



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

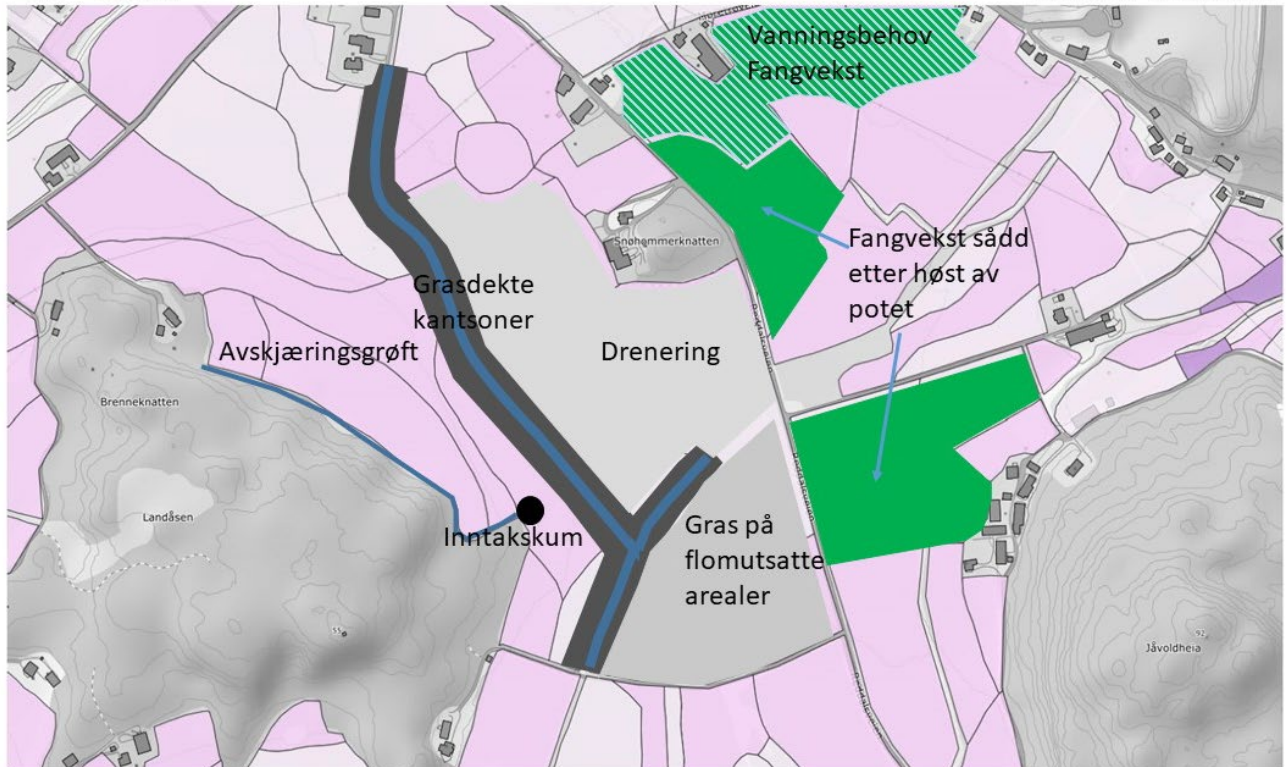
# Synergier mellom tiltak for vannmiljø, klimatilpasning og klimagassutslipp

NIBIO RAPPORT | VOL.5 | NR. 55 | 2019



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

Kart fra Kilden



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

## TITTEL/TITLE

Synergier mellom tiltak for vannmiljø, klimatilpasning og klimagassutslipp.

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Lillian Øygarden, Marianne Bechmann, Torsten Starkloff og Siri Svengård Stokke .

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
22.07.2019	5/55/2019	Åpen	11092	19/00524
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02322-7	2464-1162		84	1

## OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Carl Erik Semb

## STIKKORD/KEYWORDS:

Vannmiljøtiltak, klimatiltak, synergier, tilpasning

Agriculture, environmental measures, climate adaptation

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljøtiltak i jordbruket

Agricultural Environmental measures

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten dokumenterer effekter av vannmiljøtiltak og synergier med andre miljøtema som utslipp av klimagasser, karbonbinding i jord, økosystemtjenester og klimatilpasning. Eksempler på tiltakspakker er laget for utvalgte regioner og produksjoner. Rapporten gir oversikt over kart, kalkulatorer og andre hjelpemidler som kan brukes for tiltaksplanlegging og forslag til videreutvikling. Se utvidet sammendrag.

The report document effects of measures to improve water quality and synergies with other environmental goal to reduce greenhouse gas emissions, increase carbon storage in soil, ecosystem services and adaptation to climate change. Available maps and planning tools are described.

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Hele landet

## GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



LILLIAN ØYGARDEN



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Landbruksdirektoratet har finansiert prosjektet «Tilpasninger som gir synergier mellom klima- og miljøtiltak i jordbruket» via Klima- og miljøprogrammet, prosjektnummer 17/38490. Denne rapporten er skrevet innenfor rammen av dette prosjektet.

Dette prosjektet utdyper og bygger videre på to oppdragsrapporter finansiert av Miljødirektoratet, «Synergier av miljøtiltak i jordbruket» (Øygarden & Bechmann, 2017) og «Kostnader og effekter av vannmiljøtiltak i jordbruket» (Øygarden m.fl. 2018). Denne rapporten gir en mer omfattende gjennomgang og dokumentasjon av kunnskapsstatus om synergier av miljøtiltak med vekt på å vise usikkerheter og variasjoner av tiltakseffekter. I tillegg inneholder rapporten en oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy til bruk for planlegging av miljøtiltak. Rapporten omtaler også pågående arbeid og nye muligheter for planleggingsverktøy som kan brukes for planlegging av flere miljøtema på gårdsnivå.

Rapporten tar utgangspunkt i vannmiljøtiltakene som er finansiert over regionale miljøprogram (RMP), ordningen for spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL) samt andre relevante tiltak. Rapporten oppsummerer kunnskapsstatus vedrørende effekten av tiltakene på vannkvalitet og synergier med effekter på utslipp av klimagasser, karbonbinding, noen økosystemtjenester (matproduksjon, kulturlandskap med biologisk mangfold). I tillegg er tiltakene vurdert i forhold til klimatilpasning.

Lillian Øygarden har vært prosjektleder, administrert prosjektet, redigert rapporten, hatt hovedansvaret for kapittel 5 og 7, samt gitt innspill til kapittel 3 og 6.

Marianne Bechmann har hatt hovedansvaret for kapittel 3 og 6 og gitt bidrag til kapittel 7.

Siri Svendgård Stokke har hatt ansvar for kapittel 4 med oversikt over tilgjengelige jordsmonnskart og temakart.

Torsten Starkloff, NIBIO/ SWECO har hatt ansvaret for illustrasjoner av koblinger av bondens egne registreringer med andre tilgjengelig verktøy (kapittel 5) samt bidratt til oversikt over tilgjengelige planleggingsverktøy.

Anne-Grete Buseth Blankenberg har bidratt med kunnskap om fangdammer, Dominika Krezimska om tiltak med grasdekke og Johannes Deelstra om drenering, alle i kapittel 3.

En brukergruppe bestående av; Svein Skøien, Norsk landbruksrådgiving (NLR), John Randby fra Fylkesmannen i Vestfold og Telemark, Kari Rime Engmark og Per Rønneberg Hauge fra Fylkesmannen i Oslo og Viken, Monica Dahlmo fra Fylkesmannen i Rogaland har alle bidratt med gode innspill på prosjektmøte.

Anne Falk Øgaard har lest gjennom og kvalitetssikret rapporten.

Takk til alle som har bidratt i prosjektet.

Ås, 22.07.19

Lillian Øygarden

# Innhold

1	Innledning.....	6
2	Metodikk.....	7
3	Miljøeffekter av vannmiljøtiltak .....	9
3.1	Arealtiltak i nasjonale og regionale miljøprogram .....	9
3.1.1	Ingen jordarbeiding om høsten og direktesåing .....	9
3.1.2	Gras på arealer utsatt for flom og erosjon.....	14
3.1.3	Fangvekst .....	17
3.1.4	Grasdekte vannveier og grasstriper i åker .....	19
3.1.5	Grasdekt kantsone i åker .....	22
3.1.6	Kantsone i eng.....	24
3.2	Gjødslingstiltak .....	24
3.2.1	Spredning av husdyrgjødsel .....	25
3.2.2	Gjødslingsplanlegging.....	27
3.3	Spesielle miljøtiltak i landbruket .....	29
3.3.1	Drenering og hydrotekniske anlegg .....	29
3.3.2	Fangdammer .....	34
3.4	Andre tiltak.....	36
4	Temakart fra jordsmonnkartleggingen - verktøy for planlegging av miljøtiltak i jordbruket	
	37	
4.1	Jordressurser .....	37
4.2	Begrensende egenskaper .....	39
4.3	Dreneringsforhold .....	40
4.4	Potensiell tørkeutsatthet.....	41
4.5	Dyringsklasser – korn (nedbørsbasert) .....	42
4.6	Egnethetskart – grønnsaker (gulrot) .....	44
4.7	Erosjonsrisiko.....	45
4.8	Organisk materiale .....	46
4.9	Teksturgrupper i plogsjikt.....	48
5	Oversikt planleggingsverktøy og muligheter for nye registreringer. ....	51
5.1	Oversikt over tilgjengelige planleggingsverktøy (NIBIO): .....	51
5.2	Andre planleggingsverktøy/tjenester:.....	51
5.3	Kart og planleggingstjenester under utvikling.....	52
5.4	Innspill fra referansegruppe .....	55
6	Tiltakspakker med kombinasjoner av tiltak.....	57
6.1	Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet .....	57
6.2	Grønnsaksarealer på Sørlandet .....	59
6.3	Område med stor husdyrtetthet på Jæren.....	61
6.4	Område med korn og husdyr i Trøndelag.....	62
7	Planlegging av klima og miljøtiltak .....	65
7.1	Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet .....	66



7.2 Grønnsaksarealer på Sørlandet .....	70
7.3 Område med stor husdyrtetthet på Jæren.....	72
7.4 Område med korn og husdyr i Trøndelag.....	74
8 Sammendrag og anbefalinger .....	76
Referanser .....	78
Vedlegg- møte med brukergruppe.....	85

# 1 Innledning

Landbruket skal oppfylle flere målsettinger som angitt i Meld St.11 (2016- 2017), bl.a. mål om nasjonal matproduksjon ved utnyttelse av norske arealressurser. Dessuten skal produksjonen foregå på en bærekraftig måte med minst mulig miljøbelastninger. Rapporten «Helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidlene i jordbrukspolitikken» (2015) gir oversikt over både nasjonale og internasjonale forpliktelser og miljømål. Miljøvirkemidlene i landbruket er innrettet for å gi best mulig effekt på utslipp til både luft og vann, men det er vannmiljøtiltak som har flest ordninger. For noen tiltak kan det være konflikt mellom miljøtiltak og klimatiltak og behovet for økt matproduksjon. Tiltak som settes inn bør også oppfylle krav til best mulig langsiktig tilpasning av jordbruket til endringer i klima som påvirker produksjonsmulighetene.

