



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Jordhelse i arktisk grøntproduksjon

Forprosjekt 2021-2022

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 86 | 2022



Kamilla Skaalsveen, Frøydís Gillund og Tone Roksvåg Aandahl
NIBIO Tromsø/Svanhovd

TITTEL/TITLE

Jordhelse i arktisk grøntproduksjon. Forprosjekt 2021-2022

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Kamilla Skaalsveen, Frøydis Gillund og Tone Roksvåg Aandahl

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
20.05.2022	8/86/2022	Åpen	52412	21/00523
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03098-0	2464-1162	25		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Statsforvalteren i Troms og Finnmark

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Åse Vøllestad

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordhelse, arktisk landbruk, grøntproduksjon, grønnsaker, potet, klimatilpasning

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Landbruk

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Målsettingen for dette forprosjektet var å kartlegge eksisterende kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*, avdekke kunnskapshull og identifisere problemstillinger som bør følges opp med videre forskning. Hva som definerer god *jordhelse* i Norge er fremdeles uklart, og det er behov for å undersøke hvordan dette konseptet bør anvendes for de ulike produksjonene og regionene i landet.

Det *arktiske landbruket* er særegent og med andre forutsetninger enn næringa ellers i landet grunnet kort vekstsesong og spesielle lysforhold. Til tross for at omfanget av arealet egnet for grøntproduksjon er forholdsvis lite, er det viktig med kunnskap om *jordhelse* for å kunne bevare disse marginale jordressursene best mulig, også i et endret klima. For å kartlegge eksisterende kunnskap og identifisere kunnskapsbehov har det i denne forstudien blitt gjennomført en litteraturstudie, samt et idéverksted med ulike interessenter fra Nord-Norge.

Resultatene fra forstudien viser at det foreløpig eksisterer forholdsvis lite dokumentert kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*. Innspill fra aktører i næringa viser imidlertid at interessen for *jordhelsetiltak* er økende. Temaer som særlig ble trukket frem i forbindelse med spørsmål om kunnskapsbehov var: mangfold og dynamikk i samfunn av jordorganismer i landbruksjord i Arktis, effekter av å tilføre ulike former for organisk materiale (kompost etc.), metoder for brakking, vekstskifte, dekkvekster og samplanting og metoder for jordbearbeiding.



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Nordland, Troms og Finnmark

GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



KAMILLA SKAALSVEEN



Forord

Denne rapporten er et resultat av forprosjektet «*Jordhelse* i Arktisk grøntproduksjon» som er finansiert av det regionale klima- og miljøprogrammet til Statsforvalteren i Troms og Finnmark.

Prosjektet ble ledet av Kamilla Skaalsveen, Avdeling jord og arealbruk, Divisjon for miljø og naturressurser. Frøydis Gillund, avdeling Økonomi og samfunn, Divisjon for matproduksjon og samfunn har vært medarbeider i prosjektet. Tone Roksvåg Aandal i avdeling Økosystemer i Barentsregionen (Divisjon for miljø og naturressurser) og Jørgen A.B. Mølmann i Avdeling frukt og grønt (Divisjon for matproduksjon og samfunn) har bidratt inn i prosjektet. Jannes Stolte (avdelingsleder i Avdeling jord og arealbruk) har stått for kvalitetssikring av rapporten.

Vi ønsker å takke alle interessentene som deltok på idéverkstedet, som ble gjennomført som en del av prosjektet, og bidro med verdifulle erfaringer og kunnskap.

Tromsø, 20.05.2022

Frøydis Gillund

Innhold

1	Innledning.....	6
2	Metode	7
2.1	Litteraturstudie.....	7
2.2	Idéverksted	7
3	Litteraturstudie.....	8
3.1	Jordhelseprogrammer i Norge og Europa	8
3.1.1	Jordhelse i norsk grøntproduksjon	8
3.2	Særegenhet ved det arktiske landbruket	9
3.2.1	Jordbruksareal.....	9
3.2.2	Klima.....	10
3.3	Organisk materiale og jordstruktur	12
3.4	Jordliv	13
3.5	Jordforbedrende tiltak.....	14
4	Resultater fra idéverksted	16
4.1	Jordhelse i nordnorsk rådgiving.....	16
4.2	Påvirkning jordhelse	16
4.3	Tiltak for å fremme jordhelse	17
4.4	Kunnskapsbehov og problemstillinger for videre forskning	18
5	Oppsummering	20
6	Konklusjoner	22
	Litteraturreferanse	23

1 Innledning

I Norge utgjør områdene med potet- og grønnsaksdyrking en forholdsvis liten del (1,9 %) av det totale jordbruksarealet (NIBIO Arealbarometer 2020). Intensiv drift med jordarbeiding om høsten bidrar allikevel til utfordringer for både miljø og jordressurser (Kværnø m.fl. 2019), og jordtap ved erosjon og tap av næringsstoffer er gjerne større fra disse driftsformene enn fra korndyrking og eng/beiteområder (Bechmann m.fl. 2017). I noen produksjoner bidrar i tillegg kjøring med tunge maskiner til jordpakking, f.eks. ved potetopptak (Ghosh og Daigh 2020). Dette er faktorer som kan bidra til å forringe viktige jordressurser, og det er derfor viktig med et økt fokus på *jordhelse* i disse produksjonene. Et godt kunnskapsgrunnlag er en forutsetning for å oppnå dette.

God *jordhelse* betyr at jordas fysiske, kjemiske og biologiske komponenter fungerer optimalt sammen, både for produksjon og andre jordfunksjoner. *Jordhelse* som begrep innebærer i denne sammenheng en økt vektlegging av jordliv, organisk materiale og jordstruktur (Landbruksdirektoratet 2020). God jordstruktur er viktig for god infiltrasjon og drenering av vann under og etter nedbørepisoder, som er viktig for å unngå overflateavrenning og vannerosjon (Øygarden m.fl. 2019). Et rikt og mangfoldig jordliv vil i tillegg kunne bidra til å øke jordas og plantenes motstandsdyktighet mot planteskadegjørere og sykdommer (Janvier m.fl. 2007, Wei 2020). God *jordhelse* er generelt sett viktig for å opprettholde alle jordas funksjoner, eller økosystemtjenester, som kommer både bonden og samfunnet til gode.

Jord generelt og *jordhelse* spesielt har i senere tid fått økt oppmerksomhet både i Norge og i resten av Europa. Konseptet *jordhelse* er fremdeles relativt nytt her til lands og det er behov for å kartlegge og definere hva god *jordhelse* vil si under ulike norske forhold og produksjoner, og hvordan vi kan oppnå og opprettholde god *jordhelse* på lang sikt (Landbruksdirektoratet 2020). Norske initiativer har så langt primært fokusert på *jordhelse* i sentrale kornområder, og det foreligger for øyeblikket mindre kunnskap om betydningen av og behovet for god *jordhelse* i det *arktiske landbruket*. En økt forståelse for hvilken rolle jordas helse og motstandsdyktighet vil spille i et endret klima i Arktis er avgjørende for å utarbeide langsiktige mål og strategier for å forvalte denne knappe ressursen best mulig.

Det *arktiske landbruket*, som her forstås som landbruket i Nordland, Troms og Finnmark er særegent, blant annet ved at samspillet mellom lave temperaturer og de unike lysforholdene i arktiske strøk påvirker både utseende, smak og innhold i plantevekster (Johansen m.fl. 2018, Nøstvold m.fl. 2019). Fremtidens klima vil kunne endre premissene for jordbruket i Arktis. Et mildere klima vil innebære en lengre vekstsesong i nord, og dermed også gi nye muligheter for hva som kan dyrkes i landsdelen (Uleberg m.fl. 2014; Uleberg og Dalmannsdottir 2018). Dette gir mulighet til å dyrke andre og flere sorter enn i dag, men vil også by på utfordringer. Et endret klima med økt nedbør, både i mengde og intensitet, vil kunne medføre økt jordtap, tap av næringsstoffer, redusert laglighet og pakkeskader (som følge av økt jordfuktighet) (Riley 2016). I tillegg vil klimaendringene kunne føre til større utfordringer knyttet til patogener og planteskadegjørere (Nøstvold m.fl. 2019, Seehusen m.fl. 2017), som kan by på utfordringer for både produsenter og matsikkerheten.

Klimatilpasnings- og jordhelsetiltak i det *arktiske landbruket* vil derfor bli nødvendig for å møte disse utfordringene, særlig med tanke på at klimaendringene i Arktis skjer raskere enn i resten av verden, og forventes å bli enda større i årene som kommer (ACIA 2004, Nøstvold m.fl. 2019). Det er forventet mer nedbør og avrenning i nord, særlig på høsten og vinteren, og at mer av nedbøren kommer som regn i stedet for snø (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). Et viktig tiltak for å redusere negativ påvirkning av endret nedbørmengde og mønster som følge av klimaendringene er å øke jordas motstandsdyktighet ved å bedre jordhelsen (Stevens 2018).

Det overordnede målet med dette forprosjektet er derfor å (i) kartlegge eksisterende kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*, (ii) avdekke kunnskapshull og (iii) identifisere problemstillinger som bør følges opp med videre forskning.

2 Metode

For å kartlegge eksisterende kunnskap, avdekke kunnskapshull og identifisere aktuelle problemstillinger innen tema *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon* ble en arbeidsmetode bestående av en litteraturstudie og involvering av interessenter benyttet, som beskrevet i avsnitt 2.1 (litteraturstudie) og 2.2 (idéverksted) under.

2.1 Litteraturstudie

I litteraturstudiet ble det gjort litteratursøk på vitenskapelige publikasjoner, fra både Norge og andre land med sammenliknbare forhold. I tillegg til søk etter relevante utredninger, rapporter, fagartikler og liknende.

Søk etter vitenskapelige artikler ble primært gjennomført ved bruk av databasene Web og Knowledge og Google Scholar. I søkene ble det brukt flere ulike kombinasjoner av søkeord (som «arctic», «northern», «soil», «soil quality», «soil health», «agriculture», «horticulture», «vegetable», «potato», osv.) for et bredest mulig søk. Resultater fra litteraturstudiet presenteres i kapittel 3.

