

Karbonlagring i naturbeitemark som klimatililtak

Publisert: 11/12/2023

Av Iulie Aslaksen og Ann Norderhaug



Beite på naturbeitemark/utmark kan bidra til karbonlagring i jord. Mye tyder på at beitemark som har stort karbonlagringspotensiale også har høyt biologisk mangfold. For å kunne ta hensyn til dette i norsk klima- og miljøpolitikk trenger vi bl.a. mer data om karbonlagring i naturbeitemark under norske forhold.

1.

Samspeillet mellom grasmarksøkologi og jordbrukspraksis

Det er behov for å supplere anbefalingene for klimatililtak som ble gitt i Klimakur (Miljødirektoratet 2020) med en Naturkur med fokus på opprettholdelse av biologisk mangfold og andre økosystemtjenester.

2.

Moderat beitetrykk

Flere studier viser at «optimalisering» av skjøtselen, med optimalt/moderat antall beitedyr og flytting av beitedyr for å unngå overbeite, medfører økt karbonlagring.

3.

Økosystemregnskap

Økosystemregnskapet omfatter et arealregnskap og et regnskap for naturverdier. Økosystemregnskapet kan brukes til å sammenstille kunnskap om hvordan økosystemtjenestene påvirkes av ulike tiltak. Dette kan styrke kunnskapsgrunnlaget for avveining mellom ulike mål.

Karbonlagring i naturbeitemark som klimaatiltak

Beite på naturbeitemark/utmark kan bidra til karbonlagring i jord. Mye tyder på at beitemark som har stort karbonlagringspotensiale også har høyt biologisk mangfold. For å kunne ta hensyn til dette i norsk klima- og miljøpolitikk trenger vi bl.a. mer data om karbonlagring i naturbeitemark under *norske forhold*. Vi peker her på noen politikimplikasjoner og behov for kunnskap, som bygger på artikkelen *Carbon sequestration potential and the multiple functions of Nordic grasslands* (Norderhaug et al. 2023).

Innledning

Beite på naturbeitemark og i utmark kan bidra til karbonlagring i jord. Dette har hittil ikke vært vektlagt i klimasammenheng som tiltak for å redusere nettutslipp fra jordbruks- og skogbrukssektoren. Arealbrukskategorien *Grassland* er nylig utvidet og omfatter nå både intensivt (innmark) og ekstensivt drevet (utmark) grasmark. Vi har imidlertid ikke nok data til å lage gode anslag for karbonlagring i naturbeitemark/utmarksbeite for norske forhold, og karbonbeholdningen i eng underestimeres ofte (Kyrkjeeide m. fl. 2020). Dermed vil for eksempel tiltak for å redusere antall drøvtyggere og produsere mindre rødt kjøtt, eller tiltak for å plante skog på gamle naturbeiteområder, kunne bli for høyt vektlagt i klimapolitikken.

Internasjonalt er det en voksende faglitteratur om karbonlagring i jord. Den viser at grasmark er viktige karbonlager (Bai & Cotrufo 2022, FAO 2017, Lorenz og Lal 2018, Chang et al. 2015, Chang et al. 2016). Forskning tyder også på at potensialet for karbonlagring er større for permanent beitemark enn for åkerarealer som er forstyrret gjennom bearbeiding (Poeplau et al. 2011). Karbonlagringskapasiteten er imidlertid begrenset og reguleres av en balanse mellom lagring og frigjøring av karbon (Garnett et al. 2017). Godde et al. (2020) peker også på at potensialet for karbonlagring avhenger av miljøfaktorer og varierer sterkt mellom regioner. En studie fra middelhavsområdet etterlyser en strategisk plan for å måle jordkarbon i grasmark (Aguilera et al. 2021). Studier fra Norsk institutt for naturforskning (NINA) viser at naturbeitemark og andre norske økosystemer er svært viktige for karbonlagring (Kyrkjeeide m. fl. 2020, Bartlett m. fl. 2020, Rusch m. fl. 2022). Redusert beitetrykk og gjengroing kan resultere i betydelige utslipp av karbon (Garnett et al. 2017).