I de siste årene er det blitt mer fokus på landbrukets klimagassutslipp og tiltak for å redusere slike utslipp. Norge har forpliktet seg til å redusere klimagassutslipp med minst 40 % i 2030 sammenlignet med 1990 ifølge Meld.St.13 (2014-2015) «Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU». Dette målet er innmeldt til Parisavtalen. Norge tar sikte på en avtale med EU om å oppfylle et konkret utslippsmål på 40 % reduksjon for «Ikke kvotepliktig sektor». Dette vil gi Norge et utslippsbudsjett som det må rapporteres på, behov for dokumentasjon av landbrukets klimagassutslipp og tiltaksgjennomføring.

Mulige tiltak er behandlet i en rekke rapporter; «Kunnskapsgrunnlaget for lavutslippsutvikling» (Miljødirektoratet, 2014), «Klimakur 2020; Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp fra jordbrukssektoren» (Klif, 2010), Øygarden m.fl. (2009) og Grønlund (2015). Rapporten «Landbruk og klimaendringer» (Hohle, 2016) med vedleggsrapport omhandler bl.a. muligheter for å redusere klimagassutslipp fra ulike driftsformer og produksjoner i Norge. Vedleggsrapporten beskriver også tilpasning innen ulike produksjoner og muligheter for økt karbonbinding.

Oppfølging av Vannforskriften stiller krav til tiltaksgjennomføring i landbruket, og i arbeidet med Regionale miljøprogram (RMP) er det viktig å få kvantifisert utslippene til vann. Ved planlegging av tiltaksgjennomføring i Vannregionene er det også viktig å få kvantifisert effekter av tiltak utenom de tradisjonelle RMP-tiltakene, f.eks. gjødslingstiltak. I evalueringene som tidligere er gjort av RMP (Øygarden m.fl., 2008; Øygarden m.fl., 2012) er det pekt på behov for å vurdere innholdet i RMP i forhold til klima, både for å redusere klimagassutslipp og tilpasning til endret klima.

Det er behov for oversikt over tiltak som har synergier med hensyn til både vannforurensning og klimagassutslipp. Dette var noe av bakgrunnen for utarbeidelsen av rapporten «Synergier av miljøtiltak i jordbruket. Klimagassutslipp, klimatilpasning, vannforvaltning og luftforurensninger i norsk jordbruk» (Øygarden og Bechmann, 2017). Rapporten, utarbeidet for Miljødirektoratet, ga en kort skjematisk oversikt med tabeller over synergier mellom miljø og klimatiltak og noen økosystemtjenester. Rapporten ga ikke grunnlag for detaljert planlegging av tiltak og ikke en fullstendig beskrivelse av variasjonen i tiltakseffekter under ulike forhold, og ikke heller av forutsetningene for vurderingene og usikkerhetsfaktorer.

Formålet med dette prosjektet er å gi en bredere dokumentasjon av synergier mellom miljø- og klimatiltak der også tilpasning til endret klima blir vektlagt. I tillegg er det mål om å dokumentere tilgjengelige kart og planleggingsverktøy for planlegging på gårdsnivå. Det gjøres vurderinger for ulike regioner og ulike produksjoner på gårdsnivå. Prosjektet tar utgangspunkt i rapporten fra Øygarden og Bechmann (2017), men legger vekt på en utvidet og systematisk gjennomgang av tiltak med vekt på variasjon og usikkerheter i tiltakseffekter. Det er prioritert tiltak som kombinerer tilpasning og arealtiltak, grastiltak, hydrotekniske tiltak og andre ordninger under RMP og SMIL programmene. Dette prosjektet har ikke hatt som formål å utvikle et nytt integrert planleggingsverktøy, men å vise synergier mellom ulike tiltak og muligheter for slik planlegging ved bruk av tilgjengelige kart og planleggingsverktøy.

## 2 Metodikk

Rapporten har to hovedtema: i) Dokumentasjon av effekter og synergier av ulike miljøtiltak og ii) en oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy for planlegging av miljøtiltak.

**Sammenstilling av dokumentasjon** av effekter av ulike tiltak for bedre vannmiljø er gitt i kapittel 3. I sammenstillingen er det gjort vurdering av hvordan vannmiljøtiltakene omfatter effekter på andre klima- og miljøtiltak, samt på jordbruksproduksjon. Det er gjort vurderinger (positive og negative) av effekt på vannkvalitet, klimagassutslipp, karbonbinding i jord, klimatilpasning og produksjon/avling. Dette er framstilt skjematisk i tabeller.

Tiltak som er inkludert i denne utredningen omfatter: Arealtiltak, gjødslingstiltak og hydrotekniske tiltak. Det tas utgangspunkt i tiltak som er omfattet av RMP og SMIL-ordningene, men også andre tiltak som ikke er omfattet av tilskuddsordninger er inkludert. Ingen/utsatt jordarbeiding, grasdekte vannveier, grasdekte buffersoner, fangdammer og hydrotekniske løsninger er eksempler på ordninger under RMP og SMIL.

Som grunnlag for vurderingene i kapittel 3 er det for hvert tiltak gjort litteratursøk, og det er i teksten referert til enkeltstudier av tiltakseffekter, sammenstillinger av tiltakseffekter og til populærvitenskapelige sammenstillinger. I rapporter som sammenstiller effekter er det videre henvisninger til enkeltstudiene og overvåkingsprogrammene. Det er vektlagt både nordiske og norske studier.

Det er tatt utgangspunkt i tiltak beskrevet i NIBIO rapport «Synergier av miljø og klimatiltak» (Øygarden og Bechmann, 2017). Rapporten ga en skjematisk/tabellarisk oversikt over synergier av ulike miljøtiltak med korte omtaler av effekter av de utvalgte tiltak. I denne rapporten er det innhentet mer kunnskap med referanse til publikasjoner og pågående studier og lagt vekt på å beskrive variasjon og usikkerhet i effektene, samt gi oversikt over faktorer som påvirker effektene. Slike faktorer er klima/vær, jordtype, topografi og jordbruksdrift. Vurderingene er gjort for ulike regioner og produksjoner.

**Oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy.** I kapittel 4 er det gitt oversikt over kart som er tilgjengelig gjennom kartportalen i KILDEN (nibio/kilden.no) og via gårdskart. Jordsmonnskart og ulike temakart er beskrevet, med omtale av innhold, usikkerheter og anvendelse. Det er gitt eksempel på kart. I tillegg til kartmaterialet er det i kapittel 5 gitt oversikter over tilgjengelige planleggingsverktøy, kalkulatorer og andre hjelpemidler. Det er også illustrert muligheter for at bondens egne feltregistreringer kan legges inn på kart.

**Tiltakspakker.** Basert på dokumentasjon av effekter av tiltak (kapittel 3) er det valgt ut noen regioner og produksjoner der det er vist eksempler på planlegging av tiltakspakker. For disse eksemplene er det definert miljøproblem, prioriterte tiltak og vurdert ulike synergier (kapittel 6). Metodikk for planlegging (kapittel 7) er illustrert med kart og hjelpemidler som kan brukes for planlegging av miljøtiltak. Dette er, sammen med egne registreringer, vist i en felles kartfremstilling.

**En brukergruppe** bestående av personer fra Fylkesmannens landbruksavdelinger i Vestfold og Telemark, Rogaland, Oslo og Viken samt Norsk landbruksrådgiving (NLR) har gitt innspill til behov for dokumentasjon av tiltak, anbefaling av tiltak som det var ønsket bedre dokumentasjon av, kart og hjelpemidler som er ønskelig for planlegging av synergier mellom miljøtiltak, tilpasning og produksjon (kapittel 5).

**Definisjoner brukt i rapporten** er omtalt under de ulike tiltak. Her gis en kort oversikt over begrep benyttet i rapporten.

**Vannmiljøtiltak:** Vannmiljøtiltak i denne rapporten omfatter tiltak knyttet til arealbruk og planteproduksjon. Det er tiltak knyttet til støtteordninger gjennom Regionale miljøprogram (RMP) og Spesielle miljøtiltak i jordbruket (SMIL). Også andre arealtiltak – som ikke er omfattet av

støtteordninger - er inkludert, som ulike gjødslingstiltak. Det er ikke inkludert tiltak i husdyrproduksjonen og lagring av husdyrgjødsel.

*Klimagasser:* Det er i hovedsak lystgass som er vurdert, men også effekt på ammoniakkutslipp er inkludert, selv om dette ikke er en klimagass, men er omfattet av internasjonale utslippsforpliktelser. Utslipp av klimagasser fra husdyrproduksjon (i hovedsak metan) og lagring av husdyrgjødsel er ikke omtalt i denne rapporten. Tiltak for karbonbinding er inkludert, fordi jordbruk kan bidra til å redusere negative effekter av klimagassutslipp ved å bidra til økt karbonbinding.