2.2 Idéverksted

For å inkludere lokal kunnskap i prosjektresultatene og kartlegge kunnskapsbehov ble det 17.03.2022 arrangert et virtuelt idéverksted (workshop) på Teams med blant annet aktører fra næringa, Norsk Landbruksrådgivning (NLR) Nord Norge, og fagpersoner fra NIBIO for å diskutere funn fra litteraturstudien og dra nytte av ulike fagpersonenes erfaringer og kunnskap.

Målet med arrangementet var å presentere resultater fra litteraturstudien som ble gjennomført i forprosjektets første fase, samt diskutere betydningen av og behovet for *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*. Innledningsvis ble arbeid med *jordhelse* i Norge (generelt), samt resultater fra litteraturstudien presentert, hvor sammenhengen mellom *jordhelse* og klimatilpasning ble understreket. Videre presenterte en representant fra NLR Nord Norge en kort oversikt over deres arbeid med *jordhelse* i landsdelen (og sentralt) tilbake til 2014.

Under idéverkstedet ble det særlig vektlagt hva deltakerne legger i begrepet *jordhelse* i en arktisk kontekst, om det er spesielle forhold ved *arktisk grøntproduksjon* som har betydning for *jordhelse*, dagens kunnskapsnivå, og hvilke tiltak som deltagerne vurderte at vil være egnet til å fremme *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*. Under idéverkstedet ble det i tillegg lagt vekt på å kartlegge hvilke problemstillinger det er behov for å forske mer på i fortsettelsen.

Deretter ble det gjennomført en plenumsdiskusjon med utgangspunkt i følgende overordnede spørsmål/problemstillinger:

- Hvilke forhold ved *arktisk grøntproduksjon* (eksempelvis klima, biologi, jordsmonn, lys, driftsform) har betydning for *jordhelse*?
- Hvilke forhold, hvis noen, kan ha negativ påvirkning på *jordhelse* i dagens grøntproduksjon?
- Hvordan vil dette kunne påvirkes av klimaendringer?
- Er det behov for jordforbedrende tiltak i *arktisk grøntproduksjon*?
- Hvilke tiltak for å fremme *jordhelse* vil være best egnet for *arktisk grøntproduksjon*?
- Er det tiltak som allerede gjennomføres i dag som kan bidra til å bedre/bevare jordhelsa?
- I hvor stor grad gjennomføres de aktuelle tiltakene?
- Innspill på kunnskapsbehov/problemstillinger for videre forskning?

Resultater fra idéverkstedet presenteres i kapittel 4.

3 Litteraturstudie

Litteratursøket viste at det eksisterer begrenset med publisert materiale om tema *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon* i Norge. Det forelå allikevel enkelte rapporter som omhandlet utredninger, problemstillinger eller temaer med relevans for denne forstudien. Søk etter relevante vitenskapelige publikasjoner i internasjonale databaser ga også begrenset resultat, og størsteparten av treffene gjaldt studier av ikke-agronomisk jord, særlig i forbindelse med undersøkelser av forurenset grunn og endringer av karboninnhold ved klimaendringer. I de videre avsnittene presenteres funnene fra litteraturstudien, som innledes med informasjon om *jordhelse* i Norge (3.1), og særegenhet ved det *arktiske landbruket* (3.2), etterfulgt av informasjon om organisk materiale og jordstruktur (3.3), jordliv (3.4) og jordforbedrende tiltak (3.5).

3.1 Jordhelseprogrammer i Norge og Europa

Intensivt jordbruk har bidratt til nedgang i jordkvalitet og avtakende produktivitet for verdens matjord (Lal og Stewart 2012), som gjenspeiles av stagnerte avlingsnivåer, tap av organisk materiale/karbon i jord, og behov for å bedre jordas kapasitet til å lagre og drenere bort overflødig vann. Dette understreker i tillegg viktigheten av jordas ulike funksjoner og økosystemtjenester (Landbruksdirektoratet 2020). Problematikken har av den grunn fått økende oppmerksomhet i senere år. I EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horisont Europa (2021-2027), står *jordhelse* sentralt som et av fem samfunnsoppdrag (i tillegg til forskning på kreft, tilpasning til klimaendringer, sunne hav, kystområder og vassdrag, og klimanøytrale og smarte byer). I programmet heter det at god *jordhelse* er en forutsetning for matproduksjon, sunn mat, rent miljø, rik natur, og reduisering av klimaendringene. Samfunnsoppdraget om *jordhelse* skal bidra til økt kunnskap og forståelse for viktigheten av god *jordhelse*, samt anvendelsen av denne kunnskapen. Programmet skal stimulere til å eksperimentere for å produsere ny kunnskap, til læring og tilpassing av måten vi forvalter jorda på, for å sikre en sunn jord for både dagens og fremtidige generasjoner (European Commission 2021).

Også nasjonalt har interessen for bevaring av jord, *jordhelse*- og kvalitet økt. Jordas rolle i en rekke økosystemer, og betydningen av jord for miljø-, klima-, plante- og dyrehelse har samtidig kommet mer i søkelyset enn tidligere (Landbruksdirektoratet 2020). I 2020 ble det av Landbruksdirektoratet utgitt et Nasjonalt program for *jordhelse*, på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet, med mål om å danne et faggrunnlag med forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på *jordhelse*. Programmets mandat var blant annet «å bevare/øke jordas kapasitet for matproduksjon, gjøre jorda mindre sårbar med tanke på klimaendringer, og øke jordas klimabidrag i form av karbonbinding og redusere ulike miljøbelastninger knyttet til jord» (Landbruksdirektoratet 2020).

3.1.1 Jordhelse i norsk grøntproduksjon

I intensive produksjoner vil gjerne «behovet for *jordhelse*» være større enn ved mindre intensiv drift. God *jordhelse* er avgjørende for å opprettholde jordas funksjoner, samt produktivitet, over tid og redusere negativ påvirkning av jordtrusler (Smith m.fl. 2016). En viktig jordtrussel i grøntproduksjon er vannerosjon. Erosjonsrisikoen avhenger i stor grad av jordegenskaper og terreng, og grøntproduksjon foregår av den grunn gjerne på flatere arealer hvor risikoen for erosjon er mindre (Skaalsveen m.fl. 2021). Den intensive driften som ofte forbindes med grøntproduksjon med jordarbeiding om høsten (og svart jord gjennom vinterhalvåret uten beskyttelse av plantemateriale), og i noen produksjoner flere ganger gjennom sesongen, fører allikevel til en økt erosjonsrisiko (Bechmann og Øgaard, 2010) som kan bidra til å forringe jorda over tid.

Store jord- og næringsstofftap fra jordet kan i tillegg bidra til utfordringer knyttet til vannkvalitet (Bechmann m.fl. 2017, Skaalsveen m.fl. 2021). På nasjonal skala illustreres dette blant annet av Program for jord- og vannovervåkning (JOVA) som måler tap av jord og næringsstoffer i ulike nedbørfelt i landet med ulike produksjoner (dominert av produksjon av korn- og oljevekster, potet, grønnsaker, eng og husdyr). Resultater fra overvåkingen fra 1992 og fram til i dag viser at de største tapene gjerne forekommer i nedbørfelt med potet- og grønnsaksproduksjon (Bechmann m.fl. 2017). Nedbørfeltene med grøntproduksjon i JOVA-programmet befinner seg riktignok ikke innenfor de nordlige fylkene av landet som sorterer under det *arktiske landbruket*, men noen av årsakene til de store jordtapene kan antas å være overførbare. Også i Troms er en stor del av de gode potet- og grønnsaksarealene flomutsatt (Troms fylkeskommune 2015).

Kjøring med tunge maskiner, for eksempel i forbindelse med potetopptak, kan også bidra til å redusere jordas funksjonalitet og helse ved jordpakking som reduserer jordas struktur, infiltrasjonskapasitet og produktivitet. Resultatet blir gjerne økt overflateavrenning og transport av jord- og næringsstoffer, samt potensielt dårlig rotutvikling og reduserte avlinger (Skaalsveen m.fl. 2021). Dette fører igjen til økt behov for gjødsling, som også medfører økte kostnader for bonden og økt risiko for tap av næringsstoffer til miljøet. Ulike strategier for å redusere negativ påvirkning av intensive driftsmetoder (f.eks. jordarbeiding og pakkeskader) og som beskytter jorda mot erosjon vil derfor være viktige for å bedre jordhelsen i *arktisk grøntproduksjon*.

3.2 Særegenhet ved det arktiske landbruket

I Norge bidrar oppvarming fra den norske havstrømmen til at det er mulig å drive jordbruk på breddegrader opp til 70-71° nord, som ellers domineres av permafrost (Obu m.fl. 2019). Lysforholdene og temperaturene ved de høye breddegradene påvirker også veksters utvikling og kvalitet i det *arktiske landbruket*. Den korte vekstsesongen i nord fordrer imidlertid produksjon av kuldetålerante vekster som grovfôr, potet, grønnsaker og bær (Mølmann m.fl. 2021).

I en rapport av Johansen m.fl. (2018) ble virkningen av nordlige natur- og klimaforhold på egenskaper hos nordnorske matprodukter undersøkt. Rapporten trekker frem begrepet *arktisk kvalitet* som beskriver de egenskapene disse produktene får som følge av de unike vekstforholdene i det *arktiske landbruket*, med lange lyse dager og lave veksttemperaturer. Eksempler på slike spesielle egenskaper er utseende, smak, konsistens og innholdsstoffer. For grønnsaker har for eksempel mindre bittersmak blitt dokumentert i vekster som kålrot og brokkoli.

Det har siden 2001 vært økt fokus på å utvikle verdikjeder av lokalprodusenter i Norge. Under jordbruksforhandlingene i 2012 ble det vedtatt på nasjonalt nivå å støtte utviklingen av det *arktiske landbruket*. Under forhandlingene i 2019 ble det i tillegg bestemt at det skulle satses på å styrke den norske produksjonen av blant annet grøntkulturer (Halland m.fl. 2019).

