

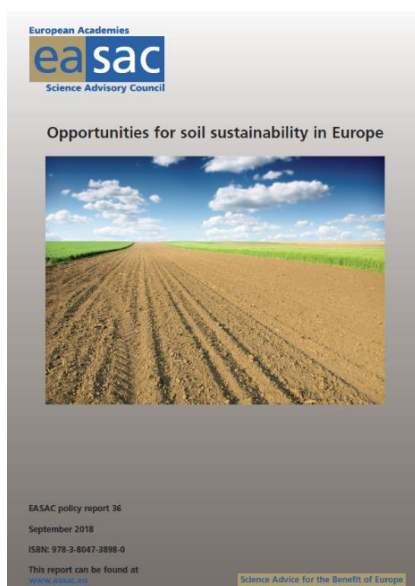
Jord: En ikke-fornybar ressurs!

Vegard Martinsen¹ Trine Aulstad Sogn¹, og Jan Mulder¹

¹Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Postboks 5003, 1432 Ås.

Bakgrunn

I sin rapport «Opportunities for soil sustainability in Europe» retter the European Academies' Science Advisory Council (EASAC, 2018) søkelyset på jord som en ikke-fornybar ressurs som spiller en nøkkelrolle i samfunnet. EASAC består av de nasjonale vitenskapsakademiene i EU, Sveits og Norge, som skal fremme vitenskapelig samarbeid og rådgivning mot europeiske beslutningstakere. Her trekker vi ut essensen av rapporten og ser på innholdet med norske øyne. Litteraturhenvisninger gis i tilfeller hvor det ikke siteres direkte fra EASAC (2018) rapporten (Fig. 1) og siteringer i denne. Kunnskapshull eller forskningsområder som er spesielt relevante for Norge, vil få særlig oppmerksomhet.



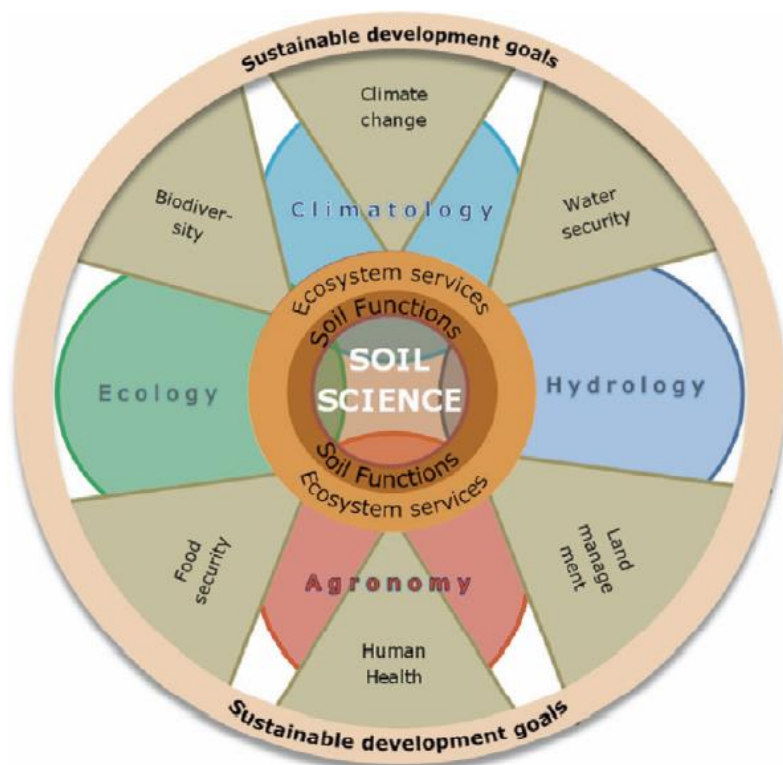
Figur 1. EASAC rapport 2018.

Internasjonalt har det vært et økende fokus på jord og viktigheten av jord som en ikke-fornybar ressurs, som vi er avhengige av for flere viktige menneskelige behov nevnt i FNs bærekraftsmål. I EU har det imidlertid ikke vært tilstrekkelig enighet mellom medlemslandene til å komme opp med et felles jorddirektiv og felles handlingsplan knyttet til bærekraftig bruk av jord som i dag ligger under EUs 7. miljøhandlingsprogram. Ulike synspunkt og trender i og utenfor EU førte til at EASAC besluttet å gjennomgå vitenskapelige arbeider for bedre å kunne dokumentere kunnskapsstatus om jordsmonnets rolle, sikre bærekraftig bruk av jord og vurdere implikasjoner for EUs politikk. Rapporten skal bidra til diskusjoner og beslutninger om politiske føringer og beskriver dagens status og utfordringer for jord i Europa. Rapporten ble lansert i Brussel 26. september 2018 og belyser samspillet mellom vitenskap og politikk innenfor hovedtemaene biologisk mangfold og jordas økosystemtjenester. Jordsmonnets rolle i bevaring av biologisk mangfold, samspill mellom jordbruk og matkvalitet, jordsmonnets sammenheng med menneskers, dyrs og planters helse, samt interaksjoner med klimaendringer tas opp. I den siste vitenskapelige vurderingen av jordens globale status publisert av Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2018) kommer det frem at forringelse av jordoverflaten globalt som følge av menneskelige aktiviteter påvirker velstanden negativt for minst 3.2 milliarder mennesker. Forringelse av naturlige og seminaturlige økosystemer svarer til 10% av det årlige globale bruttoproduktet og er en viktig faktor for økt migrasjon og økt konfliktnivå. Investeringer for å unngå jordforringelse, samt restaurering av allerede påvirkede arealer er økonomisk lønnsomt. Det er viktig å unngå, redusere og reversere jordforringelse for å møte FNs bærekraftsmål (FN, 2019). Viktigheten av kunnskap om jord og jordsmonnsprosesser har derfor aldri vært viktigere.