*Tilpasning:* Endringer i klima med endret temperatur (vekstsesong) og nedbør påvirker produksjonsmuligheter og effekter av miljøtiltak. Dersom økt nedbør fører til økt avrenning, kan det gi økt behov for miljøtiltak. Klimaendringer kan gi utfordringer for planteproduksjonen, noe som kan påvirke både utslipp til vannmiljø og til luft. God tilpasning av produksjonen har derfor også betydning for miljøtiltak. Våtere forhold kan gi utfordringer med såtidspunkter om våren og innhøsting av avlinger. Når en skal vurdere synergieffekter av miljø og klimatiltak er det derfor aktuelt å også inkludere tilpasning.

*Økosystemtjenester:* Jordbruket har effekt på en rekke økosystemtjenester, men temaet er ikke behandlet i full bredde i denne rapporten. Effekt av miljøtiltak på matproduksjon er inkludert ved å vurdere arealbruk, om tilgjengelig areal er brukt for matproduksjon eller om areal er avsatt til andre formål. Det er også vurdert noen tiltak som har betydning for kulturlandskap, som biologisk mangfold og pollinering. Det er særlig grastiltak, kantsoner og fangdammer som er vurdert med hensyn til økosystemtjenester.

## 3 Miljøeffekter av vannmiljøtiltak

I denne rapporten er tiltak inndelt i arealtiltak, gjødslingstiltak, hydrotekniske tiltak og andre tiltak. En del av tiltakene som er omtalt er inkludert i regionale miljøprogram (RMP) og spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL-ordningene). for eksempel arealtiltakene ingen/utsatt jordarbeiding, grasdekte vannveier og grasdekte buffersoner, fangdammer og hydrotekniske løsninger. Tiltak som ikke er omfattet av disse virkemidler og støtteordninger er også omtalt, f.eks. gjødslingstiltak. Det er tatt utgangspunkt i dokumentasjon av vannmiljøtiltakene og beskrivelser av variasjon og usikkerheter av effekter på vannkvalitet, klimagassutslipp, karbonbinding, klimatilpasning og avling. Det er lagt vekt på å beskrive variasjon og usikkerhet i effektene under ulike forhold (regioner og produksjoner) med hensyn til jordbruksdrift, klima og geologi.

### 3.1 Arealtiltak i nasjonale og regionale miljøprogram

Det er gitt nasjonale føringer for vannmiljøtiltak som det gis tilskudd til gjennom de regionale miljøprogrammene (Landbruksdirektoratet, 2019). I de nasjonale føringene er det brukt standardiserte begreper som også brukes i de regionale programmene. Her har vi valgt den samme ordbruken for vannmiljøtiltakene, det vil si:

- Ingen jordarbeiding om høsten
- Direktesådd høstkorn og høstoljevekster
- Gras på arealer utsatt for flom og erosjon
- Ingen jordarbeiding på flomutsatte arealer
- Fangvekst som underkultur
- Fangvekst sådd etter høsting
- Grasdekte vannveier og grasstriper i åker
- Grasdekt kantsone i åker
- Kantsone i eng
- Fangdam

#### 3.1.1 Ingen jordarbeiding om høsten og direktesåing

Ingen jordarbeiding om høsten omfatter i dette avsnittet også direktesådd høstkorn og høstoljevekster (tabell 3.1). Tiltaket «ingen jordarbeiding på flomutsatte arealer» gjelder jordarbeiding innenfor nærmere fastsatte perioder og inngår også i beskrivelsen i dette avsnittet. Hovedfokus er på tiltaket «ingen jordarbeiding om høsten».

Ingen jordarbeiding om høsten vil si vårkorn med vårpløying, vårharving eller direktesåing om våren (tabell 3.1). Ingen jordarbeiding om høsten er det viktigste og mest omfattende vannmiljøtiltaket som gjennomføres i landbruket i Norge. Ingen jordarbeiding om høsten med etterfølgende vårkorn kalles også overvintring i stubb. Tiltaket er målrettet mot risikoarealer ved at tilskuddssatsene varierer med erosjonsrisiko på arealet. Effekten på vannmiljø skyldes redusert erosjon og fosfortap, samt mindre frigjøring og tap av nitrogen ved mineralisering utenom vekstsesongen. Økt opptak av næringsstoffer i et plantedekke (ugras) kan også bidra, evt. med fangvekst som et ekstra tiltak. Effekten av fangvekster er beskrevet i avsnitt 3.1.4.

**Tabell 3.1. Oversikt over jordarbeidingsmetoder/tidspunkter til vårkorn, høstkorn og oljevekster ved ingen jordarbeiding om høsten.**

Vekst	Ingen jordarbeiding om høsten
Vårkorn, oljevekster	Vårpløying, vårharving, direktesåing
Høstkorn, høstoljevekster	Direktesåing

Uten jordarbeiding om høsten unngår en at jorda blir liggende åpen gjennom hele vinteren, uten røtter og plantedekke som beskytter og begrenser løsrivelse av partikler og uten planteopptak av næringsstoffer. Høstpløying vil dessuten fremme omsetningen av organisk stoff ved å blande planterestene inn i jorda.

Direktesåing av høstkorn og høstoljevekster har tilsvarende effekt som ingen jordarbeiding om høsten til vårkorn. I noen tilfeller kan imidlertid selve såingen av høstkorntet fører til noe jordarbeiding i det øverste jordlaget. For flomutsatte arealer vil stubb og røtter bidra til å binde jorda og redusere erosjon, overflateavrenning og næringsstofftap ved flom.

I tabell 3.2 er effekt av ingen jordarbeiding om høsten beskrevet.

#### 3.1.1.1 Nitrogentap

Nitrogentap skjer mest gjennom drengroftene. Kværnø og Bechmann (2010) har sammenstilt resultater fra norske rutforsøk som dokumenterer at 68-98 % av nitrogentapene skjer gjennom drengroftene. Sammenstillingen omfatter fem rutforsøk og fem småfelt på Østlandet (åtte) og i Trøndelag (to). Forsøkene er beskrevet i Korsæth og Eltun (2008), Myhr m.fl. (1996), Haraldsen (1998), Lundekvam (2007), Lundekvam (1997), Øygarden (2000) og i tillegg er det brukt data fra databasen for JOVA-programmet. Et nyere rutforsøk på et flatt areal med siltig lettleire i 2014-2018 viste at i gjennomsnitt for fire år ble 82 % av nitrogenet tapt gjennom drengroftene (Bechmann m.fl. 2019). Andelen nitrogentap gjennom drengroftene er størst på sandjord og minst på leirjord (Kværnø og Bechmann, 2010).

Oppsummeringene dokumenterer at nitrogentapene er lavere ved vårpløying (19-43% reduksjon) sammenlignet med høstpløying (Bechmann m.fl. 2019; Kværnø og Bechmann, 2010). Det skyldes blant annet redusert frigjøring av nitrogen ved mineralisering utenom vekstsesongen. Tidspunktet for høstpløying har betydning. Tidlig høstpløying gir større risiko for nitrogenutvasking, fordi temperaturen er høyere og perioden før tele og vinter er lenger, noe som gir større mineralisering (Stenberg m.fl. 1999). Tidlig pløying gir en lenger periode der overflaten er bar. Det blir økt mineralisering etter pløying fordi karbonet planterester som blandes inn blir mer tilgjengelig (Shepherd et al., 1992; Stokes et al., 1992). Uten høstpløying kan planter (ugras, spirt spillkorn eller fangvekster) ta opp nitrogen utover høsten, eventuelt vinteren. Nitrogenopptaket om høsten avhenger av hvor mye spillkorn og ugras det er og hvor godt det utvikler seg. Et engelsk forsøk har også vist at direktesåing av vårkorn gir lavere nitrogentap sammenlignet med vårpløying (Goss et al., 1993). På grov sandjord har danske forsøk vist at vårpløying ikke gir reduksjon i nitrogentap sammenlignet med høstpløying, mens direktesåing om våren gir lavere nitrogentap (Hansen and Djurhuus, 1997). På sandig lettleire, derimot, viste dette forsøket at det er lavere nitrogentap ved vårpløying sammenlignet med høstpløying. Generelt øker nitrogentapet med økt intensitet i jordarbeidingen. I Sverige er reduserte nitrogentap den viktigste årsaken til gjennomføring av ingen jordarbeiding om høsten. Nedmolding av halm eller andre planterester med høyt C:N-forhold har i forsøk vist varierende effekt på mineralsk nitrogen i jorda og nitrogentap (Stenberg m.fl. 1999). I tillegg til redusert nitrogentap i grofteavrenning fører ingen jordarbeiding om høsten også til lavere tap av nitrogen i erosjonsmateriale.



### 3.1.1.2 Jord- og fosfortap

Ingen jordarbeiding om høsten fører til redusert erosjon og tap av fosfor fra jordbruksarealer sammenlignet med høstpløying, særlig der det er stor erosjonsrisiko og/eller høy fosforstatus i jorda. Effekten av jordarbeidingstiltak er dermed størst på arealer med stor erosjonsrisiko (Skøien m.fl. 2012). Oppsummering av rutforsøk på arealer med stor erosjonsrisiko har vist at jordtapet reduseres med 72-92 % (Kværnø og Bechmann, 2010). Forsøk på arealer med lavere erosjonsrisiko har vist en reduksjon i jordtapet på 29-68 % ved ingen jordarbeiding om høsten (Bechmann m.fl. 2019; Bechmann m.fl. 2011). Erosjonsrisikokart gir et mål på variasjonen i erosjonsrisiko mellom ulike arealer og gir grunnlag for prioritering av arealer for tiltaksgjennomføring. Nye erosjonsrisikokart (planlagt 2020) inkluderer effekt av ulike hellingslengder (kilden.nibio.no). Økt hellingslengde gir økt erosjonsrisiko.