3.2.1 Jordbruksareal

I Troms og Finnmark er det totalt 536 524 dekar jordbruksareal, hvorav 336 813 daa er i drift, fordelt på 1 100 jordbruksforetak. Nesten 90 % av jordbruksarealet som er i drift benyttes til grovfôrproduksjon. I Nordland er det 751 939 dekar jordbruksareal, hvorav 546 776 dekar er i drift, fordelt på 1 823 jordbruksforetak. Også i Nordland er grovfôrproduksjon dominerende (82 % av jordbruksarealet) (NIBIO Arealbarometer 2020).

Tall fra søknad om produksjonstilskudd for 2020 viser at det i Nord-Norge er totalt 285 produsenter som dyrker potet på et areal som utgjør til sammen 4 083 daa. Hovedandelen av produksjonen foregår i Troms med 98 produsenter som dyrker potet på til sammen 2 486 dekar, mens det i Nordland er 174 produsenter som dyrker på til sammen 1 551 daa. I Finnmark er det 13 produsenter som dyrker på til sammen 46 daa. For hele Nord-Norge har det vært en nedgang i antall potetprodusenter (55 %) og potetareal (31 %) sammenlignet med i 2010. Arealet som er egnet for grøntproduksjon i det *arktiske*

landbruket er med andre ord lite og utgjør kun en liten del av arealet for grøntproduksjon i Norge, på henholdsvis 70 609 daa og 114 908 daa for grønnsaks- og potetproduksjon (Tabell 1).

Tabell 1. Arealfordeling grøntproduksjon og totalt jordbruksareal i Nordland, Troms og Finnmark og i Norge totalt i 2020.

Fylke	Grønnsaksareal (daa)	Potetareal (daa)	Totalt jordbruksareal (daa)
Nordland	208	1 551	546 776
Troms og Finnmark	298	2 532	336 813
Hele landet	70 609	114 908	9 810 041

I Troms har det imidlertid vært stor satsing med god oppfølging og rådgiving i forbindelse med etableringen av Tromspotet og produsentorganisasjonen Ottar. Innsatsen har gitt resultater og ført til at grøntproduksjonen i Troms er tilbake på samme nivå som i 2005, mens det har vært en jevn nedgang i både Finnmark og Nordland i samme periode. Noe av årsaken til nedgangen er utfordringer med logistikk og transport, som er en viktig og kostbar del av verdikjeden (Nøstvold m.fl. 2019; Eldby m.fl. 2022).

Det nordnorske arealet for grønnsaker på friland har økt med 73 % i samme periode, og antallet produsenter er tilnærmet opprettholdt, som i all hovedsak kan forklares med en økning i antall dekar jordbruksareal med grønnsaksproduksjon i Troms. Volumet er imidlertid lavt og det er få produsenter. For hele Nord-Norge var det i 2020 50 produsenter som søkte om produksjonstilskudd for grønnsaker på friland på et areal på totalt 506 daa (Eldby m.fl. 2022).

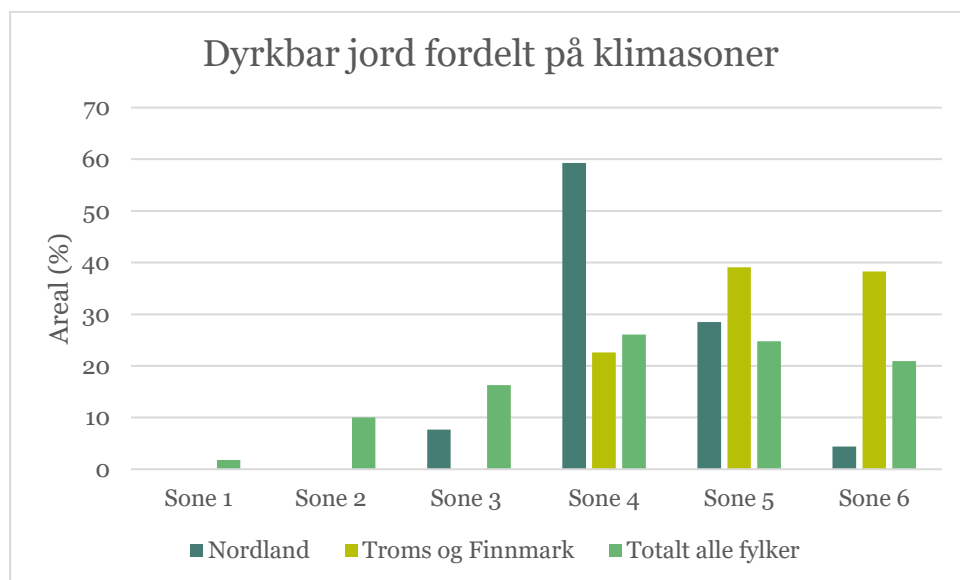
Troms og Finnmark og Nordland er ifølge Landbrukstellinga de fylkene i Norge med høyest leiejordandel (SSB 2021b). Høy andel leiejord kan føre til at produsenter er mindre villige til å iverksette jordforbedrende tiltak og gjøre investeringer for å ta vare på jorda (Ruralis 2018, Skaalsveen m.fl. 2022). En spørreundersøkelse utført av Ruralis i 2018 viste at kun 17 % av gårdbrukerne hadde planlagt investeringer på leid jord, mens 49 % av respondentene planla investeringer på eget areal. Resultatet av dette kan på sikt være dårligere *jordhelse* og produktivitet (Statsforvalteren i Troms og Finnmark 2018). I tillegg kan lange avstander/transportetapper mellom jordbruksarealene, som ofte er tilfelle ved stor andel leiejord, føre til at bonden ser seg nødt til å ha høyere lufttrykk i dekkene på jordbruksmaskinene, som igjen øker risikoen for pakkeskader.

Strategier for hvordan man kan motivere til økt tiltaksgjennomføring og investering på leiejord er derfor viktig for å bevare disse jordressursene. I tillegg bør tiltak for å styrke grøntproduksjon i resten av det *arktiske landbruket* (utover Troms) vurderes for å motvirke nedgangen i antall produsenter.

3.2.2 Klima

Klimaendringer er forventet å ha stor betydning for landbruket globalt, og mange områder vil det bety reduserte muligheter til å produsere mat (EASAC, 2018). *Jordhelse*programmet understreker at klimaendringer også i Norge vil øke risikoen for forringelse av matjorda (Landbruksdirektoratet 2020). Dette er blant annet knyttet til at tap av jordkarbon til atmosfæren øker ved varmere temperaturer, som også utgjør en viktig jordtrussel ettersom jordkarbon/organisk materiale i jord er avgjørende for god *jordhelse* (se avsnitt 3.3 for mer informasjon om betydningen av jordkarbon/organisk materiale i jord for *jordhelse*). Norge har et kaldt klima og forholdsvis høyt karboninnhold i jorda, men temperaturendringene spås å bli mer merkbare og relativt større i områder langt nord (Rasse m.fl. 2019).

I landbruket er det seks agroklimatiske soner som beskriver dyrkingsforholdene i ulike deler av landet, som strekker seg fra «1. Godt egnet for matkorndyrking» til «6. Marginalt for grovfôr dyrking». I Troms og Finnmark befinner 23 % av det dyrkbare arealet seg innenfor agroklimatiske sone 4 (marginalt for fôrkorndyrking), mens 39 % av arealet sorterer under sone 5 (godt egnet for grovfôr dyrking) og 38 % hører til sone 6 (marginalt for grovfôr dyrking) (Figur 1). I Nordland befinner 8 % av den dyrkbare jorda seg innenfor klimasonen 3 (godt egnet for fôrkorndyrking), mens 59 % av arealet er i sone 4, 29 % i sone 5 og 4 % er i sone 6 (NIBIO Arealbarometer 2020). De ulike sonene vil ha ulike utfordringer som følge av klimaeffekter (Uleberg & Dalmannsdottir 2018).



Figur 1. Dyrkbar jord i Nordland, Troms og Finnmark og totalt for alle fylker i Norge fordelt mellom klimasonen 1 (godt egnet for matkorndyrking), 2 (marginal for matkorndyrking), 3 (godt egnet for fôrkorndyrking), 4 (marginal for fôrkorndyrking), 5 (godt egnet for grovfôr dyrking) og 6 (marginal for grovfôr dyrking) (kilde: NIBIO Arealbarometer 2018).

I Nord-Norge vil temperaturendringer imidlertid også kunne bidra til økt produksjon og potensielt bidra til nye muligheter for hva som kan dyrkes (Uleberg & Dalmannsdottir 2018). Endringer knyttet til klima er allerede godt dokumentert, og vekstsesongens lengde økte på landsbasis med rundt en til to uker sammenliknet med referanseperioden 1971-2000, og mest i Nordland, Troms og Finnmark (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). I framskrivinger for Nord-Norge estimerte Uleberg m.fl. (2014) at vekstsesongen vil øke med én til fire uker i perioden 2021-2050 sammenliknet med referanseperioden 1961-1990 (Uleberg m.fl. 2014). Andre igjen indikerer at vekstsesongen i nord potensielt vil øke med opptil to måneder (Hanssen-Bauer m.fl. 2015).

Et eksempel på en positiv konsekvens av forlenget vekstsesong i *arktisk grøntproduksjon* er effekt på leveringsdyktighet. For arktisk potetproduksjon vil lengre vekstsesong kunne bidra til at produsenter vil kunne være leveringsdyktige i større deler av året ved å produsere potet som opprettholder kvaliteten gjennom hele lagringssesongen. Sorter som Asterix og Mandel, som er egnet for langtidslagring trenger om lag 120 dager i jorda for å oppnå best mulig skallkvalitet, mens produsenter i Troms nå har om lag 80-90 dager til rådighet (Troms fylkeskommune 2015).

Samtidig peker klimaframskrivinger på at økte temperaturer vil medføre endringer i forventede nedbørmengder og mønster. Mer nedbør vil kunne gi økte utfordringer i jordbruket, og det forventes flere døgn med kraftig nedbør enn tidligere (Uleberg & Dalmannsdottir 2018). Økte nedbørmengder på høsten vil kunne bidra til å gjøre forholdene for høsting mer utfordrende (Uleberg m.fl. 2014). Økt jordfuktighet medfører større risiko for jordpakking. I tillegg vil flere eller mer intensive nedbørepisoder bidra til økt erosjonsproblematikk og tap av matjord.