Jordsmonnets rolle og betydning for samfunnet

Jordsmonnets funksjon og økosystemtjenester (naturgoder)

Jordsmonnets egenskaper er viktige for mange grunnleggende goder vi får fra naturen (Fig. 2). Et samlebegrep for dette er økosystemtjenester eller naturgoder. Jordsmonnets funksjon refererer til egenskaper og prosesser i jorda som er viktige for bioproduksjon, klima og miljø, som direkte eller indirekte kan kobles mot menneskelig bruk og påvirkning på økosystemet. Ulike økosystemtjenester inkluderer støttende økosystemtjenester (f.eks. at jord er viktig for omsetning og lagring av næringsstoffer og at den er et vekstmedium for planter), regulerende økosystemtjenester (f.eks. at jord er et medium for rensing av vann og regulering av drivhusgasser), forsynende økosystemtjenester (f.eks. at jordas fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper indirekte eller direkte påvirker plantevekst, vasshusholdning og jordas bruksverdi til infrastruktur) og kulturelle økosystemtjenester (f.eks. jordsmonnets påvirkning på ulike naturtyper og kulturlandskap). Jordsmonnets betydning for de ulike økosystemtjenestene styres av et samspill mellom ulike jordsmonnsfunksjoner. Eksempelvis styres nedbrytning av organisk materiale av mikrober og små hvirvelløse dyr, som omdanner planteavfall og organisk materiale fra røtter til næringsstoffer som kan tas opp av planter. I denne prosessen forblir en del av karbonet i jorda, noe som reduserer nivået av atmosfærisk karbondioksid. Jordas potensial for å lagre karbon er avhengig av jordas struktur og tekstur, som påvirker binding og stabilisering av organisk materiale i tillegg til flukser av gasser og vann. Jordsmonnet er en viktig kilde for mikronæringsstoffer og sporstoffer som er essensielle i små mengder for å gi mennesker sunn mat. Økologiske prosesser i jorda påvirker jordbårne plantesykdommer og patogene organismer, som kan være negative for menneskenes helse. Jordas funksjoner og evne til å gi økosystemtjenester kan lett forringes som følge av forurensning, endring i arealbruk og endringer i klima (boks 1 og 2). For eksempel kan intensiveringen av arealbruk redusere jordens biologiske mangfold gjennom fysiske (tunge maskiner, pakkingskader) og kjemiske (plantevernmidler, overgjødsling) forstyrrelser, noe som forringer jordstruktur og biologisk aktivitet (f.eks. tap av bakterier, sopp og insekter). Konsekvenser av dette kan være redusert plantevekst og binding av karbon og økt erosjonsrisiko. I sin rapport har EASAC (2018) pekt på ulike trusler mot europeiske jordsmonn.



Figur 2. Betydning av jord for ulike vitenskapelige disipliner knyttet til realisering av FNs bærekraftsmål (SDG). Grå trekant viser SDG som er kritisk påvirket av jord, mens de fargede sirkelene viser ulike fagdisipliner hvor jord virker inn og bidrar til SDG. Figuren som er hentet fra EASAC rapporten (EASAC, 2018) viser at jord og jordprosesser står i sentrum for en rekke fagdisipliner og økosystemtjenester.

Trusler mot jordsmonn

Tap av organisk materiale og organisk karbon. Nesten halvparten av europeisk landbruksjord har lavt innhold av organisk materiale grunnet intensivt landbruk og endringer i klima (boks 1 og 2). Norsk jordsmonn skiller seg imidlertid fra land lenger sør ved at innholdet av organisk materiale er vesentlig høyere grunnet vårt kalde og våte klima. Områder hvor jordbruksproduksjon kombineres med bruk av husdyrgjødsel, kan være mindre følsomme for tap av organisk materiale, men vil øke risikoen for økt avrenning av næringsstoffer og dermed kontaminering av grunnvann og overflatevann. Forurensing av grunnvann har mindre betydning i Norge sammenlignet med andre europeiske land. I Norge vil økt avrenning først og fremst påvirke eutrofiering av ferskvann noe som vil være tilfellet uansett om avrenningen er i form av partikler (erosjon) eller som løste salter. Jordsmonn med et i utgangspunktet høyt innhold av organisk materiale er spesielt utsatt for tap som følge av jordarbeiding, drenering og endringer i klima (Riley and Bakkegard, 2006). Også skogsystemer taper karbon grunnet intensivt skogbruk og fjerning av hogstavfall. Myrområder er indentifisert som spesielt sårbare områder med tanke på tap av karbon som følge av økende temperatur og senket grunnvannsnivå. I myr er det lagret store mengder karbon fordi omdanningen av organisk materiale skjer langsomt ved vannmetning. Når temperaturen øker og vannet dreneres øker omsetningshastigheten av organisk materiale. Mikrobene respirer, slipper ut karbondioksid, og myra vil da bli en kilde til karbonutslipp, ikke lengre et sluk. I Norge fører særlig tradisjonell dyrking med rørgrofting eller profilering og uttak av torv til de største CO₂-utslippene per arealenhet ved inngrep i myr (Grønlund et al., 2010). Fortorving av dyrket mark grunnet dårlig vedlikehold av

drengrøfter kan være positivt for karbonlagring, men redusere produksjonspotensial og dermed matproduksjon i Norge (Bergslid, 2012; Cunningham et al., 2001). Høyt karboninnhold i jorden er derfor ikke ensbetydende med en «vinn-vinn» situasjon når man også ser på matproduksjonsaspektet.

