romeriksporten, Gråfjellet og Bjørvika – en fjær i hatten for konsekvensutredninger etter plan- og bygningsloven? *Regionale trender*, 1999(1).
- Framstad, E., Czúcz, B., Schartau, A.K., Simensen, T., Nybø, S. & Sandvik, H. (2023). *Naturregnskap og økologisk tilstand. Samsvar mellom fagsystemet for økologisk tilstand, vannforskriften, FNs rammeverk og EUs forslag til naturregnskap*. NINA Rapport 2327. <https://hdl.handle.net/11250/3104185>
- Griscom, B.W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R.A., Lomax, G., Miteva, D.A., Schlesinger, W.H., Shoch, D., Siikamäki, J.V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R.T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M.R., ... Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114, 11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Haddaway, N.R., Bethel, A., Dicks, L.V., Koricheva, J., Macura, B., Petrokofsky, G., Pullin, A.S., Savilaakso, S. & Stewart, G.B. (2020). Eight problems with literature reviews and how to fix them. *Nature Ecology & Evolution*. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01295-x>
- Halvorsen, R., Skarpaas, O., Bryn, A., Bratli, H., Erikstad, L., Simensen, T. & Lieungh, E. (2020). Towards a systematics of ecodiversity: The EcoSyst framework. *Global Ecology and Biogeography*, 29(11), 1887–1906. <https://doi.org/10.1111/geb.13164>
- Hein, L., Bagstad, K.J., Obst, C., Edens, B., Schenau, S., Castillo, G., Soulard, F., Brown, C., Driver, A., Bordt, M., Steurer, A., Harris, R. & Caparros, A. (2020). Progress in natural capital accounting for ecosystems

- Global statistical standards are being developed. *Science*, 367(6477), 514. <https://doi.org/10.1126/science.aaz8901>
- Horvath, P., Nilsen, A.B. & Bryn, A. (2019). *Oppsett og tilrettelegging av QGIS for NiN naturtypekartlegging*. Naturhistorisk museum, rapport 83: 1–20. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-77333>
- Høitomt, T., Olberg, S. & Thylén, A. (2022). *Artskartlegging som del av konsekvensutredninger etter Plan- og bygningsloven*. Biofokus-rapport 2022-038. Stiftelsen Biofokus. Oslo.
- Haagensen, T. (2019). Nesten 5 000 nye hytter i året. Henta 26.9. 2023 frå Statistisk sentralbyrå <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/nesten-5-000-nye-hytter-i-aret>
- 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*. Brondizio, E.S., J. Settele, S. Díaz & H.T. Ngo (red.). IPBES secretariat. <https://ipbes.net/global-assessment>
- IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 s., <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Kyrkjeeide, M.O., Fandrem, M., Kolstad, A.L., Bartlett, J., Cretois, B. & Silvennoinen, H.M. (2023). A calculator for local peatland volume and carbon stock to support area planners and decision makers. *Carbon Management* 14-1: 1–10. <https://doi.org/10.1080/17583004.2023.2267018>
- Langdalen, E. (1970). Naturvern og arealplanlegging. *Kart og Plan*, 62(2), 113–124.
- Lie, O. (1982). Norges Torvressurser. – *Jord og Myr* 6, 127–133. <http://hdl.handle.net/11250/2489297>
- Lyngstad, A., Simensen, T. & Kyrkjeeide, M.O. (2023). *Naturekneskap for ei hyttegrennd. Otrøsaen på Hovden i Bykle kommune*. NINA Rapport 2354. Norsk institutt for naturforskning. <https://hdl.handle.net/11250/3103075>
- Magnan, G., Garneau, M., Beaulne, J., Lavoie, M., Pellerin, S., Perrier, L., Richard, P.J.H. & Sanderson, N. (2023). A simple field method for estimating the mass of organic carbon stored in undisturbed wetland soils. *Mires and Peat*, Volume 29 (2023), Article 08, 13 s. <https://doi.org/10.19189/MaP.2022.SNPG.Sc.1818931>
- Miljødirektoratet (2020). Basiskartlegging av verneområder. Oppdragsbeskrivelser fra og med 2010. Miljødirektoratet upublisert notat. 28 s.
- Miljødirektoratet (2023a). *Konsekvensutredning av klima og miljø*. Veileder | M-1941. <https://www.miljodirektoratet.no/konsekvensutredninger>
- Miljødirektoratet (2023b). Etablering av naturregnskap i Norge. Eksisterende data og utviklingsbehov i møte med internasjonale standarder og krav. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/oktober-2023/etablering-av-naturregnskap/>
- Miljødirektoratet (2023c). Beregne effekt av ulike klimatiltak. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>
- Miljødirektoratet (2024). *Kartleggingsinstruks. Kartlegging av terrestriske Naturtyper etter NiN2*. Veileder M-2209: 1–409. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/januar/kartleggingsinstruks-kartlegging-av-terrestriske-naturtyper-etter-nin/>
- Moen, A. (1998). *Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon*. Statens kartverk.