Både rapporten fra naturpanelet (IPBES 2019) og rapporter fra klimapanelet (IPCC 2019, IPCC 2022) understreker betydningen av å opprettholde biologisk

mangfold for å motvirke uheldige effekter av klimaendringer. Flere forskningsprosjekter viser i tillegg at biologisk mangfold kan øke karbonlagring i jord (Bai & Cotrufo 2022). Artsrik naturbeitemark kan med andre ord ha et betydelig karbonlagringspotensial og derved også spille en viktig rolle i arbeidet for å motvirke klimaforandringer. Slike synergier mellom mål for klima- og biologisk mangfoldarbeidet burde få implikasjoner for videre forskning og politikk. For å kunne ta hensyn til dette i norsk klima- og miljøpolitikk trenger vi både mer data om karbonlagring i naturbeitemark/utmark under *norske forhold* (Rasse m. fl. 2019) og kvantitativ kunnskap for å belyse avveiningene mellom ulike tiltak for å nå klimamål og tiltak for å motvirke klimakrisen og naturkrisen. Vi peker på økosystemregnskap som en lovende metode. Vi peker også på noen politikkimplikasjoner om videre prosesser og behov for kunnskap, som bygger på artikkelen *Carbon sequestration potential and the multiple functions of Nordic grasslands* (Norderhaug et al. 2023).

Klimatiltak i konflikt

Klimapolitikken legger stor vekt på å redusere utslipp fra beitedyr. Beiting vil imidlertid også kunne ha positive effekter på klimaet ved å opprettholde karbonlager i grasmarker og ved å bidra til karbonlagring i jord. Forskning fra Sahel, omtalt i IPCC rapporten, viser at ekstensivt nomadisk beite i mosaikklandskap med permanent/naturlig/semi-naturlig grasmark kan være karbonnøytralt sammenliknet med annet husdyrhold (Assouma et al. 2019). En studie av Bellarby et al. (2013) viser også at karbonopptak i naturlig og semi-naturlig grasmark kan motvirke utslipp fra beitedyr.

I internasjonale studier om grasmark og karbonlagring framheves noen kjennetegn ved de typer grasmark, som kan ha stort potensial for lagring av karbon i jord. Dette er utdypet i Norderhaug et al. (2023) med referanser til faglitteratur, og her kort oppsummert som kjennetegn som også karakteriserer naturbeitemark:

- ***Velutviklet rotsystem og relativt mer biomasse under jorda:*** Planter i grasmark har tilpasset seg beite og slått ved at relativt mer av biomassen består av røttene i jorda, istedenfor i planten over jorda. Sammenliknet med trær har planter i grasmark i gjennomsnitt ti ganger mer biomasse i jorda enn over jorda. I grasmark lagres karbon i jorda ofte først og fremst via grasrøttene. Karbonlager i dypere jordlag, hvor nedbryting av karbon er langsommere, er ofte særlig stabile.
- ***Høyt biologisk mangfold over og under jorda:*** Biologisk mangfold øker karbonlagring i jord. Biologisk mangfold over og i jorda påvirker hverandre. Artsrik sopprot (mykorrhiza) kan for eksempel øke mangfoldet av planter i grasmark. Sammenheng mellom biologisk mangfold i og over jord er imidlertid ikke helt klarlagt.

- **Symbiose med mykorrhiza:** De fleste grasmarksplanter lever i symbiose med sopprot (arbuskulær mykorrhiza). Karbon kan via mykorrhiza effektivt transporteres fra planten til jord. Mykorrhiza kan også medvirke til forbedret jordstruktur. Selv om nettoeffekten av mykorrhiza på karbonlagring i jord ikke er klarlagt, har mykorrhiza trolig en positiv langtidseffekt på karbonlagring i grasmark, særlig i dypere jordlag.