Nedgang i jordas biodiversitet. Intensivt jord- og skogbruk reduserer jordens biologiske mangfold (boks 3) som følge av fysisk forstyrrelse (jordpakking), bruk av plantevernmidler, herbicider og mineralgjødsel. Dette reduserer jordas næringsinnhold og gjør jordsmonnet mer utsatt (mindre resilient) for klimatiske svingninger, og reduserer mengden organisk materiale i jorda.

Erosjon og jordskred. Ifølge Det europeiske miljøbyrået (EEA) er 16% av landarealet i Europa sårbart, spesielt utsatt, for erosjon. Økning i nedbørintensitet og vind kombinert med intensiv jordarbeiding og tap av jordstruktur antas å øke omfanget av jorderosjon. Tap av overflatejord medfører en vesentlig forringelse av jordkvaliteten og vil få konsekvenser for planteproduksjonen og kvalitet av overflatevann, samt forårsake økt sedimenttransport til vannreservoarer. Jordbearbeiding slik som pløying, samt bakkeplanering og fjerning av toppjord ved utbygging, øker risikoen for erosjon. Tap av jord som følge av erosjon medfører irreversible skader.

I Norge er omlag halvparten av jordbruksarealet kartlagt etter erosjonsrisiko og det har vært prioritert kartlegging av fylkene med størst fare for erosjon. Av det som er kartlagt kommer 21% i kategorien stor og meget stor erosjonsrisiko (>200 kg jord/daa og år) ved høstpløying (Bye et al., 2017). Sedimentprøver fra f.eks. Øyern viser at endringer i arealbruken som følge av endring i jordbruket har påvirket erosjon negativt (Øygarden et al., 2006). Hvordan og når jordarbeiding utføres er avgjørende på vannerosjon fra kornarealene i Norge (Lundekvam, 2002). Norsk landbruksforvaltning etablerte allerede i 1991 en støtteordning for at kornarealer ikke skulle pløyes om høsten med det resultat at ca 50 % av kornarealet etter dette overvintres som stubbåker. Bakkeplanering er veldig spesielt for Norge. I enkelte områder utgjør det store deler av dagens kornareal som f.eks. i Skedsmo kommune. Mange av planeringene som ble utført på 60 og 70 tallet er utført uten å ta hensyn til matjorda. Resultatet er et plogsjikt med veldig lite organisk materiale. Med ensidig korndyrking bygges det heller ikke opp noe organisk materiale og kvaliteten på denne jorda ser ikke ut til å bedre seg på sikt. Jordtapet på planert jord p.g.a. erosjon kan bli ekstremt høyt og mange ganger det som er nydanning av jord. Bruk av store hogstmaskiner og bygging av (midlertidige) skogsbilveier i bratte skråninger kan føre til erosjon og økt rasfare. Kjørerskader etter skogsdrift er ofte synlig i lang tid, men det finnes lite data om (langsiktige) effekter på skogs- og utmarksjord i Norge.

Pakkingsskader. Det finnes begrenset med dokumentasjon på jordpakking i Europa dels fordi det er vanskelig og tidkrevende å måle pakking, særlig i dypere jordsjikt. Man antar imidlertid at jordpakking er et stort problem (boks 1), særlig med tanke på at bruken av tyngre landbruksmaskiner har økt. Jordsmonnet er spesielt utsatt for pakking ved høyt vanninnhold og jordpakningsrisikoen er nesten dobbelt så stor på leir- og siltjord som på sandjord (Riley, 2016). Jordpakking medfører reduserte avlinger og økt erosjon grunnet redusert infiltrasjon og dermed økt overflateavrenning. Hvilken pakkingseffekt en får ved kjøring på dyrket jord er påvirket av maskinens vekt og hjulutstyr samt jordas bæreevne som i stor grad styres av vanninnholdet i jorda. Når det gjelder pakking av ploglaget kan en kompensere for økning i maskinens vekt ved å sette på større dekk som kan kjøres med mindre lufttrykk, men særlig når man snakker om dypere pakking så er det maskinens vekt som er avgjørende. Allerede i 20-40 cm dybde viser det skal at det tar lang tid for naturlige prosesser å reparere eventuelle pakkingsskader (Lamandé et al., 2012). Forsøk med mekanisk løsning ved dyp jordarbeiding har vist seg å være en usikker metode for å utbedre pakkingsskader under ploglaget (Hansen, 2006).

Nedbygging (jordforsegling). I Europa er nesten en tiendedel av jordoverflaten forseglet med ugjennomtrengelig materiale, og rundt 500 km² land blir forseglet årlig. Utbygging på jordbruksareal medfører irreversible tap av bl.a. god, produktiv jord og biologisk mangfold, noe som reduserer muligheten for matproduksjon. En utfordring er at det særlig er de lettest tilgjengelige og mest produktive områdene som blir nedbygd. Samtidig som en stadig større andel av produktiv dyrkingsjord bygges ned, har økt etterspørsel etter mat medført at områder som er mindre egnet for matproduksjon er omgjort til dyrket mark, noe som krever større tilførsler av gjødsel og vann for å opprettholde produksjonen. Beskyttelse av eksisterende jordbruksareal bør derfor ha høy prioritet. En oversikt fra Landbruksdirektoratet (Landbruksdirektoratet, 2018) viser at ca. 8500 daa dyrket og dyrkbar jord ble omdisponert til andre formål, derav 4000 daa dyrket jord i Norge i 2017. I samme periode ble det nydyrket ca. 23000 daa. Av jord som ble omdisponert gikk 39% til boligbygging, 26% til samferdselstiltak ol. og 9% til næringsbebygging, dvs. at disse tre dekker $\frac{3}{4}$ av all omdisponering.