- Moen, A., Lyngstad, A. & Øien, D.-I. (2017). Norway. I: Joosten, H., Tanneberger, F. & Moen, A. (eds.), *Mires and peatlands of Europe*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, s. 536–548.
- Muhrman, A.M., Rørstad, P.K. & Colman, J.E. (2021). Økokontoer og arealbanker i kommunal natur-og arealforvaltning. *Kart og Plan*, 114(01-02), 55–73. <https://doi.org/10.18261/issn.2535-6003-2021-01-02-05>
- Multiconsult (2021). *Evaluering av konsekvensutredninger etter kapittel 5 i forskrift om konsekvensutredninger*. Rapport 10220344-01-TVF-TVF-RAP-01.
- Naturmangfoldloven (2009). *Lov om forvaltning av naturens mangfold*. LOV-2009-06-19-100 <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100>
- NGU (2023). *Geologiske kart*. Norges geologiske undersøkelse. <https://www.ngu.no/geologiske-kart>

- NIBIO (2023). *Kilden. Arealinformasjon*. <https://kilden.nibio.no/>
- Nistad, A.A., Onarheim, S., Bugge, L., Saunders, J., Aakre, J., Andvik, O.D. & Edvardse, F. (2023). *Grønt hytte-liv. Klimagassutslipp knyttet til bygging og bruk av fritidsboliger i Kvam, Voss og Eidfjord kommuner*. Asplan Viak-rapport. Oppdragsnummer: 638774-01.
- NOU (2013). Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester. Norges offentlige utredninger 2013: 10: 1–430.
- Nybø, S., Arneberg, P., Framstad, E., Ims, R.E., Lyngstad, A., Schartau, A.K., Sickel, H., Sverdrup-Thygeson, A. & Vandvik, V. (2017). *Fagsystem for Fastsetting av god økologisk tilstand – Forslag fra et ekspertråd*. Ekspertrådet for Økologisk Tilstand.
- Plan- og bygningsloven (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling*. LOV-2008-06-27-71 <https://lov.data.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- Potschin, M.B. & Haines-Young, R.H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 35(5), 575–594. <https://doi.org/10.1177/0309133311423172>
- Raduła, M.W., Szymura, T.H. & Szymura, M. (2018). Topographic wetness index explains soil moisture better than bioindication with Ellenberg's indicator values. *Ecological Indicators*, 85, 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.011>
- R Core Team (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rusch, G.M., Bartlett, J., Kyrkjeeide, M.O., Lein, U., Nordén, J., Sandvik, H., & Stokland, H. (2022). A joint climate and nature cure: A transformative change perspective. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01679-8>
- Simensen, T., A'Campo, W., Atakan, A., Eirik, H.J., Aune-Lundberg, L., Vagnildhaug, A., Kristensen, Ø. & Lindaas, G.O. (2023). *Planlagt utbyggingsareal i Norge. Identifisering av mulig framtidig utbyggingsareal i kommunale arealplaner etter plan- og bygningsloven*. NINA Rapport 2310. Norsk institutt for naturforskning, <https://hdl.handle.net/11250/3085779>
- Simensen, T., Winge, N.K., Holth, F., Stange, E., Barton, D.N., & Hanssen, G. S. (2022). *Bærekraftig arealbruk innenfor rammen av lokalt selvstyre*. KS FOU-rapport. <https://www.ks.no/link/2561e10de6bb4619be2c2a71aface88b.aspx>
- Statens vegvesen (2021). *Konsekvensanalyser. Veiledning*. Håndbok V712. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v712-konsekvensanalyser-2021.pdf>
- Strand, G.-H., Steinnes, M., Arneberg, E., Lund, M., Munsterhjelm, N., Aune-Lundberg, L. & Rørholt, A. (2024). *Grunnkart for bruk i arealregnskap*. NIBIO rapport, vol. 10, nr. 28. <https://hdl.handle.net/11250/3120510>
- Turner, B.L., Lambin, E.F. & Verburg, P.H. (2021). From land-use/land-cover to land system science. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01510-4>
- UNEP (2022). Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Summary for Policy Makers. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Willis, K.J., Jeffers, E.S., Tovar, C., Long, P.R., Caithness, N., Smit, M.G.D., Hagemann, R., Collin-Hansen, C. & Weissenberger, J. (2012). Determining the ecological value of land-scapes beyond protected areas. *Biological Conservation*, 147(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.001>
- Yu, Z. (2012). Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences* 9, 4071–4085.
- Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A. & Moen, A. (2017). *Utfasing av torvuttak i Norge – effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester*. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017–6: 1–39.
- Aas, Ø. (2019). Økt legitimitet til konsekvensutredninger i Norge – Kan økt bevissthet om organisering og endrede roller styrke tilliten til ordningen?. I: H. Ingierd, I. Bay-Larsen & K. Hiis Hauge (red.), *Interessekonflikter i forskning* (s. 177–189). Oslo: Cappelen Damm Akademisk. <https://doi.org/10.23865/noasp.63.ch8>