I internasjonal klimarapportering belastes jordbrukssektoren med alle utslipp fra beitedyr. Karbonlagring i innmark og i naturbeitemark/utmarksbeite inngår i arealbrukssektoren, ikke som motpost i jordbrukssektoren. Det er heller ingen motpost for at beitedyr holder landskapet åpent og bidrar til høyere albedo, ved at lys grasmark reflekterer mer sollys enn mørk skog. Bonan et al. (2008) peker på at albedo kan ha betydelig klimaeffekt på nordlige breddegrader.

Det er stort fokus på mindre forbruk av rødt kjøtt som klimatiltak. Vi spiser mer kjøtt når vi blir rikere, og et overdrevet kjøttforbruk på bekostning av allsidig kosthold er ugunstig for helsen. Imidlertid har ikke alle grupper i samfunnet et for høyt kjøttforbruk, og det er trolig store individuelle variasjoner. Forbruk av rødt kjøtt, som en uddifferensiert vare, er derfor ikke egnet som klimaomstillingsindikator. Det er også viktig å være klar over at redusert kjøttforbruk ikke nødvendigvis betyr redusert antall beitedyr og dermed redusert metanutslipp. Kjøttforbruket i Norge omtrent doblet seg fra 1950-tallet til 2010 (Helsedirektoratet 2023). Antallet beitedyr i utmarka var imidlertid mange ganger så stort i 1950 sammenlignet med i dag (Austrheim et al. 2008) fordi ytelsen per dyr den gangen var langt lavere enn nå og fordi utmarka hadde en stor ressursverdi. Data om kjøttforbruk i klimasammenheng bør derfor suppleres med kunnskap om hvordan og hvor kjøttet er produsert, og hvor mye beitingen bidrar til karbonlagring og opprettholdelse av karbonlager i jord og til albedo.

I Norge er det store arealer med naturbeitemark/utmarksbeite. Bare om lag 4 prosent av landarealet i Norge er dyrket mark, mens 45 prosent av landarealet er potensielt utmarksbeite (Rekdal og Angeloff 2021). I Norge har produksjon av melk, melkeprodukter og kjøtt i tusener av år vært basert på utmarksressurser. Utmarksbeite spiller fortsatt en viktig rolle for jordbruket i store deler av vårt land og for framtidig matsikkerhet (Nordisk ministerråd 2017). Bruk av utmarksbeite nyttiggjør lokale planteressurser og inngår dermed i et naturlig kretsløp i en sirkulærøkonomi. I utarbeidelsen av nye kostholdsråd for Norden (Nordic Nutrition Recommendations 2023), som anbefaler redusert kjøttforbruk på grunn av klimakrisen, er dette imidlertid ikke vektlagt i bærekraftberegningene.

Naturbeitemark er viktig for biologisk mangfold

Naturbeitemark og slåttemark (såkalt semi-naturlig eng) er viktig for biologisk mangfold (Norderhaug et al. 2010). 29 prosent av de norske rødlistearterne er knyttet til de semi-naturlige naturtypene (Artsdatabanken 2021). Både i Norge og ellers i Europa har arealet av semi-naturlige naturtyper blitt betydelig redusert som følge av arealbruksendring, først og fremst ved gjengroing, men også på grunn av intensivering av jordbruket. Dette har i sin tur ført til stadig økende antall trua arter (Bignal og McCracken 1996, Pykäla 2007). Slåttemark som skjøttes i Norge i dag utgjør bare ca. 1 % av arealet som ble brukt for femti år siden (Hovstad et al. 2018). Også naturbeitemark/utmarksbeite har gått sterkt tilbake, men fortsatt beiter ca. 2 millioner husdyr i utmark mer enn 5 uker (Statistisk sentralbyrå 2021). Til tross for ulike tiltak for å ivareta semi-naturlige naturtyper, viser imidlertid Naturindeks for Norge at trenden for biologisk mangfold knyttet til semi-naturlige naturtyper fortsatt er negativ (Jakobsson og Pedersen (red.) 2020). For å følge opp naturavtalen fra FN's biomangfoldkonferanse COP15 i Montreal i desember 2022 og stoppe tap av biologisk mangfold, må Norge derfor bl.a. forhindre gjengroing og få ut flere dyr på beite i naturbeitemark/utmark.