Forurensning. Mange europeiske byer har jordsmonn som er forurenset grunnet trafikk, tidligere industriaktivitet, langtransport via atmosfæren og gruvedrift. Utbredt bruk av plantevernmidler har også resultert i akkumulering av plantevernmidler i jord. Jordforurensning kan påvirke menneskers helse (boks 4) gjennom matkjeden (jord – avling – mennesker eller jord – avling – husdyr – mennesker). Forurenset jord kan behandles for å redusere giftigheten/mobiliteten til miljøgiftene. Det er imidlertid usikkert om jordas funksjon og økosystemtjenester opprettholdes (forringes) som følge av behandlingen. I Norge representerer høye fosforinnhold i jordsmonn med husdyrproduksjon (Refsgaard et al., 2013) en tikkende bombe med tanke på potensiell avrenning og dermed eutrofiering av overflatevann. I tillegg medfører en kort vekstsesong at opptak av næringsstoffer er minimalt store deler av året, noe som kan øke risikoen for avrenning. I perioder med ekstremvær, hvis hyppighet antas å øke i fremtiden, er jord viktig for flomregulering som bl.a. kan forhindre skade på infrastruktur. Norge har i dag flere tusen lokaliteter med grunnforurensning (Miljødirektoratet, 2019). Flere av disse krever tiltak som følge av uakseptabel risiko. Per i dag består tiltak av oppgraving/fjerning av jorda p.g.a. manglende alternativer. Det er her et behov for økt kunnskap om in situ behandlingsmetoder som muliggjør at jord ikke må fjernes, for således å opprettholde jordas funksjon og økosystemtjenester. I tillegg til direkte jordforurensning, vil også utslipp av klimagasser være en potensiell forureningskilde. Generelt er det knyttet stor usikkerhet særlig til effekter av klimaendringer (bl.a. økt hyppighet av ekstremepisoder), men også til endringer i arealbruk på prosesser og faktorer i jord som styrer dynamikk til klimagasser (CO₂, N₂O, CH₄; boks 2).

Forsalting. Salinisering medfører opphopning av salt i toppjorden som følge av vanning, høy evapotranspirasjon eller oversvømmelse med saltvann. Opphopning av salt medfører saltstress for vegetasjonen og er alvorlig for plantevekst særlig i tørre områder med høy fordampning. Inntrenging av sjøvann i landbruksområder vil øke i kystnære, lavtliggende områder som Låg-Jæren i fremtidens klima som en følge av havnivåstigning og ekstremhendelser. Økt sjøvannsinntrenging kan forringe jordkvalitet og plantevekst, men effekter under norske forhold med jord med mye organisk materiale er lite undersøkt. Samtidig kan også nye muligheter, f.eks. gjennom saltvannsjordbruk (Salfar, 2019) utnyttes.

Internasjonalt og innad i EU er det bred enighet om at jord skal forvaltes bærekraftig, og ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils) har gitt nyttige kriterier til hjelp for å avgjøre om et landskap fungerer optimalt, og om jordsmonnet blir forvaltet på en bærekraftig måte. Disse kriteriene inkluderer:

- Avrenning og tap av næringsstoffer skal holdes på et lavt nivå.
- Biologisk produksjon skal være høy sett i forhold til potensielle begrensinger bestemt av klima eller vanntilgjengelighet.
- Biologisk mangfold i og over jordsmonnet skal være «relativt» høyt.
- Nedbør skal bli effektivt tatt opp og holdt tilbake i rotsonen.
- Erosjon og sedimenttransport skal være lav.
- Forurensning av landskapet skal ikke tolereres og eksisterende forurensninger skal ikke være av et omfang som medfører skader.
- Det skal ikke være nødvendig med stor ekstern tilførsel av energi for å produsere mat.
- Netto utslipp av drivhusgasser skal være null eller mindre når jordsmonnet er i en slik tilstand at det har en netto karbonlagring.

Slike kriterier kan hjelpe beslutningstakere og forvaltning til å avgjøre om de legger til rette for en bærekraftig bruk av jord.

Ekspertgruppen som står bak rapporten (EASAC, 2018) har identifisert flere områder hvor mangel på kunnskap kan begrense vår evne til bærekraftig forvaltning av jord. Disse er i gjengitt i tabell 7.1 i EASAC rapporten. For at kriteriene ovenfor skal ha noen effekt må det være kunnskap og data bak ord som «lavt, relativt høyt, effektivt, stor, omfang som ikke gir skader». Kunnskapshull og utfordringer sett i lys av norske forhold diskuteres punktvis.

Kunnskapshull – hva bør det forskes på i Norge?

Jordbruk

- Det er en stor interessemotsetning mellom urbanisering/utbygging og vern av produktiv matjord. Hvordan kombinere økt matproduksjon med jordvern og multifunksjonell arealbruk? Jordflytting i forbindelse med utbyggingsprosjekter er lite undersøkt.
- Hvordan påvirker moderne jordbruk og økte avlinger (kvantitet) kvaliteten, f.eks. innhold av mikronæringsstoffer i maten?
- Hvor bærekraftig er ulike driftsformer slik som konvensjonelt, organisk, regenerativt, økologisk landbruk? I Norge representerer høye fosforinnhold i jordsmonn med husdyrproduksjon et potensielt problem og effekter av klima endringer er lite undersøkt.
- Hvordan kan jordbruket gjøres mer "klimagesmart" (Paustian et al., 2016), dvs. både bidra til å motvirke klimaendringer, men også tilpasses endringer i klima?
- Hvordan blir utmark påvirket av endringer i både bruk (bla beiting) og klima?
- Det trengs mer kunnskap om langsiktige trender i europeisk jordbruk, samt dokumentasjon av konsekvenser for jordegenskaper og økosystemfunksjoner som følge av endringer i arealbruk slik som f.eks. overgang fra konvensjonelt til økologisk landbruk eller når ny teknologi tas i bruk.