I møte med klimaendringene har land som Kina, Norge og Finland primært tilpasset dagens nordlige og *arktiske landbruk* til endrede temperaturer og nedbørmengder (klimatilpasning). I motsetning har land som Canada, Russland og Mongolia lagt til rette for nydyrking (av blant annet skogsområder, våtmarksområder og grasmarker for å øke jordbruksveksten i boreale og arktiske områder for å øke den lokale matsikkerheten). Forskjellen skyldes for Norges del særlig begrensninger i tilgjengelig arealer av dyrkbar jord utover det som dyrkes i dag. Det er med andre ord viktig med bærekraftige jordbrukssystemer som ivaretar de begrensede jordressursene, naturen og miljøet under ulike forhold (Altdorff m.fl. 2021).

Klimatilpasning er kanskje særlig viktig i det *arktiske landbruket* hvor de egnede arealene for dyrking av matvekster er små og hvor klimaendringer vil bli særlig merkbare. Utprøving av ulike klimatilpasningstiltak for ulike produksjoner (og klimasoner) er derfor viktig for å hindre forringelse av de begrensede jordressursene.

3.3 Organisk materiale og jordstruktur

Jordas innhold av organisk materiale står sentralt for jordas egenskaper og helse. Tidligere har Riley (2003) dokumentert en vesentlig reduksjon i konsentrasjoner av organisk materiale de siste 60-70 årene på norsk jord, særlig i områder med korn, potet- og grønnsaksproduksjon. Organisk materiale har et høyt innhold av karbon (45-60 %) som er viktig for både jordlivet, jordas struktur og stabilitet, og for motstandsdyktighet mot pakkeskader. Jorda er et viktig karbonlager som anslås å være minst tre ganger høyere enn nivåene i atmosfæren og nivåene som er bundet i plantemateriale (Schmidt m.fl. 2011). Selv små endringer i jordas karboninnhold vil derfor kunne få store konsekvenser for innholdet av CO₂ i atmosfæren, og tiltak for å bevare og tilbakeføre karbon til jorda er viktig for både klima og for god *jordhelse* (Rasse m.fl. 2019).

I Nord-Norge forekommer det en del jordsmonn med høyt organisk innhold, som drenerte myrområder, som gjerne brukes til produksjon av gras til dyrefôr. På slike arealer vil det høye innholdet av organisk materiale kunne utgjøre en utfordring for drifta. Dette som følge av risiko for dårlig bæreevne, kjøreskader og jordpakking, særlig i områder med mye nedbør. I tillegg er gjerne jordlivet lite aktivt i slike områder, mens tiltak for å bedre jordlivet vil kunne bidra til økt mineralisering og utslipp av karbon.

For grøntproduksjon på mineraljord er utfordringene derimot gjerne knyttet til et for lavt eller synkende innhold av organisk materiale, dårlig jordstruktur og tap av jordliv. Dette gjerne som en konsekvens av intensiv jordbruksdrift. For eksempel i Målselv, hvor det er forholdsvis stor potetproduksjon, foregår størsteparten av dyrkingen på arealer med Fluvisoler. Dette er en selvdrenert jord som mangler struktur og derfor kan være utsatt for pakking og kjøreskader når den er våt (særlig ved høyt siltinnhold) (Lågbu m.fl. 2016). Jordpakking og kjøreskader er også en vanlig konsekvens av dårlig vedlikehold av hydroteknisk anlegg og dårlig drenering, som særlig er et problem på leiejord som følge av liten investeringsvilje på disse arealene (som omtalt i avsnitt 3.2.1).

Jord som er pakket vil ha en dårligere struktur som blant annet fører til at jorda får redusert infiltrasjons- og dreneringsevne, redusert biodiversitet, reduserte avlinger, mindre plantetilgjengelig næring og større risiko for erosjon og flom. God jordstruktur er derfor avgjørende for god *jordhelse* i tillegg til å redusere risikoen for forringelse av matjord i et endret klima (Landbruksdirektoratet 2020). Tiltak for å tilbakeføre organisk materiale til jorda og bidra til å bedre jordstrukturen er derfor viktig for å opprettholde god jordstruktur- og helse, samt fertilitet på sikt. Det er imidlertid fremdeles behov for å undersøke effekter av (og tilpasse) tiltak til Nordnorske forhold (se avsnitt 3.5).

3.4 Jordliv

God jordstruktur er i tillegg avhengig av et aktivt og allsidig jordliv. Jordlivet påvirkes, i likhet med innhold av organisk materiale og jordstruktur, i stor grad av driftspraksis. Jordlivet har en særlig sentral rolle innen *jordhelse*konseptet, og når det kommer til å opprettholde jordas funksjoner og økosystemtjenester. Mikroliv i jord spiller i tillegg en avgjørende rolle for nitrogen- og karbonkretsløpet og er viktig for både opptak og frigjøring av klimagasser, næringsopptak av planter og frigjøring av næringsstoffer fra berggrunnen (Landbruksdirektoratet 2020).

Ettersom temperaturstigningen som følge av global oppvarming er relativt høyere i arktiske strøk er det viktig å undersøke hvordan en slik temperaturøkning vil påvirke viktig jordliv ettersom dette igjen vil få betydning for jordas funksjonalitet og helse. Økte temperaturer i arktiske områder blir gjerne assosiert med høyere tilgjengelighet av nitrogen for planter (Chapin 1983, Nadelhoffer m.fl. 1992, Aerts 2006) og karbonomsetning ettersom mikroorganismer i arktisk jord opplever temperaturer langt under det som er optimalt for mikrobiell vekst (Hobbie & Chapin 1998, Shaver m.fl. 2006, Rinnan m.fl. 2007, Biasi m.fl. 2008). En økt oppvarming av jorda regnes derfor gjerne som en faktor som kan bidra til betydelig økning av den mikrobielle aktiviteten i jorda, og derfor også til økt nedbrytning og tap av karbon til atmosfæren (Deslippe m.fl. 2012).

Samtidig viser andre studier at mikroorganismer som befinner seg i kalde områder over tid kan tilpasse seg dette miljøet slik at aktiviteten er like høy som om temperaturen skulle vært varmere. En slik oppregulering av aktiviteten til mikroorganismer skjer som følge av fysiologiske endringer som muliggjør videre vekst under kalde temperaturer (D'Amico m.fl. 2006). Tilsvarende har enkelte langtidsforsøk pekt i retning av at mikroorganismer også på sikt vil akklimatisere til høyere temperaturer. Det betyr at økt nedbrytning av karbon som følge av høyere temperaturer og økt mikrobiell aktivitet vil gå tilbake etter hvert som mikrolivet tilpasses den nye temperaturen. Dette har derimot blitt tilbakevist av andre studier, som blant annet et forsøk fra Sverige av Hartley m.fl. (2008) hvor de undersøkte respirasjonsrespons i forhold til temperatur og ikke fant tegn til akklimatisering. De forklarer heller reduksjonen i respirasjon i langtidsforsøkene med at jorda ble forringet utover i forsøket, som igjen førte til redusert mikrobiell aktivitet.

I en kanadisk studie undersøkte Deslippe m.fl. (2012) effekter av jordoppvarming på mikrobielle samfunn i arktisk jord (tundra) over en periode på to år. De fant at disse samfunnene var stabile over tid, men at samfunnsstrukturen ble endret med oppvarming med en økt stabilitet for soppsamfunn, og redusert stabilitet for bakteriesamfunn. Høy samfunnsstabilitet betyr økt motstandsdyktighet mot ytre påvirkning, som vil si at redusert stabilitet i bakteriesamfunn vil kunne bety redusert funksjonalitet med økte temperaturer. Ettersom soppsamfunn så ut til å respondere bedre på temperaturøkning kan mye tyde på at sopp vil kunne dra nytte av klimaendringer i mange økosystemer.

Sammensetningen av mikrobielle samfunn i jord påvirker i stor grad plantehelse, avling og næringsinnhold. I jordbruksjord påvirkes sammensetningen av disse samfunnene, og derfor også jord- og plantehelse, av en rekke faktorer som for eksempel gjødsling og jordas pH. I et gjødslingsforsøk på Grønland fant Michelsen m.fl. (2013) ingen store endringer i bakteriesamfunnet i jord brukt til potetproduksjon som følge av endret gjødslingsregime, som kan tyde på robuste bakteriesamfunn i denne jorda. Det blir meldt om liten bruk av plantevernmidler i grønlandsk potetproduksjon, som trolig enten skyldes relativt kalde vintertemperaturer eller tilstedeværelse av bakterier som motvirker patogener.

Det er fremdeles en vei å gå for å definere gode og effektive biologiske *jordhelse*indikatorer for mikrolivet i jorda, blant annet som følge av at kun en liten del av det store mangfoldet av organismer er kartlagt (Biodiverse 2018). Mer kunnskap om jordorganismer i arktisk jord, samt hvordan disse påvirkes av ulike driftsmetoder og klima er derfor viktige temaer for videre forskning.

3.5 Jordforbedrende tiltak

For å opprettholde eller forbedre jordhelsen og produktiviteten i *arktisk grøntproduksjon* kan det være nødvendig å gjennomføre ulike jordforbedrende tiltak.

I tidligere avsnitt har viktigheten av å unngå pakkeskader for å opprettholde god *jordhelse* blitt nevnt. Problematikken med høy leiejordandel i Nord-Norge har vist å føre til redusert investeringsvilje, som blant annet gir utslag i dårlig drenerte jorder. Drenering er også viktig for å opprettholde god produksjon, og 40 % av arealet i Troms og 50% av arealene i Nordland har behov for dreneringstiltak. Økt jordfuktighet forårsaket av dårlig drenering kan blant annet føre til mer ugras og plantesykdommer, økt jordpakking, økt avrenning og utslipp av klimagasser (Ulfeng 2018 a,b). Andre hydrotekniske tiltak som grøfting og vedlikehold av rør og kummer er viktig for å redusere overflateavrenningen, senke grunnvannsstanden og øke infiltrasjonskapasiteten i jorda. Det bør oppfordres sterkt til, samt tilrettelegges for å gjøre utbedringer og vedlikehold av hydroteknisk anlegg, også på leiejord. Ettersom andelen leiejord blir stadig høyere i det *arktiske landbruket* øker også viktigheten av tiltaket.