Konflikt mellom klimatiltak og ivaretagelse av biologisk mangfold

I mange land oppfordrer myndighetene til skogplanting som klimatiltak. Dette tiltaket er blitt kritisert fordi det ofte medfører tap av biologisk mangfold og fordi klimanytten sett i forhold til tap av naturmangfold ikke er klarlagt (Veldman et al. 2019, Luysaert et al. 2018, Burrascano et al. 2016). I Norge gjøres tilplantingen i hovedsak på gammel naturbeitemark. Det reduserer det biologiske mangfoldet (Dahlberg et al. 2013) samtidig som det ikke nødvendigvis medfører økt jordkarbonlager (Poeplau et al. 2011). En norsk studie viser at treplanting på beitemark ikke ga større karbonlager i jorda, selv 50 år etter planting (Strand et al. 2020).

Politikkimplikasjoner og konklusjon

Klimapolitikken har lenge og i stor grad sett bort fra potensialet for karbonlagring i jord (Paustian et al. 2016) og muligheten for f.eks. å redusere netto-klimautslipp fra beitedyr/beitemark ved å inkludere den. Data fra Norges klimagassregnskap for utslipp og opptak av klimagasser i arealbrukssektoren, fordelt på arealbrukskategorier, viser at skog er den arealbrukskategorien som har størst netto opptak (Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå, NIBIO 2023, s. 2–42, figur 2.22). Det er beregnet endring i karbonbeholdning i levende biomasse, død ved, strø, mineraljord og organisk jord. I tillegg er utslipp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O) beregnet. Beregningene for kategorien *Grassland* viser forsvinnende lite netto opptak, og kategorien har hatt netto utslipp de siste årene. Denne arealbrukskategorien omfattet tidligere bare overflatedyrka eng og innmarksbeite (*intensive grassland*), men ble nylig utvidet slik at nå også *extensive grassland*, dvs. utmarksbeite, med kategoriene snaumark, annet tresatt areal og lyngheilandskapet inngår. Imidlertid mangler det systematiske norske data for karbonlagring i ulike typer naturbeitemark/utmarksbeite. Det trengs systematisk måling av jordkarbon i områder som er representative for ulike naturtyper i utmark. Karbonmåling må foretas også i dype jordlag (Ward et al. 2016). En av de få studiene som er gjennomført i Norge av fjellbeite viste at det er større karbonlager i jord i grasmark enn i vierkratt og hei (Sørensen et al. 2018).

Studier av grasmark viser at skjøtsel, som beite, jordbearbeiding og gjødsling, har stor betydning for karbonlagring og biologisk mangfold. Flere forskere peker på behovet for å studere hvordan karbonlager i jord avhenger av arealforvaltning og jordbrukspraksis, med data fra målinger på ulike skala, på gårdsnivå og regionalt (Smith et al. 2019). Blant annet er det vist at beite stimulerer lagring av jordkarbon, gjennom økt vekst i plantenes røtter når bladene blir fjernet, men effekten varierer med beite-intensitet og miljøfaktorer (McSherry og Ritchie 2013). Flere studier viser at «optimalisering» av skjøtselen, med optimalt/moderat antall beitedyr og flytting av beitedyr for å unngå overbeite, medfører økt karbonlagring (Teague og Kreuter 2020). Moderat beitetrykk er generelt også det beste for å opprettholde biologisk mangfold i naturbeitemark (Norderhaug et al. 1999).