Biodiversitet

- Hvordan er biologisk mangfold i jord, og jordsmonnets funksjoner påvirket av lokalt klima, jordtype, fysisk-kjemiske jordegenskaper, samt dagens og historisk arealbruk?
- Hva er effekten av moderne intensivt jordbruk på jordbiologi?
- Hva er den samlede effekten av endringer i arealbruk og driftsintensitet på jordsmonnets funksjon (dvs. egenskaper og prosesser i jorda som er viktige for klima og miljø, som direkte eller indirekte kan kobles mot menneskelig bruk og påvirkning på økosystemet)?

Helse

- Hvordan kan jordas egenskaper og tilstand vurderes i et helhetlig helsekonsept som omfatter sunne planter, sunn mat, sunt fôr, sunne dyr og mennesker?
- Hvordan kartlegge og modellere risiko for jordbårne sykdommer, konsekvenser av klimaendringer, endring av arealbruk og invasjon av fremmede arter for mennesker og dyrs helse? Hvordan redusere omfanget eller effekten av dette?
- Hva er effekten av mikroplast, medisinrester, nanosølv, antibiotikaresistens mm. i jord på økosystemtjenester, og generelt planters og menneskers helse?

Tiltak for tilpasning til Klimaendringer

- Hvordan motivere grunneiere (bla. bønder) til «klimagesmart» jordbruk, hagebruk og skogbruk? Hvordan skal jordforvaltningen tilpasses?
- Hvordan veilede og forvalte «nye samfunn» og «nye økosystem» som kan utvikle seg som følge av endrede klimatiske betingelser?
- Hvordan vurdere kvaliteten av organisk materiale i jord for å øke antall økosystemtjenester?

- Hvordan kan biomasse- og matproduksjon integreres for å oppnå et effektivt bidrag til klimatilpasning?
- Hvordan fungerer jordsmonnet som flomforebygger og hvilken betydning har ekstremvær for jordegenskaper og vannkvalitet?

Urbanisering

- Hva er jordas rolle i byområder og hva er behovet for et internasjonalt referansegrunnlag for naturbaserte løsninger for å bedre klimatilpasning og bevaring av vann i byer?

Sirkulær økonomi

- Jorda spiller en nøkkelrolle i en sirkulær økonomi og bærekraftig samfunn, men bl.a. mangler det fortsatt mye kunnskap om sikker - og energieffektiv resirkulering av avfallsmaterialer i jord.
- Hvordan kan andelen jord som legges i deponi reduseres?
- Generelt i forbindelse med tiltak og behandling av forurenset jord/grunn foreligger det lite kunnskap om effekten tiltaket/behandlingsteknologien har på det totale jordøkosystemet (jordas vitalitet).

Utdanning og bevisstgjøring

- Det er et stort behov for utdanning som øker bevissthet og kunnskap om jordsmonnets rolle for opprettholdelse av liv og naturgoder fra individ til samfunnsnivå.
- Selv om jord og jordprosesser ofte blir brukt som støtte innenfor tverrfaglige problemstillinger hvor samspillet mellom biologiske, geologiske, hydrologiske, fysiske og kjemiske prosesser i naturen står sentralt, er det viktig at det satses på en helhetlig utdanning innen fagfeltet.
- Det bør satses mer på rekruttering til et utdanningsprogram som gir en integrert, helhetlig kunnskap om jord og jordprosesser.
- Det finnes i dag studieprogram hvor jord er en viktig komponent (f.eks. Master MINA ved NMBU; NMBU, 2019), men studentrekrutteringen må økes.
- En økt synliggjøring av jobbmuligheter utenfor academia for de som studerer jordfag må til for å gjøre fagområdet mer attraktivt for studenter.
- Undervisning og forskningen bør i større grad fokusere på samspillet mellom jord, sunne planter, sunn mat, sunn vann og friske mennesker, samt jordas rolle innen klimaregulering og klimatilpasning, alt som en del av FN's bærekraftsmål.