Flomsikringstiltak er også viktig, og stadig mer aktuelt i et endra klima, og det bør ved nydyrking tilrettelegges og inspireres til å velge egne arealer sikret mot flom (Tromsø fylkeskommune 2015).

Andre jordforbedrende tiltak som kan være aktuelle i *arktisk grøntproduksjon* er å tilbakeføre organisk materiale til jorda, som for eksempel med ulike former for kompost, både med gjødslingseffekt og for å bedre jordstrukturen ved å tilbakeføre organisk materiale. Dette kan også bidra til å redusere erosjonsproblematikk. Det kan imidlertid være utfordrende å gjennomføre tiltaket i nord med tanke på at nedbrytingen tar lengre tid som følge av kalde temperaturer som påvirker mikrolivet. I Alaska er det i enkelte områder nokså utstrakt bruk av kompost som inneholder fiskerester. Biprodukter av fisk, som fiskemel eller fiskeslam, brukes også som gjødslingsmidler/jordforbedring i disse områdene (Stevenson m.fl. 2009, Himelbloom m.fl. 2010). I Finland og Canada blir også fisk brukt i kompost, kombinert med torv, halm, siv eller avfall fra trevirke (Roinila, 1998).

Bruk av biokull er et annet tiltak som kan virke jordforbedrende, redusere avrenning av næringsstoffer og øke jordas evne til å holde på vann, men som er lite utprøvd i *arktisk grøntproduksjon*.

Fangvekster er et jordforbedrende tiltak som er lite utprøvd i nord grunnet lave temperaturer og kort vekstsesong. Vekstene kan bidra til mer biodiversitet, forbedret jordstruktur og fertilitet. I kaldt klima vil det være mest aktuelt å gro fangveksten mellom rader av hovedkulturen. Nitrogenfikserende fangvekster vil kunne ha gjødslingseffekt og påvirke hovedveksten positivt. Det er imidlertid behov for mer forskning på dette feltet (Stevenson m.fl. 2014).

Også reduserte former for jordarbeiding kan bidra til å bedre jordstrukturen og motvirke erosjon ved å øke jordstabiliteten. Gode omløp er viktig i grøntproduksjon, og dyrking av potet på samme areal i mer enn to år er for eksempel ikke anbefalt. Omløp er viktig for å bevare god jordstruktur, men også for å redusere forekomsten av plantesykdommer/skadegjørere. Dette vil bli stadig mer aktuelt med klimaendringer og mildere temperaturer som spås å kunne øke smittepresset. Optimale vekstskifter kan derimot være krevende i *arktisk grøntproduksjon* grunnet begrenset areal som egner seg for denne type produksjon (gjerne steinfri og veldrenert jord med god arrondering) (Troms fylkeskommune 2015). Dette bekreftes av resultater fra en bærekraftsstudie i det *arktiske landbruket* av Halland m.fl. (2020) hvor gårdbrukerne betegnet vekstskifte som en viktig del av drifta, også med positiv effekt på jorda, men at tiltaket kunne være vanskelig å få til for gårdbrukere med begrenset egnet areal. Dette var en begrensende faktor for de fleste gårdbrukerne i studien.

Gårdbrukerne viste i tillegg, ifølge studien til Halland m.fl. (2020), interesse og engasjement rundt hvordan drifta påvirket jorda (og vannet), og forståelse for at driftsform påvirker den fremtidige produktiviteten til jorda. Bruk av maskiner som gir mindre risiko for jordpakking (særlig tyngde,

hjulstørrelse og kjøremengde) ble tatt frem som eksempel. Gårdbrukerne er i tillegg pålagt å prøveta og analysere jorda hvert femte år, samt utarbeide årlige gjødselplaner.

Kunnskapsbygging er også viktig for *arktisk grøntproduksjon*, og særlig i grønnsaksproduksjon, med utfordringer som følge av marginale forhold, skadedyr, og ugras, som gjør produksjonen svært kunnskapskrevende. Det er derfor avgjørende med et godt tilbud med opplæring, veiledning og oppfølging av de som ønsker å produsere grønnsaker, i tillegg til et godt mottaks- og distribusjonsapparat.

4 Resultater fra idéverksted

Idéverksted for *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon* ble arrangert for å få bedre oversikt over lokal kunnskap og kartlegge opplevd kunnskapsbehov blant deltakerne. Arrangementet foregikk virtuelt på Teams med til sammen 13 deltakere. To av deltakerne var rådgivere i NLR Nord Norge, seks var produsenter av ulikt omfang fra ulike deler av landsdelen, i tillegg til én urban landbruksaktør og fire forskere/rådgivere fra NIBIO. I avsnittene under presenteres de viktigste resultatene fra idéverkstedet, basert på diskusjonen med deltakerne, kategorisert som *jordhelse* i nordnorsk rådgiving (4.1), *påvirkning jordhelse* (4.2), tiltak for å fremme *jordhelse* (4.3) og kunnskapsbehov og problemstillinger for videre forskning (4.4).

4.1 Jordhelse i nordnorsk rådgiving

NLR sin avdeling i Nord-Norge var relativt tidlig ute med å jobbe med *jordhelse* i landsdelen og har de senere årene arrangert fagdager og kurs med temaer tilknyttet *jordhelse*. En av rådgiverne i NLR forklarte at det har vært et skifte fra at det tidligere ble fokusert mest på gjødselplaner og jordprøver til en mer helhetlig tilnærming til jordbruk hvor *jordhelse*, biologi og jordkarbon har fått en større rolle. Dette skyldes også et økt oppmerksomhet rundt viktigheten av jord sentralt i organisasjonen, som har bidratt til et utvidet tilbud for medlemmene med blant annet opprettelse av nasjonale fagressurser innen jord, interne kurs og forsøk for å øke kunnskapsnivået blant rådgiverne.

4.2 Påvirkning jordhelse

Det var bred enighet blant deltakerne på idéverkstedet om at det både er nødvendig og ønskelig med jordforbedrende tiltak i *arktisk grøntproduksjon*, også med tanke på klimatilpasning. En større potetprodusent beskrev at han erfarte at intensiv drift tærte på jordkvaliteten og at vekstskifte/grønnngjødsling hadde positiv effekt. Han påpekte samtidig at behovet for jordforbedrende tiltak var begrenset i hans produksjon ettersom avlingene var gode. Han forklarte dette med at han hadde tilegnet seg mer kunnskap om hvilke kjøretidspunkt, metodikk og gjødslingsstrategi som bidro til at jorda ikke ble belastet mer enn tidligere. Samtidig fortalte han at det kun var deler av arealet som var egnet for potetdyrking som produserte poteter med fint skall. Han var derfor interessert i å vite hva som forårsaket bedre avlinger og finere skall på enkelte arealer og ikke andre. Han fortalte videre at han kjører med tungt utstyr, men løser opp i pakkeskader ved hjelp av pløying om våren. I tillegg fortalte han at frosten er en god hjelper for å bedre jordstrukturen og pekte på at dette var gammel lærdom fra landbruksskolen. Han etterlyste imidlertid mer effektive jordarbeidingsmetoder som gir mindre påvirkning på jorda, ettersom lette roboter brukt i presisjonsjordbruk kun gjennomfører lettere arbeidsoppgaver (som luking og sprøyting) og derfor ikke erstatter jordarbeiding og tyngre feltoperasjoner. Han fortalte at han nå kan høste potet én til to uker seinere enn for noen år tilbake som følge av en lengre høst (klimaendringer).

En av produsentene som drev økologisk fortalte at han tok utgangspunkt i at «jordliv og planter har eksistert lenge før menneskene og derfor klarer seg godt uten oss, slik at det vi gjør som bønder vil være skadelig for jorda med tanke på jordpakking». Han hadde ønske om å redusere denne påvirkningen mest mulig. Han forklarte at han var overrasket over å observere at jordpakking gjør større skade på jorda og hadde større innvirkning på avlingspotensialet enn han først trodde, og påpekte at plantene trives best når jorda får være i fred. Han fortalte også at å legge over til økologisk drift hadde bidratt til at han stadig stilte flere spørsmål knyttet til påvirkningen av ulike metoder/drift.

Flere nevnte at oppskalering av økologisk drift fra liten til større skala gjerne medfører utfordringer. Både fordi større drift gjerne krever større maskiner/utstyr, men også med tanke på tilgangen til kompost. Ved produksjon på større areal kreves mye kompost for å drive etter økologiske prinsipper/metoder, og tilgang til nok kompost/organisk materiale til å betjene hele arealet kunne være særlig utfordrende i Nord-Norge. Representanten fra den urbane landbruksaktøren fortalte at de har vært i kontakt med en lokal gjenvinningsstasjon, men at det var utfordringer knyttet til mikroplast i komposten. De var derfor interessert i å finne gode alternativer, og tilpasse produksjonen av kompost til den lange vinteren i nord.

En av produsentene fortalte at forskere hadde undersøkt jorda hans for 30 år siden og konkludert med at «de aldri hadde gravd i så livløs jord». Han mente at årsaken til dette trolig var at opphavsmaterialet bestod av elveavsetninger med høyt innhold av silt og sand. Hans erfaring var at enga sliter om våren på grunn av næringsmangel. Han viste til at han fra tidligere av hadde god erfaring med å tilføre husdyrgjødsel sent på høsten, nesten etter at plantene har gått i dvale, men at dette er en praksis som ikke lenger brukes pga. utfordringer med avrenning. Han fortalte videre at vekstskifte er krevende å få til i praksis ettersom det i storskala potetproduksjon er behov for å bruke de best arronderte arealene til potetproduksjon år etter år. I det senere har han imidlertid hatt god erfaring med ettårig vekstskifte hvor han dyrker ei blanding av raigras og havre som høstes en gang, mens etterveksten pløyes ned og arealet brukes til potetproduksjon igjen året etter.