For fosfor viser sammenstillingen av rutforsøk på arealer med stor erosjonsrisiko at fosfortapet ble redusert med 54-82 % ved ingen jordarbeiding om høsten sammenlignet med høstpløying (Kværnø og Bechmann, 2010). På arealer med middels og lav erosjonsrisiko ble fosfortapet redusert med 8-34 % ved ingen jordarbeiding om høsten (Kværnø og Bechmann 2010; Bechmann m.fl. 2019). Der jordas fosforinnhold er høyt vil tiltak som reduserer erosjonen ha større effekt enn der fosforinnholdet i jorda er lavt. Jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor (P-AL) har dessuten stor betydning for tap av løst fosfat fra jorda (Øgaard m.fl. 2012). Relativt flate arealer med høyt fosforinnhold kan derfor ha fosfortap som gjør det aktuelt med tiltak på disse arealer.

Ingen jordarbeiding om høsten har størst effekt på tapet av partikkelbundet fosfor, men rutforsøk på Bjørkelangen viser at det også er en liten reduksjon (8%) i tap av løst fosfat ved vårpløying sammenlignet med høstpløying (Bechmann m.fl. 2019). Den biotilgjengelige delen av fosforet påvirkes mest av jordas fosforstatus og fosforgjødslingen (Øgaard m.fl., 2012). Dersom det ikke jordarbeides over mange år (det vil si direktesåing), kan det skje en opphopning av fosfor i de øverste jordlagene, noe som kan føre til økte tap av løst fosfat sammenlignet med jord som jordarbeides hvert år (Baker m.fl. 2017).

### 3.1.1.3 Klimatilpasning

Effekten av endret jordarbeiding på erosjon og tap av fosfor er generelt størst i år med mye nedbør, avrenning og erosjon. Andre værforhold kan også ha stor betydning for effekten. Klimaendringer kan gi endring i antall fryse-tineperioder, mindre samlet snøsmelting etter vinteren, evt. mer avrenning gjennom vinteren (Hanssen-Bauer m.fl. 2015). Risiko for overflateavrenning kan øke på grunn av økt nedbør og mer avrenning på vinteren når det er tele i jorda. En nedbørfordeling med mer nedbør og mer intens nedbør på høsten vil gi større risiko for erosjon (Øygarden 2000).

Ekstremvær kan ha stor betydning både for nivået på tap av jord og næringsstoffer fra jordbruket og for effekten av jordbrukstiltakene. Ingen jordarbeiding om høsten er et viktig klimatilpasningstiltak. Mye nedbør om høsten og mer intens nedbør gir stor erosjon på arealer med jordarbeiding om høsten. Mildere vintre med mer avrenning og flere fryse-tine perioder har også vist seg å føre til økt erosjon og bedre effekt av ingen jordarbeiding om høsten (Ulén m.fl. 2012). Øygarden (2003) viste et eksempel på en ekstremepisode med tele i jorda, stor snøsmelting kombinert med regnvær. I den episoden ble det målt store jordtap fra jord som var pløyd om høsten, men ingen erosjonsspor der åkeren lå i stubb. I et overvåkingsfelt på Romerike, nord for Oslo, ble 50 % av jordtapet i gjennomsnitt for 15 år målt under snøsmeltingen i mars-april (Bechmann 2012). Ekstreme værforhold med regn på frossen jord bidrar enkelte år til store jordtap. Under slike forhold blir det enda viktigere å ha en overflate som binder jordpartikler. Ingen jordarbeiding om høsten med overvintring i stubb er derfor et viktig klimatilpasningstiltak.

#### 3.1.1.4 Karbonbinding

I norske langvarige studier (30 år)- av endret jordarbeiding ble det ikke funnet forskjell i innholdet av organisk materiale mellom redusert og ikke-reduert jordarbeiding (Riley, 2014). Redusert jordarbeiding førte imidlertid til økt aggregatstabilitet, økt meitemarkaktivitet og bedre jordstrukturegenskaper. Også Kätterer m.fl. (2012) har for nordiske forhold funnet at selv om endret jordarbeiding øker karboninnholdet i det øverste topplag så endrer det ikke totalinnholdet om man også tar med dypere lag. Økt karboninnhold i topplaget ble i denne studien også funnet å øke risikoen for lystgasstap. I en amerikansk metaanalyse fant Huang m.fl. (2018) at CO<sub>2</sub>-utslipp ved redusert/ingen jordarbeiding (harving eller direktesåing) varierte signifikant med planteart, klima, tidsperioden der det ikke ble jordarbeidet, jordas pH og behandling av planterester. Under våte forhold fant de ingen effekt av jordarbeiding på CO<sub>2</sub>-utslipp, mens tørre forhold ga reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp ved ingen jordarbeiding.

Rasse m.fl. (2019) oppsummerer status på muligheter for karbonbinding i norsk jord med at ingen jordarbeiding om høsten har begrenset betydning for muligheter for økt karbonbinding.

#### 3.1.1.5 Utslipp av klimagasser

Effekter av jordarbeiding på lystgass-utslipp fra arealene er ikke entydige (Tørresen m.fl., 2015). Jordas fuktighet har stor betydning og jordas vanninnhold blir påvirket av jordarbeidingen. Betingelsene for produksjon av lystgass er best i jord med midlere vanninnhold (ca. 60 % vannfylte porer), dårlig jordstruktur, lav pH (ca. 5) og i organisk jord. Produksjon av lystgass er dessuten avhengig av tilgang på mineralsk nitrogen, veksling mellom aerobe og anaerobe forhold og er påvirket av temperaturen. Ved lav temperatur hemmes omdannelsen av lystgass til nitrogengass (N<sub>2</sub>), og utslipp av lystgass øker. Ingen jordarbeiding om høsten vil kunne gi tettere jord gjennom vinteren, noe som ifølge Tørresen m.fl. (2015) kan øke utslipp av lystgass og N<sub>2</sub>. På den andre siden refererer Tørresen m.fl. (2015) til en studie av 239 gårder med konvensjonell eller redusert jordarbeiding der det ble registrert om lag 25 % mindre utslipp etter 10 år uten jordarbeiding i tørt klima, men ingen effekt i fuktig klima (van Kessel m.fl. 2013). I en amerikansk metaanalyse fant Huang m.fl. (2018) ikke signifikant forskjell i lystgassutslipp for ulike jordarbeidingsystemer. Jord som ikke blir pløyd om høsten har lavere innhold av mineralsk nitrogen gjennom høsten og vinteren på grunn av redusert mineralisering, og planteopptak i ugras og spirt spillkorn. Det kan bidra til at overvintring i stubb har lavere lystgassutslipp enn høstpløying. Resultatene kan tyde på at ingen jordarbeiding om høsten under tørre forhold gir lavere utslipp av lystgass. Under våte forhold er effekten varierende.

Nitrogen i avrenning er også en kilde til utslipp av lystgass (NIR, 2018). Lavere nitrogenavrenning fra jord som overvintrer i stubb gir dermed reduserte utslipp av lystgass fra avrenningen. Det er flere ulike prosesser som gir lystgassutslipp, og det er behov for mer kunnskap om den samlede effekten under ulike forhold.

#### 3.1.1.6 Andre økosystemtjenester

I fire langtidsstudier på morenejord på Østlandet fant Riley (2014) ingen forskjell i avling mellom areal som ble pløyd og areal som ikke ble pløyd. Studiene indikerte at areal med redusert jordarbeiding (vårjardarbeiding eller direktesåing) klarte seg relativt best når det var begrenset vanntilgang. Når det var mye vann ga høstpløying best avlinger. I gjennomsnitt over mange år var det ingen forskjell i avlingsnivået dersom ugraset ble holdt nede (Riley 2014). Effekten av jordarbeiding på avling i disse forsøkene viste ikke samme resultat som en spørreundersøkelse gjennomført blant gårdbrukere (Refsgaard og Bechmann, 2015). I spørreundersøkelsen svarte gårdbrukerne at ingen jordarbeiding om høsten i gjennomsnitt reduserte avlingene med opp til 16 % i vårkorn. Årsaken til avlingsnedgang ved endring av jordarbeidingspraksis kan skyldes manglende erfaring, kunnskap og utstyr for endret praksis.

Når jorda ikke jordarbeides på høsten, vil en del ugras spire i løpet av høsten og dersom det ikke sprøytes, kan dette ugraset bidra til økt biomangfold og være positivt for insekter.

#### 3.1.1.7 Synergier

Ingen jordarbeiding om høsten og direktesådd høstkorn og høstoljevekster er tiltak som har effekt på vannkvaliteten ved å redusere erosjon, fosfortap og nitrogentap. Tiltak som gir mindre jordarbeiding om høsten er også viktige for klimatilpasning, fordi jorda ikke ligger åpen i en lang periode om høsten og gjennom vinteren. Klimaendringer kan i noen områder gi flere fryse-tine perioder, mer avrenning gjennom vinteren med økt risiko for erosjon, da er det viktig at jorda ikke ligger åpen. Tiltaket har dessuten størst effekt når det er mye nedbør og avrenning og ved ekstreme nedbørepisoder.

Ingen jordarbeiding om høsten har varierende effekt på klimagassutslipp. Det ser ikke ut til å være en generell reduksjon i klimagassutslipp ved å unnlate jordarbeiding om høsten, men det avhenger av jordfuktigheten. De største utslippene av lystgass skjer i forbindelse med gjødsling (Nadeem m.fl. 2014; Rivedal m.fl. 2012). Under tørre forhold kan ingen jordarbeiding om høsten gi reduksjon i utslipp av lystgass, men under våte forhold kan tiltaket ha motsatt effekt ved å gi en tettere jord. Ingen jordarbeiding om høsten har også begrenset betydning for muligheter for økt karbonbinding.

I forsøk er det i gjennomsnitt ingen effekt av å utelate jordarbeiding om høsten på avling, men det var forskjell mellom år, slik at i år med liten vanntilgang var det best avling der det var redusert jordarbeiding, mens med god vanntilgang ga høstpløying best avlinger. I en spørreundersøkelse oppgir gårdbrukere avlingsnedgang ved ingen jordarbeiding om høsten sammenlignet med høstpløying.