Pløying av grasmark medfører tap av jordkarbon. Derimot vil etablering av grasmark på tidligere dyrka mark kunne medføre økende jordkarbonlager i mer enn 100 år og større økning i karbonlageret enn ved skogplanting på dyrka mark (Poeplau et al. 2011). Effekten av gjødsling på karbonlagring kan være forskjellig i forskjellige typer grasmark. Det øker plantenes biomasse og dermed opptak av karbon i jord (Karlton et al. 2010). Tilførsel av nitrogen og fosfor i grasmark påvirker imidlertid mikroorganismene i jorda (Leff et al. 2015), noe som i sin tur kan påvirke potensialet for karbonlagring. I semi-naturlig grasmark blir det biologiske mangfoldet redusert av gjødsling (Emanuelsson et al. 2009), noe som også kan svekke potensialet for karbonlagring.

Det er regionale forskjeller i samspillet mellom grasmarksøkologi og jordbrukspraksis, og det trengs mer kunnskap om samspillet under norske

forhold. Forskning viser at både redusert produksjon av rødt kjøtt og satsing på økt netto opptak av karbon i skog ved skogplanting på naturbeitemark, har store kostnader i form av redusert naturmangfold og økosystemtjenester. Det er derfor behov for å supplere anbefalingene for klimatiltak som ble gitt i Klimakur (Miljødirektoratet 2020) med en Naturkur (Bartlett et al. 2020) med fokus på opprettholdelse av biologisk mangfold og andre økosystemtjenester.

Det trengs en mer helhetlig vurdering av tiltak for å motvirke klimaforandringer og for å ivareta naturmangfold. FN har vedtatt en internasjonal statistisk standard for økosystemregnskap, System of Environmental-Economic Accounting Ecosystem Accounting (SEEA EA) (United Nations 2021). Det nyskapende ved SEEA EA er at det er arealbasert, dvs. naturkvaliteter er kartfestet.

Økosystemregnskapet omfatter et arealregnskap og et regnskap for naturverdier. Økosystemregnskapet kan brukes til å sammenstille kunnskap om hvordan økosystemtjenestene påvirkes av ulike tiltak. Dette kan styrke kunnskapsgrunnlaget for avveining mellom ulike mål, og gi grunnlag for helhetlig vurdering av økosystemtjenester (naturgoder) knyttet til forvaltning av for eksempel naturbeitemark, sammenliknet med klimatiltak som planting av klimaskog.

Naturbeitemark/utmarksbeite gir grunnlag for mange ulike økosystemtjenester. Økosystemtjenestene omfatter fôr, mat, matsikkerhet, naturmangfold, naturopplevelser og karbonlagring. For å vurdere naturbeitemarkens rolle i klimasammenheng trenger vi imidlertid mer kunnskap. Selv om det skulle vise seg at naturbeitemark ikke har så stor karbonlagringskapasitet, dekker de fortsatt store arealer og kan dermed likevel ha betydning for arbeidet med å forhindre og redusere klimaforandringene. Vi trenger også mer kunnskap om betydningen av grasmark for albedo. Slik kunnskap kan gi oss underlag for en bedre forvaltning av naturbeitemark/utmark med vektlegging på avveining og synergier i klimapolitikk, politikk for bevaring av naturmangfold og jordbrukspolitik.

Referanser

Aguilera, E. et al. 2021. Greenhouse gas emissions from Mediterranean agriculture: Evidence of unbalanced research efforts and knowledge gaps. *Global Environmental Change*, 69, 102319.

Artsdatabanken. 2021. Hvor finnes de truede artene? Norsk rødliste for arter 2021.

Assouma, M.H., et al., 2019: Contrasted seasonal balances in a Sahelian pastoral ecosystem result in a neutral annual carbon balance. *J. Arid Environ.*, 162, 62–73, doi:10.1016/j.jaridenv.2018.11.013

Austrheim, G., E. J. Solberg, A. Mysterud, M. Daverdin & R. Andersen. 2008. Hjortedyr og husdyr på beite i norsk utmark i perioden 1949–1999. NTNU Rapport Zoologisk serie 2008-2. https://www.ntnu.no/c/document_library/get_file?uuid=f7d41f25-d2c5-43ca-8114-a92dc544f9f5&groupId=10476

Bai, Y. and F. Cotrufo. 2022. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions, *Science*, 377, 6606, 603–608. DOI: 10.1126/science.abo2380

Bartlett, J., Rusch, G.M., Kyrkjeeide, M.O., Sandvik, H. & Nordén, J. 2020. Carbon storage in Norwegian ecosystems (revised edition). NINA Report 1774b. Norsk institutt for naturforskning.