4.3 Tiltak for å fremme jordhelse

Det er fremdeles behov for å teste ut og dokumentere effekter av ulike jordforbedrende tiltak i en arktisk setting, og interessen for dette var kanskje særlig stor blant produsentene med økologisk småskala grøntproduksjon. De var opptatt av å «finne de rette tiltakene, siden vi ikke kan sprøyte». De understreket at de fleste tiltak er mindre utprøvd i nord.

Tilførsler av kompost og ulike typer gjødsel til organisk materiale ble trukket frem som tiltak som var viktig for *jordhelse*, og det ble pekt på at det er færre restriksjoner ved bruk av kompost fra egen gård enn ved kjøp av kompost. En produsent med småskala produksjon hadde forsøkt å frese inn gjødsel fra sau med litt varierende resultat. Hun forklarte at hun hadde sluttet med jordarbeiding, og hadde god erfaring med å bruke jorddekke av gras fra rundballer, laget av etterveksten fra siste slått (håa), siden dette er frø/ugrasfritt. Hun har også god erfaring med å tilføre flis for å mate mikroorganismer i jorda og opplevde å få gode avlinger og høy forekomst av meitemark i jorda.

Det var enighet om at vekstskifte i grøntproduksjon er viktig, på tross av at det kan være vanskeligere i Nord-Norge med tanke på arrondering (samdyrking eller rotasjonsskifte med nabosamarbeid ble også foreslått som tiltak for å løse dette). Det ble foreslått at dyrking av kløver, gras og eng før arealet brukes til grønnsaksproduksjon kan være gunstig både med tanke på jordstruktur, *jordhelse*, ugrasbekjempelse og planteskadegjørere (ensidig gras gir ikke god nok effekt). En av rådgiverne pekte på viktigheten av å inkludere eng med belgvekster i vekstskifte ved grønnsaksproduksjon.

Mer plantediversitet i form av ulike former for fangvekster/underkulturer ble også nevnt som et mulig *jordhelsetiltak*. En produsent viste til positive erfaringer med å så ruggras i grønnsaksåkeren sent i vekstsesongen, la denne underkulturen stå over vinteren og for så å harve ned påfølgende vår, som en form for grønnngjødsling. Et annet eksempel som ble nevnt var å så kløver for å redusere problemer med kålflue i kålproduksjon. Også vekster med dype røtter, som luserne kan ha en god effekt, særlig på jordstruktur. Både havre og høstrug er kuldetålerante og overvintre, og kan derfor beites utover sesongen dersom produsentene har husdyrproduksjon. Toårig raigras som dør av seg selv etter to sesonger vil gi mye biomasse og kan fungere som en type grønnngjødsling. En av produsentene hadde forsøkt å finne passende underkulturer til målselvneppe og hadde etter litt prøving og feiling hatt hell med høstrughvete (krysning/hybrid) som hadde god vekst og dekke, men ikke tok for mye næring. Produsenten fortalte at nepeavlingene hadde vært svært gode med denne underkulturen. Det ble også

nevnt at dyrking av rug/raigras/hundegras i vekstskifte kan være et godt tiltak ettersom disse vekstene er «aggressive» og kan utkonkurrere ulike former for ugras.

Det ble pekt på at det er viktig med tiltak som bidrar til å begrense jordpakking, spesielt ved storskala produksjon, eksempelvis faste kjørespor, pløying om våren for å løse opp jorda og generelt mer presis jordarbeiding.

4.4 Kunnskapsbehov og problemstillinger for videre forskning

Det var tydelig interesse blant deltakerne på idéverkstedet for å videreføre arbeidet med *jordhelse i arktisk grøntproduksjon*, og det kom mange innspill om kunnskapshull og forslag til videre forskning.

Noen småskala produsenter som drev økologisk og med mål om minst mulig jordforstyrrelse ønsket mer kunnskap og informasjon om hvordan de kan oppskalere drifta uten at det går på bekostning av jordhelsen. Dette er utfordrende med tanke på at større drift gjerne er ensbetydende med større utstyr som igjen kan påvirke jorda negativt (jordpakking), sammenliknet med manuelt arbeid i mindre systemer. Mer kunnskap om hvordan jordarbeiding/produksjon kan gjøres «så skånsomt som mulig» ble også etterspurt av andre deltakere, særlig i forbindelse med jordpakkingsproblematikk. Det ble også pekt på at det er viktig å se på hvordan denne «kunnskapen kan konverteres til tekniske løsninger».

Det ble etterspurt mer kunnskap om gode metoder for brakking og opparbeiding av nye arealer for grønnsaksdyrking, samt mer kunnskap om hvordan brakking og regenerative metoder (i økologisk landbruk) påvirker jordlivet. Det ble vist til at erfaringer med at brakking med svart plast gjennom hele vekstsesongen var svært effektivt for å bekjempe ugras og bidro til å gjøre jorda mer luftig. Samtidig ble det stilt spørsmål om hvor lenge jorda kan ligge brakk før dette har negativ innvirkning på jordlivet ved at jordlivet får for liten tilførsel av organisk materiale. Det ble også pekt på at bruk av plast/papp til brakking kun er egnet for mindre arealer ettersom dette blir kostbart, lite praktisk og mindre miljøvennlig i storskala dyrking.

I forbindelse med behovet for bedre tilgang på kompost/organisk materiale var det et ønske om mer forskning på bruk av ulike avfallsprodukter (og kombinasjoner av f.eks. kompost, biorest, gras, tang og tare) og hvilken effekt disse produktene har på *jordhelse*, næringstilgang og plantevekst. I følge enkelte av deltakerne var det behov for langtidsundersøkelser av effekten av å tilføre ulike typer organisk materiale på jordliv i Nord-Norge. Det var interesse for å se hvordan jordlivet påvirkes over tid, samt i hvor stor grad (og når) næringsstoffer fra tilført organisk materiale er plantetilgjengelig, hvor fort materialet brytes ned, og om det er tilstrekkelig for å dekke plantenes næringsbehov gjennom vekstsesongen. Det ble også stilt spørsmål til når (vår eller høst) det er optimalt å pløye ned vekster brukt til grønn gjødsling for å optimalisere effekt på jordliv. Det ble pekt på at kort vekstsesong i nord gjør at det er viktig å få sådd vekster tidlig nok om våren, noe som kan tale for pløying om høsten. En av rådgiverne anbefalte brakking av areal avsatt til eng/grønn gjødsling istedenfor at dette pløyes ned. Det ble også stilt spørsmål hvor ofte et areal kan pløyes uten at dette har negativ påvirkning på jordlivet.

En produsent påpekte at vekstskifte med eng kan ha positiv effekt på jordlivet ved at engvekstene skiller ut sukker fra røttene som gir næring til jordorganismer, og viste til at det vil være nyttig å undersøke sukkernivå i jordsmonnet gjennom vintersesongen for å kartlegge næringstilgang til jordorganismer. Han forklarte at det kan være positivt for jordorganismene at graset i etterveksten (håa) som overvintrer er langt da dette kan gi bedre tilførsel av næring fra plantene til jordorganismene. Samtidig kan overvintring av langt gras øke faren for overvintringsskade og sopputvikling i enga. Det er derfor behov for forskning som kan finne rett balansepunkt mht. på hvor langt graset som overvintrer bør være for å optimalisere effekten av plantedekke på jordliv, samtidig som at faren for overvintringsskader/sopputvikling minimeres.

Flere produsenter viste til gode erfaringer med samplanting/underkulturer både som et tiltak for å fremme *jordhelse* og bekjempe ugras. Flere pekte på at det er et behov for mer kunnskap om hvilke vekster som egner seg for samplanting i nordlige strøk. En produsent som driver økologisk pekte på at samplanting av ulike hovedkulturer bidrar til større diversitet i produksjonssystemet (som kan være positivt for jordliv), og ønsket mer kunnskap om hvor nært ulike kulturer bør dyrkes for å optimalisere denne effekten.

Det var generelt sett stor interesse for mer kunnskap om jordliv, dynamikken i samfunn av ulike mikroorganismer i det *arktiske landbruket*, samt hvordan dette påvirker jordhelsen og innsatsfaktorer i jordbruket under ulike forhold. Det ble pekt på at kunnskapen om biologisk mangfold i jord er mangelfull og at det derfor er viktig å starte med å finne ut hva vi har av jordorganismer. Det er behov for mer kunnskap om, samt standardisering, av *jordhelseindikatorer/målemetoder* generelt og biologiske *jordhelseindikatorer* spesielt. Det ble ytret ønske av en av produsentene om mer kunnskap om hva større forekomst av tele i landsdelen (sammenliknet med i fylker lenger sør) grunnet kaldere temperaturer har å si for blant annet jordliv og for erosjonsrisiko, spesielt virkningen av jorddekke gjennom vinteren på jordliv i jord med mye tele. En økologisk produsent etterlyste også mer kunnskap om effekten av sprøytemidler på jordliv.

Det ble i tillegg foreslått å undersøke hvordan jordlivet påvirkes av årstider, ved å se på hvordan samfunn av mikroorganismer endres gjennom året. Det var særlig interesse for å undersøke endringer i overgangen mellom vinter og vår, og påvirkning på næringstilgangen (spesielt tilførsel av nitrogen og fosfor,) til planter når «vinterorganismene» dør. Bedre oversikt over når på året det er mest hensiktsmessig å gjennomføre prøvetaking av for eksempel sopp/bakterieprøver fra jord er også nødvendig.

Det var mest fokus på problematikk rundt jordpakking og tiltak for å bedre forholdene for jordlivet blant deltakerne, men viktigheten av kunnskap om mineralforsyning ble også nevnt. Fosfortilgang er en utfordring i grøntproduksjon, særlig ved kalde temperaturer, ettersom fosfor er lite mobilt i jorda. Det ble derfor understreket av en av deltakerne at kunnskap om ulike tiltaks effekter på rotsystemer og mykorrhiza er viktig.