Bokser med utfyllende informasjon

Boks 1. Moderne jordbruk

Et moderne jordbruk har gitt økt matproduksjon. Det er imidlertid en del miljømessige utfordringer forbundet med et moderne, intensivt jordbruk. Intensiv beiting og bruk av tunge maskiner gir tap av organisk materiale og jordpakking, noe som reduserer jordas fruktbarhet. Reduksjon av organisk materiale kombinert med jordpakking gir redusert aggregatstabilitet og infiltrasjonskapasitet, som så gir økt skorpedannelse på jordoverflaten. Denne skorpen øker faren for overflateavrenning og erosjon. Monokultur, utstrakt bruk av pesticider og mineralgjødsel, kombinert med intensiv jordarbeiding, har påvirket jordsmonnets naturlig balanserte biologiske funksjoner. Pløying har en negativ innvirkning på mykorrhizasopp og meitemark, som er viktige komponenter for jordas struktur og plantenes næringsopptak. I ekstensivt drevne beitesystemer har overbeiting, monokultur og omlegging av eng til åker redusert jordas biodiversitet. Bruk av antibiotika i husdyrproduksjonene kan ha negative effekter på jordbiota, men det kreves mer forskning på dette området for å vite sikkert. Det er uttrykt bekymring for bruk av genmodifiserte sorter i Europa, men også på dette området trengs det mer forskning. Det har vært en økning i mengde mikroplast i europeiske jordsmonn noe som kan ha store negative konsekvenser for planter og dyr. I Norge som ellers i Europa, er trenden at mengden dyrket jord pr driftsenhet øker. Det er mye leiejord (omkring 50%) og arealer fra naboeiendommer kobles inn mot enkeltgårder. En stor ulempe enkelte steder er dårlig arrondering og at kjøreavstand øker dramatisk noe som ikke er miljøvennlig og forbruker mye energi. I tillegg har det foregått mye rovdrift på arealene fordi drenering og kalking ikke er vedlikeholdt samt at det er brukt store maskiner. Større enheter, gårder, betyr en stor intensivering og høyt krav til effektiv drift og inntjening som igjen fører til økt bruk av kjemikalier for å bekjempe ugress og skadeorganismer. Dette kan forsterke den negative trenden med tap av økosystemtjenester og biologisk mangfold (f.eks. insektdød). Det har imidlertid vært flere revisjoner av «the common agricultural policy» (CAP) i EU som tar sikte på å bevare naturgodene og samtidig øke matproduksjonen. Målsetningen er å få et grønnere landbruk som i større grad ivaretar miljøaspekter sammen med et bærekraftig jordbruk. Spesifikke tiltak innebefatter bl.a. mindre monokultur (økt diversitet og vekstskifte), opprettholdelse av permanent eng og en forpliktelse om at minst 5% av dyrkbart areal på gården skal være såkalte «økologiske fokusområder». I «økologiske fokusområder» kan bruk av fangvekster, nitrogenfikserende arter, brakkområder og buffersoner, hekk eller trær for å skille areal brukes. Studier, så langt, har imidlertid ikke med sikkerhet kunne påvise at disse tiltakene har hatt positive effekter på biodiversitet og jordas økosystemtjenester, så mer forskning trengs på dette området. Utfordringer og muligheter innen landbruket i Norge inkluderer både intensivering, dvs. å øke produksjonen per arealenhet, og ekstensivering hvor man i større grad bruker større areal hvor fokus i større grad er på kulturlandskapet og økologisk drift enn på produksjon. Begge tilnæringer må være bærekraftige og krever kunnskap og kompetanse om jord. Å ta vare på jordsmonnet er et av våre beste flomforebyggende tiltak. Derfor er det viktig å fokusere på jordegenskaper slik som infiltrasjonsevne, stabil struktur, god fordeling av makro og mikroporer som er flomforebyggende i seg selv. Dette krever god jordfaglig kompetanse. I forbindelse med utmark bør det også fokuseres på konsekvenser av allemannsretten og bruk av felles beiteområder i forbindelse med karbondynamikk og potensiell spredning av fremmede arter og sykdomssnitte hvor jord er vektor for smitte via husdyr til vilt. Organisk fosfor (P) i jord utgjør minst 30% av total P i våre dyrkede systemer. Dette er P som ikke er tilgjengelig for plantene i denne formen, men ved et endret klima som øker mineraliseringen kan noe av dette gå over til uorganisk plantetilgjengelig P. Konsekvensen vil kunne bli mindre behov for P i mineralgjødsel, i alle fall over en periode, noe

som vil spare på en begrenset resurs. Vi vet lite om potensialet her i dag og det trengs forskning for å sette tall på denne ressursen. Type organisk materiale vil også være viktig her.

Boks 2. Jord og klimaendringer

Jordsmonnet har det største lageret av terrestrisk organisk karbon. Hva som skjer med dette lageret når klima og arealbruk endres betyr svært mye for karbonutslippet til atmosfæren, og dermed global oppvarming. Omtrent halvparten av alle jordsmonn i Europa har et for lavt innhold av organisk materiale og mange studier viser en nedadgående trend. I norsk dyrket mineraljord er innholdet av organisk materiale i gjennomsnitt 5-6%, dvs. 2.5-3% organisk karbon. Dette er høyt i forhold til andre land lengre sør og det vi måtte kalle lavt (1-2% org. C) vil kunne sees på som høyt andre steder. I tillegg er jorda i Norge svært ung og dominert av geologiske avsetninger og en ung mineralogi (lite leire og sekundære leirmineraler) i forhold til jordsmonn på kontinentet. Dette har betydning for binding og stabilisering av organisk materiale. Tap av organisk materiale skjer oftest på grunn av intensivt jordbruk hvor monokultur, jordarbeiding og åpen åker er spesielt negativt. Forsøk fra Norge med både pløyedebder og redusert jordarbeiding viser at under nordiske forhold så er det antakelig mer et spørsmål om en omfordeling av det organiske materialet enn en endring i mengden hvis en f.eks. ser på den øverste 0.5 m av profilet (Børresen and Njøs, 1994; Riley, 2014). Det kan være gunstig med mer organisk materiale nær overflata for struktur og f.eks. erosjonsrisiko, men det ser ikke ut til at det kan lagres mye mer karbon i jorda selv om en reduserer på jordarbeidingsintensiteten. Mindre gras i omløpet er derimot klart negativt for innholdet av organisk materiale. I områder med husdyrproduksjon og bruk av husdyrgjødsel og eng er reduksjonene mindre. Det forventes ytterligere tap av organisk materiale i jord som følge av avskoging, grøfting av myr, for lav tilbakeføring av biomasse, urbanisering og gruvedrift. Økt temperatur forventes å stimulere nedbrytning av organisk materiale, uten en tilsvarende økning i fotosyntesen, noe som vil kunne øke utslipp av karbondioksid i fremtiden. I områder hvor det blir tørrere som følge av klimaendringer, vil økt hyppighet av branner kunne frigi store mengder karbondioksid. Endringer i arealbruk, slik som redusert bruk av utmarksbeite, kombinert med økt temperatur, vil gi gjengroing. Dette vil i første omgang flytte karbonlagrene fra jord til overjordisk biomasse (Speed et al., 2015). Kombinert med endret albedo, som reduseres ved gjengroing, vil dette kunne få store konsekvenser for karbonlageret i tundrajord. Lagring og tap av organisk materiale i jord må imidlertid sees i sammenheng med andre økosystemtjenester inkludert lagring og omsetning av næringsstoffer slik som nitrogen og fosfor. I en studie av effekter ulike tettheter av sau har på økosystemtjenester og biodiversitet fant Austrheim et al. (2016) en del synergier mellom ulike økosystemtjenester. Høy tetthet av sau økte f.eks. produksjon av sauekjøtt og omsetning og tilgjengelighet av nitrogen. Men, en del av de positive effektene av høyt beitetrykk ble «byttet mot» andre økosystemtjenester slik som karbon- og nitrogenlagring i jord, samt planteproduktivitet som ble redusert ved høy sauetetthet. Reduksjon i beitetrykk førte bl.a. til at biomasse av bjørk og nitrogenlagring økte og lave tettheter av sau viste seg å være tilstrekkelig til å holde landskapet åpent, mens opphør av beite selv på kort sikt økte etableringsevnen for bjørk. Mer forskning trengs for å kvantifisere disse effektene.