Bellarby, J., R. Tirado, A. Leip, F. Weiss, J. P. Lesschen, and P. Smith. 2013. Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. *Global Change Biology*, 19:3–18.

Bignal, E.M. and McCracken, D.I. 1996. Low-intensity farming systems in the conservation of the countryside. *J. Appl. Ecol.*, 33: 413–424.

Bonan, G. B. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320, 5882, 1444–1449. DOI: 10.1126/science.1155121.

Burrascano, S., M. Chytr, T. Kuemmerle, E. Giarrizzo, S. Luysaert, F. M. Sabatini, and C. Blasi. 2016. Current European policies are unlikely to jointly foster carbon sequestration and protect biodiversity. *Biological Conservation* 201:370–376.

Chang, J., P. Ciais, N. Viovy, N. Vuichard, B. Sultan, J.-F. Soussana. 2015. The greenhouse gas balance of European grasslands. *Global Change Biology*, 21, 3748–3761.

Chang et al. 2016, Combining livestock production information, *Biogeosciences* 13, 3757–3776.

Dahlberg, A., Emanuelsson, U. og Norderhaug, A. 2013. Kulturmark og klima – en kunnskapsoversikt. DN utredning 7-2013. Direktoratet for naturforvaltning. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/dokumenter/horinger/dn-utredning_7-2013_net.pdf

Emanuelsson, U., M. Arding, M. Petersson. 2009. The Rural Landscapes of Europe: How Man has Shaped European Nature. Formas, Stockholm.

FAO 2017. Soil organic carbon: The hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ed16dbf7-b777-4d07-8790-798604fd490a/>

Garnett T, Godde C, Muller A, Rööös E, Smith P, de Boer IJM, zu Ermgassen E, Herrero M, van Middelaar

C, Schader C, van Zanten H (2017) Grazed and confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions. Food Climate Research Network (FCRN), Oxford Martin Programme on the Future of Food Environmental Change Institute, University of Oxford.

Godde, C.M., de Boer, I.J.M., Ermgassen, E.z., et al. 2020. Soil carbon sequestration in grazing systems: managing expectations. *Climatic Change* 161, 385–391. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02673-x>

Helsedirektoratet. 2023. Utviklingen i norsk kosthold 2022. Matforsyningsstatistikk. Rapport 01/2023. Publikasjonsnummer: IS-3061. <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold>

Hovstad, K. A., Johansen L., Arnesen, A., Svalheim, E. og Velle, L. G. 2018. Slåttemark, Semi-naturlig. Norsk rødliste for naturtyper 2018. Artsdatabanken, Trondheim. <https://artsdatabanken.no/RLN2018/76>

IPBES 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) <https://ipbes.net/global-assessment>

IPCC. 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/srcl/>

IPCC 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Jakobsson, S. & Pedersen, B. (red.) 2020. Naturindeks for Norge 2020. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold. NINA Rapport 1886. Norsk institutt for naturforskning.

Karlton, E. et al. 2010. Inlagring av kol i betesmark. Jordbruksverket. Rapport 2010:25. (Report in Swedish on carbon sequestration in semi-natural grasslands.)

Kyrkjeeide, M.O., Bartlett, J., Rusch, G., Sandvik, H. & Nordén, J. 2020. Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave). NINA Temahefte 76b. Norsk institutt for naturforskning.

Leff JW, Jones SE, Prober SM, Barberan A, Borer ET, Firn JL, Harpole WS, Hobbie SE, Hofmockel KS, Knops JMH, et al. 2015. Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands across the globe. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 112: 10967–10972.