Tabell 3.2. Effekt av ingen jordarbeiding om høsten, årsak til variasjoner, merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av ingen jordarbeiding om høsten	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	19-43 % reduksjon	Jordtype; tekstur og innhold av organisk stoff	Stenberg m.fl. (1999); Kværnø og Bechmann (2010); Bechmann m.fl. (2019)
<b>Fosfortap til vann</b>	Stor erosjonsrisiko: 54-82 % Middels og lav erosjonsrisiko: 8-34 %	Erosjonsrisiko (helling og jordtype), nedbør, nedbørintensitet og jordas fosforinnhold	Kværnø og Bechmann (2010); Bechmann m.fl. (2019)
<b>Jordtap til vann</b>	Stor erosjonsrisiko: 72-92% Middels og lav erosjonsrisiko: 37-58 %	Erosjonsrisiko (helling og jordtype)), nedbør og nedbørintensitet	Kværnø og Bechmann (2010); Bechmann m.fl. (2019)
<b>Klimatilpasning</b>	Viktig tiltak for klimatilpasning	Økt avrenning om vinteren og økt nedbørintensitet vil gi økte jord- og fosfortap. Effekten av ingen jordarbeiding om høsten øker med økende jordtap	Ulén m.fl. (2012); Øygarden m.fl. 2003
<b>Karbonbinding</b>	Ingen effekt	Ingen forskjell på karbonbinding ved høstpløying og ingen jordarbeiding om høsten.	Riley (2014); Rasse m.fl. (2019)
<b>CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	Ingen gjennomsnittlig effekt	Under våte forhold er det ingen effekt av jordarbeiding på CO <sub>2</sub> -utslipp, mens tørre forhold ga reduksjon i CO <sub>2</sub> -utslipp ved ingen jordarbeiding om høsten. Behov for økt kunnskap for norske forhold.	Huang m.fl. (2018)
<b>Lystgassutslipp</b>	Varierende effekt	Effekten varierer med temperatur og fuktighet. Behov for økt kunnskap for norske forhold.	van Kessel m.fl. (2013) Huang m.fl. (2018)
<b>Avling</b>	Varierende effekt	Effekten varierer med fuktighet. Lavere avlinger ved redusert jordarbeiding i våte år.	Riley (2014)

### 3.1.2 Gras på arealer utsatt for flom og erosjon

I instruks for regionale miljøtilskudd inngår flomutsatte areal og areal utsatt for erosjon i samme ordning. Flomutsatte areal er areal som jevnlig er utsatt for flom og areal med stor erosjonsrisiko er for eksempel bratte og lange skråninger/hellinger. Disse to arealtypene har meget ulike topografi og effekten av grasdekke på utslipp til vann beskriver her arealer utsatt for erosjon. Effekten av grasdekke på utslipp til luft behandles samlet for arealer utsatt for flom og erosjon. Disse arealene kan gjødsles og sprøytes.

Flerårige grasvekster med godt etablert plantedekke gir bedre beskyttelse mot tap av jord og næringsstoffer enn åpen åker. Med «godt etablert» menes et jevnt og tett plantedekke med velutviklet rotsystem. Vekstene bør fortrinnsvis overleve vinteren og gi god beskyttelse hele året. I tabell 3.3 er effekt av gras på arealer utsatt for flom og erosjon beskrevet.

**Tabell 3.3. Effekten av gras på arealer utsatt for erosjon, årsak til variasjoner, merknader og sentrale referanser.**

Miljøeffekt	Effekt av gras på arealer utsatt for erosjon	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	Reduksjon på ca. 10 % i forhold til overvintring i stubb	Opptak av nitrogen i plantene en større del av året fører til redusert nitrogenavrenning. Dersom det gjødsles med nitrogen vil nitrogenavrenningen avhenge av blant annet gjødslingsmengden.	Uhlen et al. 1989a
<b>Fosfortap til vann</b>	Opp til 40 % reduksjon	Effekten avhenger av erosjonsrisiko. Plantedekke vil bremse overflateavrenning, redusere løsrivelse og øke sedimentasjon av jord og partikkelbundet fosfor. Økt fosforavrenning kan skje ved utfrysing.	Bechmann m.fl. 2011
<b>Jordtap til vann</b>	60-65 % reduksjon	Effekten avhenger av erosjonsrisiko. Plantedekke vil hindre løsrivelse av partikler, bremse overflateavrenning og øke sedimentasjon av jord.	Bechmann m.fl. 2011
<b>Klimatilpasning</b>	God effekt	Økt nedbør og nedbørintensitet vil gi økt behov for å beskytte jorda mot erosjon.	-
<b>Karbonbinding</b>	Stor økning ved omlegging fra korn til gras	Karbonlageret i jordsmonnet øker og nettotapet reduseres. Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO <sub>2</sub> -utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn. Videre bruk av gras til fôr er ikke tatt med i vurderingen. Omlegging fra korn til gras på planerte arealer gir størst potensial for karbonbinding.	Rasse m.fl. 2019; Bleken 2019; Grønlund, 2008
<b>CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	Stor reduksjon i netto arealutslipp	Grasdekte arealer reduserer netto utslipp av CO <sub>2</sub> ved å binde karbon.	Bleken 2019
<b>Lystgassutslipp</b>	Reduksjon; behov for mer kunnskap	Graset tar opp nitrogen så det blir mindre nitrogen tilgjengelig i jordvæska og mindre utslipp av lystgass. Det er behov for mer kunnskap om utslipp av lystgass ved å erstatte korn med gras.	Sturite m.fl. 2014; Bøe m.fl. 2019
<b>Avling</b>	Negativ effekt	Redusert kornproduksjon ved å erstatte korn med gras siden gras gir mindre matproduksjon sammenlignet med korn.	-

### 3.1.2.1 Nitrogentap

Gras på arealer utsatt for flom og erosjon har lengre vekstsesong og tar opp nitrogen større deler av året enn kornet det erstatter. Uhlen (1989a) fant at nitrogentap til vann fra grasarealer med godt plantedekke var om lag 10 % av nitrogentapet fra arealer i stubb. Om graset ikke høstes er det imidlertid risiko for utlekking av nitrogen fra plantematerialet ved utfrysing gjennom vinteren. Risiko

for utlekking av nitrogen øker om de grasdekte arealene gjødsles. Nye forskrifter stiller ikke krav til redusert gjødsling. Nitrogentapet avhenger da av gjødslingsnivået og muligheten for å ta gode avlinger.

#### 3.1.2.2 Jord- og fosfortap

Plantedekke vil hindre erosjon, bremse overflateavrenning og øke sedimentasjon av jord og partikkelbundet fosfor, og dermed redusere transport av jord og partikkelbundet fosfor med overflateavrenning til vann. Et velutviklet rotsystem i gras binder jorda og øker jordas evne til å infiltrere overflatevann. En sammenstilling av nordiske ruteforsøk viste at fosfortapet ble redusert med opp til 40 % for grasdekke sammenlignet med høstpløyde arealer (Bechmann m.fl. 2011). Tilsvarende ble jordtapet redusert med 60-65 % i disse forsøkene. Utfrysing av fosfor fra gras kan bidra til økte fosfortap, særlig under vinterforhold med barfrost (Uhlen, 1989b). Et forsøk på Hellerud i Akershus viser at det er god sammenheng mellom mengden fosfor i fangvekst av gras og konsentrasjonen av løst fosfat i overflateavrenning (Bøe m.fl. 2019). Det er derfor viktig å høste gras for å hindre lekkasjer av løst fosfat fra plantene i vinterhalvåret. Plantedekke er også viktig for å beskytte mot erosjonsprosesser som ikke er dokumentert med ruteforsøk, som f.eks. drågerosjon og dypere erosjonsgrøfter.

#### 3.1.2.3 Klimatilpasning

Dersom endringer i klima fører til økt nedbør og avrenning kan grasdekke på arealer utsatt for erosjon bli viktig for klimatilpasning, både ved generell økt avrenning, men også ved episoder med ekstremvær. Klimaendringer kan føre til økt risiko for flom og dermed økt behov for tiltak som kan redusere erosjon og næringsstoffutvasking fra flomutsatte arealer.

#### 3.1.2.4 Karbonbinding

Permanent grasdekke kan binde karbon som følge av økt biomasse av planter over og under bakken (Poeplau m.fl., 2015). Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO<sub>2</sub>-utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn (Bleken 2019; Rasse m.fl. 2019). Størst positiv endring i karbonbalansen får man på jord med lavt innhold av organisk stoff, f.eks. planerte arealer, ved å erstatte korn med permanent grasdekke (Bolinder m.fl. 2010). Bruk av flerårige vekster og omlegging fra åpen åker til gras er blant de anbefalte strategiene for økt karbonbinding (Grønlund 2008). Videre bruk av gras til fôr er ikke tatt med i denne vurderingen. Gras på arealer utsatt for flom og erosjon utgjør en forholdsvis liten del av totalarealet, derfor er den økte karbonbindingen her mindre vesentlig.

#### 3.1.2.5 Utslipp av klimagasser

Utslipp av lystgass fra gras i renbestand er lave og ifølge Iqbal m.fl. (2014) er det lavere N<sub>2</sub>O-utslipp fra gras enn fra åpen åker. Sturite m.fl. (pers.medd.) undersøkte utslipp av N<sub>2</sub>O fra eng og fant større utslipp fra kløver sammenlignet med gras i renbestand.

Som nevnt i forbindelse med karbonbinding vil dessuten økt karbonbinding i grasdekte arealer gi reduserte utslipp av CO<sub>2</sub> (Bleken 2019).

Effekten på utslipp av klimagasser er ikke vurdert til å være stor på grunn av liten arealutbredelse. Anvendelse av gras til fôr og videre utslipp fra kjøttproduksjon er ikke vurdert i denne sammenstillingen.