Generelt er det knyttet stor usikkerhet særlig til effekter av klimaendringer (bl.a. økt hyppighet av ekstremepisoder), men også til endringer i arealbruk på prosesser og faktorer i jord som styrer dynamikk til klimagasser (CO₂, N₂O, CH₄). Det er imidlertid bred enighet om at tiltak som øker eller reduserer tap av organisk materiale fra jord vil være gunstig med tanke på klimatilpasning, og for å redusere negative effekter som følge av menneskelig aktivitet. Under klimatoppmøtet i Paris i

2015 ble det såkalte «4 promille initiativet» lansert. Tanken bak dette var at hvis alle land øker karboninnholdet i jorden med 4 promille hvert år, er dette tilstrekkelig til å forhindre videre økning av CO₂ til atmosfæren som følge av menneskeskapt utslipp. Det har vært mye kritikk mot dette initiativet, bl.a. fordi det i mange tilfeller er vanskelig å oppnå. Det er mangel på ressurser, det gir ingen økonomisk gevinst, og videre er en del virkemidler som potensielt kan øke karbonmengden i jorda allerede er tatt i bruk. Grunnet stor variasjon i karbonlagringspotensial og usikkerheter rundt tiltak som faktisk kan hjelpe er det nødvendig med mer forskning og vitenskapelig dokumentasjon. Det er viktig å forhindre ineffektive tiltak og initiativer. Ut fra nåværende kunnskap kan det se ut til at det estimerte potensialet for binding av karbon i jord for å motvirke globale utslipp av drivhusgasser har vært for optimistiske.

Boks 3. Biodiversitet: Over og under bakken

Jordsmonnets biodiversitet varierer fra små virus, bakterier, sopp og protister, via små dyr som nematoder (rundormer), artropoder (leddyr) og insekter, til større dyr som meitemark og vånd. Symbiotiske mykorrhiza-sopper gir bedre opptak av næringssalter (særlig fosfor) hos plantene. Nitrogenfikserende bakterier kan omdanne nitrogen i atmosfæren til mineralisk nitrogen som blir tilgjengelig for planter, noe som kan redusere behovet for mineralgjødsel. Jorden inneholder mikrober som produserer antimikrobielle forbindelser, slik som antibiotikaene penicillin og streptomycin, som gir beskyttelse mot planterotpatogener. Slike forbindelser kan potensielt være en fremtidig kilde til nye antibiotika. Indirekte eller direkte påvirker jordsmonnet overjordisk biodiversitet ved at jorda er en frøbank for ulike plantearter. Jorda kan dermed kontrollere artssammensetning gjennom interaksjoner mellom planterøtter og jordbiota i tillegg til jordas fysiske og kjemiske egenskaper. I tillegg påvirker jorda utbredelsen av plantearter gjennom abiotiske (fuktighet og temperatur) og biotiske (patogene, omsetning av næringsstoffer) egenskaper og prosesser. Overjordisk biodiversitet forvaltes i henhold til nasjonale og EUs lover og forskrifter. Beskyttelse av den overjordiske biodiversitet som altså omfattes av nasjonale og internasjonale lover og avtaler, krever imidlertid også at jordsmonnet beskyttes. Til tross for en sterk kobling mellom overjordisk og underjordisk biodiversitet, er ikke dette tatt med i EUs Natura 2000- og habitatdirektiv, selv om behovet for bedre forståelse er påpekt som svært viktig i EUs biodiversitetsstrategi.