Det var interesse for mer forskning/kunnskap om forebygging og tiltak mot ugras i *arktisk grøntproduksjon* som følge av det spesielle klimaet. Mer kunnskap om virkning av ulike vekster i vekstskifte ble også etterspurt, i tillegg til kunnskap om fangvekster/dekkvekster/underkulturer i grøntproduksjon.

I tillegg til kunnskapsbehov ble det meldt om et formidlingsbehov. Særlig de mindre økologiske grønnsaksprodusentene fortalte at både forbrukere og andre produsenter kunne reagere negativt på at jordbruksarealene så «uryddige» ut grunnet ugras/samplanting. De opplevde at det er viktig å formidle budskapet om *jordhelse* og jordforbedrende tiltak til forbrukerne.

5 Oppsummering

Det er fremdeles behov for mer kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*, både for å redusere negativ påvirkning fra intensive driftsmetoder og for å gjøre jorda mer motstandsdyktig i et endret klima. Omfanget av grøntproduksjon i landsdelen (og i arktiske og sub-arktiske områder i andre land for øvrig) er forholdsvis lite, som er med på å forklare den begrensede kunnskapen på området. Det har i tillegg vært en generell nedgang i antall potet- og grønnsaksprodusenter i Nord-Norge i senere år, med unntak av i Troms. Der har en storstilt satsing på grøntproduksjon demonstrert at god oppfølging, rådgiving, innsats og tilrettelegging nytter. Slike tiltak er viktige for å opprettholde eller øke produksjonen av grønnsaker og potet i det *arktiske landbruket*.

Noe av årsaken til at grøntproduksjon foregår i relativt liten skala i landsdelen er også at det er begrenset areal som er egnet for formålet. Viktigheten av å opprettholde god *jordhelse* for å ivareta disse jordressursene vil derfor være desto større. I intensive produksjoner som potet- og grønnsaksdyrking vil «behovet for *jordhelse*» være større enn i grovfôrproduksjon, som landsdelen domineres av. Dette som følge av at det i potet- og grønnsaksproduksjon gjerne jordarbeides om høsten og er lange perioder uten jorddekke som beskytter jorda mot erosjon. Intensiv jordarbeiding bidrar også til å redusere innholdet av organisk materiale i jorda (inkl. jordkarbon) på sikt, med negative konsekvenser for *jordhelse* og økte klimautslipp. Organisk materiale i jord er viktig for blant annet jordfruktbarhet, jordliv, jordstruktur og motstand mot jordpakking.

Jordpakking og kjøreskader er også en særlig utfordring i disse produksjonene, særlig i større produksjoner hvor tunge maskiner og utstyr benyttes. Risikoen for jordpakking øker i tillegg med økt jordfuktighet. God jordstruktur er avgjørende for å opprettholde jordas infiltrasjons- og dreneringsevne, jordliv, avlinger, plantetilgjengelig næring, samt redusere risikoen for erosjon og flom. Drenering er derfor avgjørende for å bevare god *jordhelse* og opprettholde produktiviteten. En utfordring i landsdelen er imidlertid den store andelen leiejord, som gjerne resulterer i mindre grad av investeringsvilje når det kommer til drenering og vedlikehold av øvrig hydroteknikk. Klimaendringer vil trolig øke behovet for drenering ytterligere.

Et varmere klima vil også bidra til å skape nye muligheter i det *arktiske landbruket*, og lengden på vekstsesongen vil trolig påvirkes i stor grad. Dette vil kunne endre forutsetningene for hva som kan dyrkes, i tillegg til å påvirke blant annet potetprodusenters leveringsdyktighet gjennom året. Det forventes samtidig at klimaendringene vil medføre økte utfordringer knyttet til blant annet vannerosjon og flom, tap av jordkarbon, og økt behov for plantevern. Temperaturendringene spås å bli mer merkbare i områder langt nord, som medfører et økt behov for klimatilpasning og tiltaksgjennomføring i jordbruket – også på leiejord.

Et godt og allsidig jordliv er viktig for mange av jordas funksjoner og står sentralt i *jordhelse*begrepet hvor jorda beskrives som en levende organisme der jordas fysiske, kjemiske og biologiske elementer skal fungere optimalt sammen. Det er usikkert hvordan klimaendringer vil påvirke jordlivet i det *arktiske landbruket*. I tillegg er det fremdeles behov for bedre kartlegging av jordlivet, samt å definere gode og effektive biologiske *jordhelse*indikatorer for mikrolivet, både i *arktisk grøntproduksjon* og i norsk jordbruk generelt.

For å opprettholde eller forbedre jordhelsen i *arktisk grøntproduksjon* kan det, i tillegg til klimatilpasningstiltak, være behov for jordforbedrende tiltak. Eksempler på aktuelle tiltak kan være ulike former for å tilbakeføre organisk materiale til jorda, som for eksempel ved bruk av ulike former for kompost. Dette kan i tillegg bidra til å bedre jordstrukturen og ha gjødslingseffekt. Biokull og fangvekster er andre eksempler, men som er mindre utprøvd i Nord-Norge. Også redusert jordarbeiding kan bidra til å bedre jordstrukturen og motvirke erosjon ved å øke jordstabiliteten. Gode omløp er viktig i grøntproduksjon, både for jordstruktur og for å motvirke plantesykdommer, og dyrking av potet på samme areal i mer enn to år er for eksempel ikke anbefalt. Kunnskapsbygging

(opplæring, veiledning og oppfølging) er et annet viktig tiltak, og særlig i grønnsaksproduksjon, med utfordringer knyttet til marginale forhold, skadedyr, og ugras, som gjør produksjonen svært kunnskapskrevende.

Deltagerne på idéverkstedet hadde prøvd ut en rekke ulike tiltak med mål om å bedre jordhelsen i egen produksjon. Flere av disse tiltakene var også positive for andre forhold ved produksjonen, f.eks. ugress og skadedyrbekjempelse og for å bedre næringstilgangen til hovedkulturen. Diskusjonene under idéverkstedet synliggjorde at det er et behov for mer systematiske undersøkelser av langtidseffektene av ulike jordforbedrende tiltak.

Det er behov for å kartlegge hvilke jordorganismer som finnes i ulike typer landbruksjord i Arktis, samt øke kunnskapen om samspill og dynamikk i ulike samfunn av jordorganismer. For eksempel hvordan samfunn av jordorganismer endres gjennom året og hvordan dette påvirker *jordhelse*, næringstilgang til planter og behov for innsatsfaktorer i jordbruket. Videre er det et behov for å standardisere *jordhelse*indikatorer/målemetoder generelt og biologiske *jordhelse*indikatorer spesielt.

Det vil være viktig å gjennomføre langtidsundersøkelser av effekter av å tilføre ulike typer organisk materiale på jordliv. Dette vil blant annet gi kunnskap om hvordan jordlivet, rotsystem og mykorrhiza påvirkes over tid, samt i hvor stor grad (og når) næringsstoffer fra tilført organisk materiale er plantetilgjengelig, hvor fort materialet brytes ned, og om det er tilstrekkelig for å dekke plantenes næringsbehov gjennom vekstsesongen.

Ulike metoder som brakking, vekstskifte, dekkvekster og samplanting er viktige for jordforbedring, men det er behov for mer kunnskap om blant annet effekten av brakking på *jordhelse*, hvilke vekster/kombinasjon av vekster som egner seg for vekstskifte, dekkvekster, og samplanting ved grøntproduksjon i nordlige strøk. Det er også behov for forskning som kan finne rett balansepunkt mht. på hvor langt graset som overvintres bør være for å optimalisere effekten av plantedekke på jordliv, samtidig som at faren for overvintringsskader/sopp utvikling minimeres. Det er også behov for kunnskap om effekten av jorddekke gjennom vinteren på jordliv i jord med mye tele, samt effekten av bruk av sprøytemidler på jordliv.

Det er behov for å utvikle metoder for jordbearbeiding som gir færre utfordringer med jordpakking, spesielt i storskala grøntproduksjon

6 Konklusjoner

En økt forståelse for hva god *jordhelse* vil si under ulike norske forhold og produksjoner, og hvordan vi kan opprettholde god *jordhelse* på lang sikt er avgjørende for å utarbeide langsiktige mål og strategier for å forvalte denne knappe ressursen best mulig. Dette forprosjektet har derfor hatt som mål å kartlegge eksisterende kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*, avdekke kunnskapshull og identifisere problemstillinger som bør følges opp med videre forskning. Både resultater fra litteraturstudien og fra idéverkstedet som ble gjennomført i prosjektet viser at det fremdeles er behov for kunnskap om *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon*. Innspill fra ulike aktører i næringa som var til stede på idéverkstedet viste imidlertid interesse og engasjement rundt temaet. Særlig ble det etterspurt informasjon om jordlivets rolle i *arktisk grøntproduksjon*, både med tanke på mangfold og dynamikk i mikrobiologiske samfunn. Et godt og allsidig jordliv er viktig for mange av jordas funksjoner og det er fremdeles behov for å kartlegge og definere gode biologiske *jordhelse*indikatorer. Det var i tillegg stor interesse rundt bruk og effekter av ulike typer organiske gjødslingsmidler, i tillegg til metoder for brakking, ulike former for vekstskifte, dekkvekster og samplanning, og ulike metoder for jordarbeiding.

Opplevd behov for informasjon og kunnskap om ulike metoder og jordforbedrende tiltak varierte i stor grad med de ulike produsentenes driftssystemer og størrelse. I mindre systemer ble det i større grad etterspurt mer kunnskap relatert til problemstillinger knyttet til driftssystem (f.eks. økologisk, ingen jordarbeiding). Behovet for jordforbedrende tiltak er derimot gjerne størst på arealer med intensivt jordbruk. Eksempler på jordforbedrende tiltak kan være å tilbakeføre mer organisk materiale til jorda (f.eks. ved å bruke kompost), som også kan bidra til å bedre jordstrukturen og ha gjødslingseffekt. Biokull og fangvekster er andre eksempler, men som er mindre utprøvd i Nord-Norge. Også redusert jordarbeiding kan bidra til å bedre jordstrukturen og motvirke erosjon ved å øke jordstabiliteten. Gode omløp er viktig i grøntproduksjon, både for jordstruktur og for å motvirke plantesykdommer. Kunnskapsbygging er et annet viktig tiltak, og særlig i grønnsaksproduksjon, med utfordringer knyttet til marginale forhold, skadedyr, og ugras, som gjør produksjonen svært kunnskapskrevende.