#### 3.1.2.6 Andre økosystemtjenester

Etablering av gras på areal utsatt for flom og erosjon bidrar til å redusere areal for kornproduksjon.

Gras som landskapselement gir økt diversitet i jordbrukslandskap dominert av korn og derfor økt naturmangfold.



#### 3.1.2.7 Synergier

Grasdekke på arealer utsatt for flom og erosjon fører til redusert erosjon og reduserte totaltap av næringsstoffer. Gras kan imidlertid gi økte tap av løste næringsstoffer på grunn av utfrysing fra plantene om vinteren. Økt risiko for flom kan bety at gras på spesielt utsatte områder kan være et godt tiltak for klimatilpasning. Mer nedbør og økt risiko for ekstremvær betyr også at gras er et godt tiltak for klimatilpasning på de mest erosjonsutsatte arealene. Gras fører dessuten til økt karbonbinding sammenlignet med korn og dermed reduserte nettoutslipp av CO<sub>2</sub>. Det er behov for mer kunnskap om utslipp av lystgass ved å erstatte korn med gras på arealer utsatt for flom og erosjon.

### 3.1.3 Fangvekst

Fangvekster i dette avsnittet omfatter følgende tiltak i det regionale miljøprogrammet:

- Fangvekster som underkultur
- Fangvekster sådd etter høsting

Det er krav til at fangvekstene overvintres og pløyes ned på våren for å få tilskudd. Fangvekstene er ofte gras, men kan være opp til 15% belgvekster. De skal ikke gjødsles om høsten. De fleste studier er gjort med gras, spesielt raigras. Herunder er det i hovedsak referert til raigras som fangvekst.

Fangvekster er mest aktuelle som underkultur i vårkorn, men det er også et stort behov for en forlenget sesong med plantedekke etter tidlig potet og grønnsaksvekster. I Norge er vekstsesongen for kort til å så fangvekster etter høsting av kornet. Muligheten for vekst om høsten er avgjørende for hvor mye næringsstoffer som kan tas opp i fangvekstene. Nitrogen som tas opp i fangveksten reduserer mengden nitrogen som kan vaskes ut fra jorda. Derfor er det vesentlig for valg av fangvekst at veksten kommer raskt i gang etter høsting av hovedveksten. Det finnes mange ulike frøblandinger for fangvekster, men effekten av dem på jordas næringsstoffinnhold og næringsstofftap er kun testet for få av dem under norske forhold.

Fangvekstenes effekt avhenger av at de vokser godt, tar opp næringsstoffer og dekker jorda. Nedpløying av fangvekster om våren vil føre til økt nitrogeninnhold i jorda, og det må tas hensyn til dette i gjødslingsplanleggingen ved å redusere nitrogentilførselen tilsvarende den nitrogenmengden som frigjøres ved nedbrytning av fangvekstplantene etter pløying.

#### 3.1.3.1 Nitrogentap

Bruk av fangvekster gir redusert risiko for avrenning av næringsstoffer. Nitrogentapet reduseres på grunn av opptak av nitrogen i fangvekstplantene utover høsten og vinteren, noe som reduserer nitrogeninnholdet i jorda og dermed reduserer risiko for utvasking (Aronsson m.fl. 2016). Effekten av fangvekster er dokumentert i mange studier, oppsummert i Bøe m.fl. (2019). Det er særlig behov for fangvekster der det er store nitrogentap. Det er bl.a. målt store nitrogentap fra morenejorda på Hedmarken (Bechmann m.fl. 2017). Andre steder med lignende jordtyper er aktuelle for tiltak som reduserer nitrogentapene. Studier viser at nitrogentapene kan reduseres med opp til 50 % ved bruk av fangvekster (Aronsson m.fl. 2016).

#### 3.1.3.2 Jord- og fosfortap

Erosjon og tap av partikkelbundet fosfor blir redusert ved bruk av fangvekster sammenlignet med overvintring i stubb (Aronsson m.fl. 2016; Bøe m.fl. 2019). Effekten på løst fosfat kan være negativ på grunn av utfrysing av fosfor fra plantematerialet. Et forsøk på Hellerud i Akershus har vist at fangvekster ga økt avrenning av løst fosfat en vinter med vekslende snødekke, mens det i en vinter med sammenhengende snødekke ikke var økning i avrenning av løst fosfat fra arealer med fangvekster (Øgaard, unpubl.). På jord med høy fosforstatus vil en kunne fjerne ekstra fosfor med fangvekster som

høstes sent om høsten. Høyere fosforstatus i jorda gir høyere fosforinnhold i graset og større fosfortap ved avrenning etter utfrysing av fosfor fra plantematerialet.

Den samlede effekten av fangvekst i stubb på det totale fosfortapet er varierende, men reduksjonen i fosfortap er størst fra arealer med mye erosjon, det vil si fortrinsvis bratte arealer og i områder med stabilt snødekke.

#### 3.1.3.3 Klimatilpasning

I et endret klima med mer ekstremvær, økt nedbør og avrenning særlig høst og vinter, vil det bli enda viktigere å ha plantedekke større deler av året som kan ta opp næringsstoffer og beskytte jorda mot erosjon.

Klimaendringer kan føre til økt risiko for overflateavrenning som samler seg i forsenkninger og gir erosjon i dråg. Godt etablerte fangvekster bidrar til å redusere erosjon i dråg på samme måte som grasdekte vannveier ved å gi erosjonsbeskyttelse gjennom vinteren.

#### 3.1.3.4 Karbonbinding

Fangvekster kan bidra positivt til karbonbinding. Med bruk av fangvekster tilføres mer biomasse i under- og overjordiske plantedeler. Studier av fangvekst undersådd i korn har vist en gjennomsnittlig årlig økning av innholdet av karbon i jorda på 32 kg/daa målt ned til 20 cm (Poelau og Don 2015). De har vist at netto karbonbinding er størst på jord med lavt karboninnhold. Det er behov for langtidsstudier for å vise hvor mye fangvekster kan øke karbonbindingen i Norge. Det er særlig behov for å øke kunnskapen om evnen ulike fangvekster har til å øke karboninnholdet i hele jordprofilen.

#### 3.1.3.5 Utslipp av klimagasser

Det er usikker effekt og manglende dokumentasjon på forskjell i utslipp av lystgass fra arealer med stubb og arealer med fangvekst i stubb. Danske forsøk har vist lavere utslipp fra arealer med fangvekst (Li m.fl. 2015), men i en metastudie viste 60% av forsøkene økte lystgassutslipp og 40% viste reduserte lystgassutslipp (Basche m.fl. 2014). Det kan bli lavere indirekte utslipp av lystgass fra arealer med fangvekst dersom fangvekst fører til lavere nitrogenavrenning og dermed lavere lystgassutslipp fra avrenningen. Ved bruk av fangvekster anbefales redusert nitrogen gjødsling det etterfølgende året og dermed vil det bli reduserte utslipp fra gjødselproduksjon og fra forbruk av nitrogen gjødsel.

Dessuten vil økt karbonbinding i arealer med fangvekst gi reduserte nettoutslipp av CO<sub>2</sub>.

#### 3.1.3.6 Andre økosystemtjenester

Fangvekster med god vekst og god konkurransevne vil redusere avlingene, men forsøk har vist at fangvekst av flerårig raigras reduserer avlingen i hovedveksten (korn) med mindre enn 3% (Aronsson m.fl. 2016).

Fangvekster bidrar til økt diversitet i jordbrukslandskapet om høsten og vinteren og vil bidra positivt til naturmangfoldet.

#### 3.1.3.7 Synergier

Fangvekster er et av de tiltakene som har flest positive synergier ved å ha betydning for flere miljømål. Fangvekster etableres som et vannmiljøtiltak for å redusere nitrogentap og erosjon. Dessuten har fangvekster effekt på tap av partikkelbundet fosfor. Forsøk har imidlertid vist at det er risiko for utfrysing av fosfor og dermed risiko for økt avrenning av løst fosfat. Fangvekster har synergi med klimagassutslipp ved å øke karbonbindingen og dermed redusere netto CO<sub>2</sub>-utslipp. Danske forsøk har vist lavere utslipp av lystgass fra fangvekstarealer, men dette er ikke vist for norske forhold. Det er behov for studier som viser effekten av fangvekster på lystgassutslipp under norske forhold. Fangvekster av flerårig raigras i korn sådd med lav såmengde gir kun små avlingstap. I tabell 3.4 er effekt av fangvekster beskrevet.

Tabell 3.4. Effekten av fangvekster, årsak til variasjoner, merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av fangvekst	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	50% reduksjon	Om lag 50 % reduksjon i nitrogentap ved bruk av flerårig raigras. Den største effekten oppnås på jord med stor risiko for nitrogenutvasking, f.eks. sandjord (Aronsson m.fl., 2016).	Aronsson m.fl. 2016; Bøe m.fl. 2019
<b>Fosfortap til vann</b>	Negativ - Positiv	Variierende effekt, avhengig av bl.a. vinterforholdene. På jord med høy fosforstatus vil en kunne fjerne ekstra fosfor med fangvekster som høstes sent om høsten. Høyere fosforstatus i jorda gir høyere fosforinnhold i graset og større fosfortap ved avrenning etter utfrysing av fosfor fra plantematerialet.	Aronsson m.fl. 2016; Bøe m.fl. 2019
<b>Jordtap til vann</b>	Reduksjon	Beskytter mot erosjon og jordtap. På arealer med stor erosjon er det reduserte tap av jord og partikkelbundet fosfor med bruk av fangvekst.	Aronsson m.fl. 2016; Bøe m.fl. 2019
<b>Klimatilpasning</b>	God effekt	Fangvekster gir noe av samme effekten som gras ved at dråg og vannveier får bedre erosjonsbeskyttelse gjennom vinteren. Tilsvarende gjelder for fangvekster i forhold til vegetasjonssoner langs vassdrag. Fangvekster langs vassdrag vil bidra til å redusere erosjon og jordtap gjennom vinteren.	-
<b>Karbonbinding</b>	Økning	Karbonlageret i jordsmonnet øker og netto tapet reduseres. Binder karbon med potensiale av 32 kg/daa årlig ved flerårig raigras. Videre bruk av gras til fôr for husdyr er ikke tatt med i vurderingen av utslipp av klimagasser.	Rasse m.fl. 2019; Poeplau og Don 2015;
<b>CO2-utslipp</b>	Reduksjon i netto arealutslipp	Indirekte ved økt karbonbinding	Rasse m.fl. 2019 Bøe m.fl. 2019
<b>Lystgassutslipp</b>	-	Variierende effekt. Lavere lystgassutslipp i Danmark sammenlignet med stubb. Behov for mer kunnskap.	Bøe m.fl. 2019; Li m.fl. 2015
<b>Avling</b>	Avlingsnedgang	Bruk av flerårig raigras som fangvekst gir liten avlingsnedgang (<3 %)	Aronsson m.fl. 2016