Boks 4. Helse: Jord, planter og mennesker

Jordas helsetilstand relateres ofte til biodiversitet og innebærer bl.a. at jordsmonnet skal være et levende system som positivt støtter og opprettholder produksjon av planter og jordlevende organismer, og har en luft- og vannkvalitet og fremmer plante- og dyrehelse. I EU har det tradisjonelt vært fokusert på problem og kostnader knyttet til reduserte jordfunksjoner grunnet erosjon, forurensing og generell landdegradering. I følge EASAC (2018) er det imidlertid viktig å ta hensyn til økt etterspørsel og interesse for næringsrik mat og dermed se på jordas helsetilstand i en bredere sammenheng som inkluderer mattrygghet, menneskers og dyrs helse og jordsmonnets evne til å produsere ulike plantesorter. I tillegg til at forurensing av jord potensielt er helseskadelig trekkes også jordbårne, patogene organismer og jord som kilde til ulike allergener inn i helseaspektet. I kombinasjon med endringer i klima, har jordbårne, humane patogener som er blitt introdusert fra varmere klimaområder et potensiale for å kunne spre seg. I Norge hvor store areal brukes til fellesbeite (organisert gjennom beitelag) trengs en økt bevisstgjøring og kunnskap om potensialet jorden har som vektor for overføring av smitte fra husdyr til vilt. Antibiotikaresistente bakterier eller jordmikrober kan ha langvarig overlevelse i jord. Det er imidlertid lite kunnskap om mulig helsepåvirkning som følge av overlevelse og fremvekst av

resistensgener i jordmikrobiomet og hvordan disse kan overføres til mennesker gjennom vann, planter og dyr. Radioaktive stoffer representerer et annet helseaspekt. Disse kan også akkumuleres i jord og videre tas opp i planter og dyr og dermed, potensielt, i mennesker.

Litteratur:

Internettressurser:

FN, 2019. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Besøkt 14.02.19

Landbruksdirektoratet, 2019. <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/areal-og-jordvern/kostra/omdisponering-av-dyrka-jord-ned-med-36-prosent-i-2017>. Besøkt 13.02.19

Miljødirektoratet, 2019. <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>. Besøkt 14.02.19

NMBU, 2019. <https://www.nmbu.no/studier/studietilbud/master-to-arige/miljo-naturressurser>. Besøkt 14.02.19

Salfar, 2019. <https://northsearegion.eu/salfar/>. Besøkt 15.02.19

SSB, 2016. <https://www.ssb.no/avfregno>. Besøkt 15.02.19

Artikler og rapporter:

Austrheim G, Speed JDM, Evju M, Hester A, Holand Ø, Loe LE, et al. Synergies and trade-offs between ecosystem services in an alpine ecosystem grazed by sheep—an experimental approach. *Basic and Applied Ecology* 2016.

Bergslid R. Grøftetilstanden i jordbruket. God drenering - en forutsetning for å øke arealproduktiviteten og redusere avrenning og utslipp av klimagasser fra landbruket. *Bioforsk rapport 7(38)/2012* Bioforsk, 2012, pp. 15.

Bye AS, Aarstad PA, Løvberget AI, Høye H. Jordbruk og miljø 2017. Tilstand og utvikling. *SSB Rapport 2017/41*, 2017, pp. 160.

Børresen T, Njøs A. The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on a loam soil in south eastern Norway. *Soil Till. Res.* 1994; 32: 21-39.

Cunningham DA, Collins JF, Cummins T. Anthropogenically-triggered iron pan formation in some Irish soils over various time spans. *CATENA* 2001; 43: 167-176.

EASAC. Opportunities for soil sustainability in Europe. German National Academy of Sciences Leopoldina, Teutschenthal, Germany, 2018, pp. 41.

Grønlund A, Bjørkelo K, Hysten G, Tomter S. CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge - Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser. *Bioforsk rapport Vol. 5 Nr. 162*, 2010, pp. 37.

Hansen TOT. Forsøk med ulike jordløsningmetoder til korn på jord med dårlig plantevekst I Rakkestad og Nannestad – Virkning på jordfysiske egenskaper, kornavling og trekkraftbehov. . Institutt for miljøvitenskap. MSc. Norges biovitenskapelige universitet (NMBU), Ås, 2006, pp. 116.

Martinsen, Sogn & Mulder, 2019. *Jord: En ikke-fornybar ressurs*.

- IPBES. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In: Scholes R, Montanarella L, Brainich A, Barger N, ten Brink B, Cantele M, et al., editors. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2018, pp. 44.
- Lamandé M, Berisso F, Alakukku L, Wildenschild D, Schjønning P. Subsoil compaction of a clay soil persists three decades after heavy wheel traffic. *NJF Report*, vol. 8, no. 1, 2012, pp. 49-52.
- Lundekvam H. ERONOR/USLENO – Empirical Erosion Models for Norwegian Conditions. Report No. 6/2002. Agricultural University of Norway, Ås, 2002, pp. 42.
- Paustian K, Lehmann J, Ogle S, Reay D, Robertson GP, Smith P. Climate-smart soils. *Nature* 2016; 532: 49-57.
- Refsgaard K, Bechmann M, Buseth Blankenberg AG, Kvakkestad V, Øverli Kristoffersen A, Veidal A. Evaluering av tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer i Norge. NILF-Rapport 2013-3. Norsk Institutt for landbruksøkonomisk forskning og Bioforsk, Oslo, 2013, pp. 115.
- Riley H. Hva har vi lært gjennom 35 års forsøk med redusert jordarbeiding på morenejord? . *Bioforsk fokus* 9 (2) 2014.
- Riley H. Laglighet for jordarbeiding til vårkorn i Norge: Avlingstap ved jordpakking og utsatt såtid, og konsekvensene for optimal maskinkapasitet i forhold til kornareal. NIBIO rapport 2/112/2016. NIBIO, 2016, pp. 65.
- Riley H, Bakkegard M. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 2006; 56: 217-223.
- Speed JDM, Martinsen V, Hester AJ, Holand Ø, Mulder J, Mysterud A, et al. Continuous and discontinuous variation in ecosystem carbon stocks with elevation across a treeline ecotone. *Biogeosciences* 2015; 12: 1615-1627.
- Øygarden L, Lundekvam H, Arnoldussen AH, Børresen T. Soil erosion in Europe - Norway. In: Boardman J, Poesen J, editors. *Soil erosion in Europe*. John Wiley & sons, 2006, pp. 3-15.