For å opprettholde eller øke omfanget av grøntproduksjonen i det *arktiske landbruket* er det avgjørende med god oppfølging, rådgiving, innsats og tilrettelegging. Arealene som er egnet for grønnsaks- og potetdyrking må i tillegg forvaltes på en god måte så disse jordressursene ivaretas og forblir produktive. Temperaturendringene spås å bli mer merkbare i områder langt nord, som medfører et økt behov for klimatilpasning og tiltaksgjennomføring i jordbruket.

Resultatene fra forprosjektet viser at det både er behov for og ønske om videre forskning på problemstillinger knyttet til *jordhelse* i *arktisk grøntproduksjon* (som oppsummert i kapittel 5). Veien videre vil derfor bli å utarbeide forsøk, i samarbeid med rådgivere og produsenter, for videre arbeid med tematikken. Det er også ønskelig å tilrettelegge for økt kunnskapsdeling mellom grøntprodusenter, et tiltak som er særlig aktuelt i Nord-Norge, hvor det kan være store avstander mellom de ulike aktørene.

Litteraturreferanse

- Aerts R (2006) The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. *J Ecol* 94: 712–724.
- Altdorff, D., Borchard, N., Young, E. H., Galagedara, L., Sorvali, J., Quideau, S., Unc, A. 2021. Agriculture in boreal and Arctic regions requires an integrated global approach for research and policy. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(23). 13s.
- Bechmann, M. og Øgaard, A.F. 2010. Critical source areas of nutrient losses from agriculture in Norway. *Proc. 4th IS Ecol.Fert.Strat Field Veg. Prod. Acta Horticulture 852 ISHS*: 63-72.
- Bechmann, M., Stenrød, M., Greipsland, I., Hauken, M., Deelstra, J., Eggestad, H.O., Tveiti, G. 2017. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendragsrapport fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992–2016. *NIBIO Rapport*, 3(71), 1-104.
- Biasi C, Meyer H, Rusalimova O, Hammerle R, Kaiser C, Baranyi C, Daims H, Lashchinsky N, Barsukov P & Richter A (2008) Initial effects of experimental warming on carbon exchange rates, plant growth and microbial dynamics of a lichen-rich dwarf shrub tundra in Siberia. *Plant Soil* 307: 191–205.
- Biodiverse, Centrum för biologisk mångfald, Årg. 23, nr 1, 2018, s. 5-7.
- Chapin FS III (1983) Direct and indirect effects of temperature on Arctic plants. *Polar Biol* 2: 47–52.
- D’Amico, S., Collins, T., Marx, J.C., Feller, G. & Gerday, C. (2006). Psychrophilic microorganisms: challenges for life. *EMBO Rep.*, 7, 385–389.
- Deslippe, J.R., Hartmann, M., Simard, S.W., Mohn, W.W. 2012. Long-term warming alters the composition of Arctic soil microbial communities. *FEMS Microbiol Ecol*, 82 (2012). 303-315.
- Eldby, H., Hillestad, M. E. 2022. Flaskehalsen i grøntproduksjonen i Nord-Norge. *AgriAnalyse*, Rapport 4-2022. 56 s.
- European Commission 2021. Horizon Europe, the EU research and innovation programme (2021-27. For a green, healthy, digital and inclusive Europe). https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
- Halland, H., Bertella, G., Kvalvik, I. 2020. Sustainable value: the perspective of horticultural producers in Arctic Norway. *International Food and Agribusiness Management Review*, 24(1), p. 51-70.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A. et al. (2015) Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. M-406, KSS rapport, 2(2015), 1–203.
- Hartley, I.P., Hopkins, D.W., Garnett, M.H., Sommerkorn, M., Wookey, P.A. 2008. Soil microbial respiration in arctic soil does not acclimate to temperature. *Ecology Letters*, 11 (2008). 1092-1100.
- Himmelbloom, B., Zhang, M., and Bower, C. 2010. Converting Alaska fish byproducts into compost: A review. In: Bechtel, P.J., and Smiley, S., eds. *A sustainable future: Fish processing byproducts*. Fairbanks: Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. 177 – 187.
- Hobbie SE & Chapin FS (1998) The response of tundra plant biomass, above- ground production, nitrogen, and CO₂ flux to experimental warming. *Ecology* 79: 1526–1544.

- Johansen, T.J., Hykkerud, A.L., Uleberg, E., Mølmann, J. 2018. Arktisk kvalitet – En beskrivelse av nordlige natur- og klimaforhold og virkning på egenskaper hos nordnorske matprodukter. NIBIO Rapport, 4(40). 38 s.
- Lal, R. & Stewart, B. A. 2012. Soil Degradation: A Global Threat, Springer Science & Business Media, Springer-Verlag.
- Landbruksdirektoratet 2020. Nasjonalt program for *jordhelse*. Faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på *jordhelse*. Rapport nr. 13/2020. 52 s.
- Lågbu, R., Nyborg, Å., Svendgård-Stokke, S. 2016. Jorda i Målselv. NIBIO POP, 2(36). 8 s.
- Lågbu, R., Nyborg, Å., Svendgård-Stokke, S. 2018. Jordsmonnstatistikk Norge. NIBIO Rapport 4(13). 75 s.
- Mølmann, J.A.B., Dalmannsdottir, S., Hykkerud, A.L., Hytönen, T., Samkumar, A., Jaakola, L. 2021. Influence of Arctic light conditions on crop production and quality. *Physiologia Plantarum*, 172. P. 1931-1940.
- Nadelhoffer KJ, Giblin AE, Shaver GR & Linkins AE (1992). Microbial processes and plant nutrient availability in Arctic soils. *Arctic Ecosystems in a Changing Climate: An Ecophysiological Perspective* (Chapin FS III, Jefferies RL, Reynolds JF, Shaver GR & Svoboda J, eds), pp. 281–300.
- NIBIOs Arealbarometer 2020. <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5/arealbarometer?locationfilter=true>
- Nøstvold, B. H., Kvalvik, I., Heide, M., Goaverts, F., Hansen, K., Dalmannsdottir, S., Halland, H., Vøllestad, Å., Ramstad, S. 2019. Status, verdi og utfordringer for matproduksjon i Arktisk Norge Rapport 2 «Arktis som en matproduserende region». *Nofima Rapport* 33/2019. 66s.
- Obu, J., Westermann, S., Bartsch, A., Berdnikov, N., Christiansen, H.H., Dashtseren, A. et al. (2019) Northern hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km² scale. *Earth Science Reviews*, 193, 299–316.
- Riley, H., 2003. Mold i jord. *Grønn forskning* 1 2003, s. 260-273.
- Riley, H. 2016. 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). 65 s.
- Rinnan R, Michelsen A, Ba^ath E & Jonasson S (2007b). Mineralization and carbon turnover in subarctic heath soil as affected by warming and additional litter. *Soil Biol Biochem* 39: 3014–3023.
- Roinila, P. 1998. Composting of fish and the use of fish compost as a fertilizer. *Acta Horticulturae* 469:359 – 374.
- Ruralis 2018. Trender I Norsk landbruk 2018. Troms og Finnmark.
- Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, M.K., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weiner, S, Trumbore, S.E, 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49-56.
- Seehusen, T., Waalen, W., Strand, E. 2017. Dyrking av korn i endret klima. NIBIO POP, 3(36). 4 S.
- Shaver GR, Giblin AE, Nadelhoffer KJ, Thieler KK, Downs MR, Laundre JA & Rastetter EB (2006) Carbon turnover in Alaskan tundra soils: effects of organic matter quality, temperature, moisture and fertilizer. *J Ecol* 94: 740–753.

- Skaalsveen, K., Bechmann, M., Seljåsen, R. 2021. Vannmiljøtiltak i grøntproduksjon. Effekter og egnethet av ulike tiltak for å begrense påvirkning av grøntproduksjon på vannmiljø. NIBIO Rapport, 7(92). 29 s.
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocka, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Clark, J. M., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M. F., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bondeau, A., Jain, A. K., Meersmans, J. & Pugh, T. A. 2016. Global change pressures on soils from land use and management. *Glob Chang Biol*, 22, 1008-28.
- SSB 2021a. Gardsbruk, jordbruksareal og husdyr.
<https://www.ssb.no/statbank/table/06462/tableViewLayout1/>
- SSB 2021b. Landbruksteljing. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/landbrukstellinger/statistikk/landbruksteljing>
- Statsforvalteren i Nordland 2018. Regionalt næringsprogram for landbruket i Nordland 2019-2022. Lanbruks- og reindriftsavdelinga. Rapportnr 7/2018 – versjon 1.
- Statsforvalteren i Troms og Finnmark 2018. Matjorda – grunnlaget for det arktiske landbruket. Matjordprogram for Troms og Finnmark 2019-2022.
- Stevenson, K. 2009a. Fresh from the tundra. *Alaska*, April:24 – 31.
- Stevenson, K.T., Rader, H.B., Alessa, L., Kliskey, A.D., Pantoja, A., Clark, M., Smeenk, J. 2014. Sustainable Agriculture for Alaska and the Circumpolar North: Part III. Meeting the Challenges of High-Latitude Farming. *Arctic*, 67(3), p. 320-339.
- Troms fylkeskommune 2015. Arktisk landbruk – ei næring med mange muligheter. Regional plan for landbruk i troms 2014-2025.
- Uleberg, E., Dalmasdottir, S. 2018. Klimaendringenes påvirkning på landbruket i Norge innenfor ulike klimasoner. NIBIO Rapport, 4 (75). 43 s.
- Uleberg, E., Hanssen-Bauer, I., van Oort, B. & Dalmannsdottir, S. 2014. Impact of climate change on agriculture in Northern Norway and potential strategies for adaptation. *Climatic Change* 122:27-39.
- Ulfeng, H. 2018. Jorda i Troms. NIBIO POP. Vol 4 (12).

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.