### 3.1.4 Grasdekte vannveier og grasstriper i åker

Forsknninger der vannet samler seg er særlig utsatt for erosjon og næringsstofftransport på arealer med åpen åker. Grasdekte vannveier er et tiltak for å redusere erosjon i slike vannførende dråg. Grasdekket bremser farten på overflateavrenning og gir god beskyttelse mot erosjon, i tillegg til at graset tar opp næringsstoffer. Vannførende dråg kan også overvintre i stubb. Stubb i dråg bremser overflatevann og reduserer faren for erosjon, men har mindre effekt enn grasdekke i vannveien.

Grasstriper på tvers av fallet på jordet kan gjennomføres som selvstendig tiltak. Erosjon og overflateavrenning øker med økende hellingslengde, og grasstriper på tvers av åkeren bremser vannet og reduserer erosjon i lange hellinger. Over tid kan grasstriper i åker utvikle topografien så det blir små terrasser i hellingen (Mekonnen m.fl. 2015). Grasstriper i åker kan gjødsles og sprøytes og det er

ikke noe generelt krav om å høste gras. Alternativt kan striper av stubb på tvers av fallet i lange hellingslengder settes igjen for overvintring. Tiltaket beskytter mindre mot erosjon enn grasstriper, men bedre enn bar mark. Stubb tar dessuten ikke opp næringsstoffer slik som gras og fangvekster. Utformingen av grasdekte vannveier og grasstriper i åker er beskrevet nærmere i Blankenberg og Skarbøvik (2019). I tabell 3.5 er effekt av grasdekte vannveier og grasstriper i åker beskrevet.

**Tabell 3.5. Effekten av grasdekte vannveier og grasstriper i åker, årsaker til variasjoner, merknader og sentrale referanser.**

Miljøeffekt	Effekt av grasdekte vannveier og grasstriper i åker	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	Liten effekt	Opptak av nitrogen i gras skjer gjennom større deler av året og fører til redusert nitrogenavrenning, men tiltaket utgjør et lite areal. Dersom det gjødsles med nitrogen vil nitrogenavrenningen avhenge av blant annet gjødslingsmengden.	-
<b>Fosfortap til vann</b>	God effekt	Plantedekke vil bremse overflateavrenning, redusere graving og øke sedimentasjon av jord og partikkelbundet fosfor.	-
<b>Jordtap til vann</b>	Grasdekte vannveier: 77-97%	Plantedekke vil bremse overflateavrenning, redusere graving og øke sedimentasjon av jord. Effekten avhenger av topografien.	Grønsten (2008) Mekonen m.fl. 2015
<b>Klimatilpasning</b>	Meget god effekt	Et viktig klimatilpasningstiltak. Erosjon og spesielt erosjon i dråg kan øke ved økte nedbørmengder og økt nedbørintensitet.	-
<b>Karbonbinding</b>	Økning	Karbonlageret i jordsmonnet øker. Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO <sub>2</sub> -utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn. Videre bruk av gras til fôr er ikke tatt med i vurderingen.	Rasse m.fl. 2019; Poeplau m.fl. 2015;
<b>CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	God effekt	Reduserer netto utslipp av CO <sub>2</sub> ved å binde karbon.	Rasse m.fl. 2019
<b>Lystgassutslipp</b>	Variierende effekt	Graset tar opp nitrogen, så det blir mindre nitrogen tilgjengelig i jordvæska og mindre utslipp av lystgass.	Li m.fl. 2015
<b>Avling</b>	-	Redusert areal for matproduksjon	-

#### 3.1.4.1 Nitrogentap

Gras tar opp næringsstoffer en større del av året enn korn og vil derfor bidra til å redusere nitrogenutvaskingen fra arealet sammenlignet med kornarealer.

Det er imidlertid et begrenset areal som brukes til grasdekte vannveier og grasstriper i åker, og derfor er den positive effekten vurdert relativt lavt. Effekten er lavere dersom de grasdekte arealene gjødsles med nitrogen.

For å redusere utvasking av næringsstoffer bør graset på grasdekte arealer høstes. Om graset ikke høstes, er det risiko for utvasking av nitrogen fra plantene ved utfrysing gjennom vinterhalvåret.

#### 3.1.4.2 Jord- og fosfortap

En oppsummering av europeiske undersøkelser dokumenterte at grasdekte vannveier holder tilbake 77-97% av jorda tilført til et dråg (Mekonnen m.fl, 2015). Undersøkelser gjennomført i et lite nedbørfelt (26,8 daa, Holt, Romerike) viste at grasdekt vannvei i kombinasjon med inntakskum holdt tilbake 55% av jordpartiklene som ble tilført gjennom overflateavrenning (gjennomsnitt over 8 år) (Grønsten 2008).

#### 3.1.4.3 Klimatilpasning

Klimaendringer ventes å gi mer nedbør og avrenning som bidrar til økt erosjon og fosfortap. En liten andel av et jorde kan stå for en meget stor del av jorderosjonen, spesielt gjelder dette når mye overflatevann samles og renner av i forsenkninger og dråg. Derfor kan grasdekte vannveier bli viktige for klimatilpasning, både for generell økt avrenning, men også for episoder med ekstremvær. Tiltaket må også vurderes i sammenheng med hydrotekniske tiltak.

#### 3.1.4.4 Karbonbinding

Permanent grasdekke kan binde karbon som følge av økt biomasse av planter over og under bakken (Poepflau m.fl., 2015). Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO<sub>2</sub>-utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn (Bleken 2019; Rasse m.fl. 2019). Størst positiv endring i karbonbalansen får man på jord med lavt innhold av organisk stoff, f.eks. planerte arealer, ved å erstatte korn med permanent grasdekke (Bolinder m.fl. 2010). Bruk av flerårige vekster og omlegging fra åpen åker til gras er blant de anbefalte strategiene for økt karbonbinding (Grønlund 2008). Grasdekte vannveier og grasstriper i åker dekker en forholdsvis liten andel av totalarealet, derfor er den økte karbonbindingen mindre vesentlig.

#### 3.1.4.5 Utslipp av klimagasser

Utslipp av lystgass fra gras i renbestand er lave, og ifølge Iqbal m.fl. (2014) er det lavere lystgassutslipp fra gras enn fra åpen åker. Sturite m.fl. (pers.medd.) undersøkte utslipp av lystgass fra eng og fant større utslipp av lystgass fra kløver sammenlignet med gras i renbestand.

Som nevnt i forbindelse med karbonbinding vil dessuten økt karbonbinding i grasdekte arealer gi reduserte nettoutslipp av CO<sub>2</sub> (Bleken 2019).

Utslipp av klimagasser er ikke vurdert å ha noen stor effekt på grunn av liten arealutbredelse. Anvendelse av graset til fôr og videre utslipp fra kjøttproduksjon er ikke vurdert i denne sammenstillingen.

#### 3.1.4.6 Andre økosystemtjenester

Ved etablering av grasdekte vannveier og grasstriper i åker, som skal være minimum seks meter brede, blir jord tatt ut av åpen åker produksjon og dermed reduseres areal for direkte matproduksjonen.

Gras som landskapselement gir økt diversitet i jordbrukslandskap dominert av korn og derfor økt naturmangfold.

#### 3.1.4.7 Synergier

Grasdekte vannveier og grasstriper i åker er viktige vannmiljøtiltak som har meget god effekt på jord- og fosfortap i områder med dråg og lange hellinger. Dessuten er dette viktige klimatilpasningstiltak. Effekten av grasdekte vannveier og grasstriper i åker på nitrogentap er forholdsvis begrenset og det samme gjelder effekten på utslipp av klimagasser og karbonbinding. Som landskapselement gir gras økt naturmangfold i kornområder.

### 3.1.5 Grasdekt kantsone i åker

Grasdekt kantsone i åker innebærer at man anlegger en sone med gras mellom åker og vannstreng langs bekker, elver og innsjøer. Tiltaket er aktuelt der jorda i perioder av året er uten vegetasjonsdekke, som arealer med korn-, potet- eller grønnsaksproduksjon. Måltrettet bruk av grasdekte buffersoner vil bidra til å redusere erosjon og fosfortilførsler til vassdragene.

De regionale miljøprogrammene gir føringer for høsting og drift av kantsonene. Graset i kantsoner skal ikke gjødsles og sprøytes, men det må høstes eller beites. I tabell 3.6 er effekt av kantsone i åker beskrevet.