Lorenz, K. and R. Lal. 2018. Carbon sequestration in agricultural ecosystems. Springer.

Luyssaert S, et al. 2018. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature*. 10 Oct; 562 (7726):259–262. doi: 10.1038/s41586-018-0577-1.

McSherry, M. E., and M.E. Ritchie, 2013. Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review. *Global Change Biology*, 19(5):1347–57.

Miljødirektoratet (2020): Klimakur 2030 – tiltak og virkemidler mot 2030, Rapport M-1625, Miljødirektoratet m. fl. M-1625/2020, Del A – Kapittel 7: Jordbruk. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf#page=207>

Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå og NIBIO. 2023. Greenhouse Gas Emissions 1990–2021: National Inventory Report. Miljødirektoratet rapport M-2507.

Norderhaug, A., Clemmensen, K.E., Kardol, P., Thorhallsdottir, A. G. & Aslaksen, I. 2023. Carbon sequestration potential and the multiple functions of Nordic grasslands. *Climatic Change* 176, 55. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03537-w>

Norderhaug, A., B. Bele, H. Bratli, O. Stabbetorp. 2020. Åpent lavland. Kapittel 5 i I: Nybø S. (red.). Naturindeks for Norge 2010. DN-utredning 3-2010. Direktoratet for naturforvaltning. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/dirnat2/attachment/1622/dn-utredning-3-2010_netty.pdf

Norderhaug, A., I. Austad, I. Hauge, M. Kvamme (red.). 1999. Skjøtselsboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker. Landbruksforlaget.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/dirnat2/attachment/636/1.pdf>

Nordic Nutrition Recommendations 2023. Norwegian Directorate of Health. Public consultation draft, March 31st, 2023. <https://www.helsedirektoratet.no/english/nordic-nutrition-recommendations-2022>

Nordisk ministerråd. 2017. Future Nordic Diets.

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S. et al. 2016. Climate-smart soils. *Nature* 532, 49–57.

Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., van Wesemael, B., Schumacher, J. & A. Gensior. 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*, 17:2415–2427, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x

Pykälä, J. 2007. Maintaining plant species richness by cattle grazing: mesic semi-natural grasslands as focal habitats. *Publications in Botany from the University of Helsinki*, no. 36.

Rasse, D. et al. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO Rapport 5 (36).

Rekdal, Y. og M. Angeloff. 2021. Arealrekneskap i utmark. *Utmarksbeite – ressursgrunnlag og beitebruk*. NIBIO-rapport;7(208) 2021. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2837610>

Rusch, G.M., Bartlett, J., Kyrkjeeide, M.O. et al. 2022. A joint climate and nature cure: A transformative change perspective. *Ambio* 51, 1459–1473. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01679-8>

Smith, P. et al. 2019. How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 26, 219–241.

Statistisk sentralbyrå 2021. Beitebruk og seterdrift. Forfattere: B. Bjørlo og A. I. Løvberget. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/beitebruk-og-seterdrift>

Strand, L. T., Fjellstad, W. Jackson-Blake, L., De Wit, H. A. 2020. Afforestation of a pasture in Norway did not result in higher soil carbon, 50 years after planting. *Landscape and Urban Planning*, 207 doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.104007

Sørensen, M.V., R. Strimbeck, K. O. Nystuen, R.E. Kapas, B.J Enquist, B.J Graae. 2018. Draining the pool? Carbon storage and fluxes in three alpine plant communities. *Ecosystems* 21, 316–330.

Teague R, Kreuter U. 2020. Managing Grazing to Restore Soil Health, Ecosystem Function, and Ecosystem Services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 157, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.534187>

United Nations 2021. System of Environmental Economic Accounting Ecosystem Accounting. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

Veldman JW, et al. 2019. Comment on “The global tree restoration potential”. *Science* 366 (6463): eaay7976. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.aay7976>

Ward, S. E. et al. 2016. Legacy effects of grassland management on soil carbon to depth. *Global Change Biology*, 22, 2929–2938.