Tabell 3.6. Effekten av grasdekt kantsone i åker, årsak til variasjoner/merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av grasdekt kantsone i åker	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	Renseeffekt av overflateavrenning: 0-100%	Gras tar opp mye nitrogen over en lang periode og reduserer dermed risiko for nitrogenutvasking.	Syversen 2002; Magette m. fl. 1989; Grimser m. fl. 2006
<b>Fosfortap til vann</b>	Renseeffekt av overflateavrenning: 26-100%	Renseeffekten for løst fosfat er mindre enn for partikkelbundet fosfor. Høyt fosforinnhold i jorda og utfrysing av fosfor gir risiko for større tap av løst fosfat. Renseeffekten av partikkelbundet fosfor er avhengig av erosjonsrisiko (se under).	Syversen 2002; Blankenberg m.fl., 2017; Aronsson m.fl. 2016
<b>Jordtap til vann</b>	Renseeffekt av overflateavrenning: 32-91%	Renseeffekten av grasdekte buffersoner øker med økende tilførsel av partikler og er størst der det er stor erosjonsrisiko. Det skyldes at ved stor avrenning og mye erosjon transporteres partikler som store aggregater og disse vil lett sedimentere i buffersonen. Dersom tilførselsarealet har lite erosjon, f.eks. overvintrer i stubb eller har liten helling, vil jordtapene være små og renseeffekten av en grasdekt buffersonen liten.	Syversen 2002; Blankenberg m.fl., 2017;
<b>Klimatilpasning</b>	Positiv effekt	Økt nedbør og avrenning, særlig utenom vekstsesongen gir behov for økt beskyttelse av kantsonene, og grasdekte kantsoner er et godt tiltak for klimatilpasning der erosjonsrisikoen er betydelig.	-
<b>Karbonbinding</b>	Økning	Karbonlageret i jordsmonnet øker. Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO <sub>2</sub> -utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn. Videre bruk av gras til fôr er ikke tatt med i vurderingen.	Rasse m.fl. 2019; Bleken 2019
<b>CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	God effekt	Reduserer netto utslipp av CO <sub>2</sub> ved å binde karbon.	Rasse m.fl. 2019
<b>Lystgassutslipp</b>	Varierende effekt	Graset tar opp nitrogen så det blir mindre nitrogen tilgjengelig i jordvæska og mindre utslipp av lystgass. Grasdekte kantsoner skal ikke gjødsles.	Li m.fl. 2015
<b>Avling</b>	-	Redusert areal for matproduksjon.	-



#### 3.1.5.1 Nitrogentap

Langtidsstudier i Norge viser renseeffekt for nitrogen i overflateavrenning, i størrelsesorden av 62-81 % på arealer med helling > 10 % og kantsonebredde på 5-10 m (Syversen 2002). Andre studier har dokumentert stor variasjon i tilbakeholdelse av nitrogen: 0-100% (Magette m. fl. 1989; Grimser m. fl. 2006). Nitrogenfjerning i kantsoner er i stor grad bestemt av vegetasjonsdekket, infiltrasjonskapasitet, hydrologiske forhold, oksygenforhold i rotsonen og bredden på buffersonene. Dersom infiltrasjonskapasiteten er god kan all overflateavrenning infiltrere og det kan da bli 100 % renseeffekt for overflateavrenning i perioder uten tele i jorda.

Grasdekte kantsoner gir økt avstand fra åkerarealer med gjødselspredning og sprøyting til åpent vann og reduserer dermed risikoen for at uønskede stoffer havner direkte i vassdraget. Opptak av nitrogen i gras gjennom høsten og vinteren vil redusere risikoen for utvasking av nitrogen sammenlignet med åpen åker.

#### 3.1.5.2 Jord- og fosfortap

Buffersoner bremser effektivt partikler og partikkelbundne stoffer som kommer med overflateavrenning (f. eks. Haan m. fl. 1994; Syversen, 2002, Dorioz m. fl. 2006).

Langtidsstudier i Norge har vist 81-91% retensjon av partikler på arealer med helling > 10 % og kantsonebredde på 5-10 m. Andre studier viser retensjon av partikler mellom 32% og 100% (f.eks. Magette m. fl. 1989, Dorioz m. fl. 2006; se Blankenberg m.fl. 2017 for litteraturreferanser).

Da hoveddelen av fosforet som renner inn i buffersonen er bundet til sedimenter, påvirker buffersonens evne til å sedimentere partikler også i stor grad fosforretensjon i sonene. Dokumentert renseeffekt av totalfosfor fra overflateavrenning er i størrelsesorden 76-89 % for en lokalitet i Norge (Syversen, 2002) og 26-100% i andre studier (f.eks. Dorioz m. fl. 2006, Grimser m. fl. 2006, Kronvang m. fl. 2008, Uusi-Kämpe og Jauhianinen 2010).

Et bredere grasdekt areal vil gi bedre renseeffekt for både jord, fosfor og nitrogen enn en smalere kantsone (Zhang m.fl. 2010; Blankenberg m.fl. 2017).

#### 3.1.5.3 Klimatilpasning

Dersom endringer i klima fører til økt nedbør og avrenning, kan grasdekte vannveier bli viktige for klimatilpasning, både ved generell økt avrenning, men også for episoder med ekstremvær. Økt nedbør kan gi økte jord- og næringsstofftap fra tilførselsarealene og dermed økt effekt av grasdekte kantsoner. Vinterforholdene har stor betydning for effekten av tiltaket, fordi det påvirker tilstanden til graset og infiltrasjon i jorda. Ved kompakt tele vil det ikke skje infiltrasjon før telen har gått. Dessuten kan frysetine episoder føre til utlekking av fosfor fra plantene som kan tapes ved overflateavrenning. Været i vekstperioden har også en betydning for hvor godt grasdekket etablerer seg i etableringsåret.

#### 3.1.5.4 Karbonbinding

Permanent grasdekke kan binde karbon som følge av økt biomasse av planter over og under bakken (Poepflau m.fl., 2015). Langvarige forsøk på Ås viste at 33-66 % eng i vekstskiftet reduserte CO<sub>2</sub>-utslippet med 35-60% i forhold til ensidig korn (Bleken 2019; Rasse m.fl. 2019). Størst positiv endring i karbonbalansen får man på jord med lavt innhold av organisk stoff, f.eks. planerte arealer, ved å erstatte korn med permanent grasdekke (Bolinder m.fl. 2010). Bruk av flerårige vekster og omlegging fra åpen åker til gras er blant de anbefalte strategiene for økt karbonbinding (Grønlund 2008). Videre bruk av gras til fôr er ikke tatt med i denne vurderingen. Grasdekte kantsoner dekker en forholdsvis liten del av totalarealet, derfor er den økte karbonbindingen mindre vesentlig.

#### 3.1.5.5 Utslipp av klimagasser

Utslipp av N<sub>2</sub>O fra gras i renbestand er lave og ifølge Iqbal m.fl. (2014) er det lavere N<sub>2</sub>O-utslipp fra gras enn fra åpen åker. Sturite m.fl. (pers.medd.) undersøkte utslipp av N<sub>2</sub>O fra eng og fant større utslipp av N<sub>2</sub>O fra kløver sammenlignet med gras i renbestand.

Som nevnt i forbindelse med karbonbinding vil dessuten reduserte utslipp av CO<sub>2</sub> fra gras gi økt karbonbinding i grasdekte arealer (Bleken 2019).

Utslipp av klimagasser er ikke vurdert å ha noen stor effekt på grunn av liten arealutbredelse. Anvendelse av graset til fôr og videre utslipp fra kjøttproduksjon er ikke vurdert i denne sammenstillingen.

#### 3.1.5.6 Andre økosystemtjenester

Etablering av grasdekte kantsoner i åker, som skal være minimum åtte meter fra vannkanten målt fra vassdragets normalvannstand, resulterer i redusert kornproduksjon. Kantsoner i åker bidrar til økt naturmangfold i jordbrukslandskapet.

#### 3.1.5.7 Synergier

Grasdekt kantsoner i åker reduserer jord-, fosfor- og nitrogen tap til vassdrag. En viktig tilleggseffekt av grasdekte kantsoner er deres bidrag til biomangfold i jordbrukslandskapet. En grasdekt kantsoner i åker vil ha positiv effekt på karbonbinding og dermed bidra til reduserte netto CO<sub>2</sub>-utslipp. Grasdekt kantsoner i åker har liten betydning for lystgassutslipp. Det vil føre til redusert matproduksjon på arealene som tas ut av drift.

### 3.1.6 Kantsoner i eng

Kantsoner i eng omtales også som ugjødsle randsoner. Kantsoner i eng skal ikke gjødsles eller sprøytes innenfor en avstand på minimum fire meter målt fra vassdragets normalvannstand. Effekten av ugjødsle randsoner på næringsstofftap skyldes at tiltaket øker avstanden fra areal med gjødselspredning til vassdrag og reduserer også faren for direkte tilførsel av plantevernmidler og næringsstoffer til vann. Graset skal høstes for å opprettholde areal til matproduksjon og redusere utvasking av næringsstoffer. Det er lite dokumentasjon av effekten av kantsoner i eng. Effekten av kantsoner i eng er ikke beskrevet som eget tiltak.

## 3.2 Gjødslingstiltak

Ifølge FNs Klimapanel (IPCC, 2006) regnes det en fast faktor for utslipp av lystgass basert på tilført mengde nitrogen fra husdyrgjødsel, restavlinger og mineralgjødsel (NIR, 2018). I tillegg er det andre faktorer som har betydning for utslipp fra gjødsel.

Gjødslingstiltakene som er inkludert her omfatter spredning av husdyrgjødsel og gjødselplanlegging.

Spredning av husdyrgjødsel:

- Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen
- Strengere krav til spredeareal
- Nedfelling eller nedlegging av husdyrgjødsel
- Spredning av husdyrgjødsel med rask nedmoldning
- Spredning av husdyrgjødsel med tilførselsslange

Gjødselplanlegging:

- Gjødslingsplan
- Delt gjødsling
- Presisjongjødsling

Gjødslingstiltakene fører til redusert tilførsel av nitrogen og/eller bedre utnyttelse av nitrogenet til plantevekst. Det vil si at overskuddet av nitrogen reduseres. Effekten av tiltakene er beskrevet i tabell 3.7.

Tabell 3.7. Effekten av gjødslingstiltak, årsak til variasjoner, merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av gjødslingstiltak	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	Reduserte utslipp	Bedre tilpasning av gjødslingsmengder til plantenes opptak og bedre utnyttelse av husdyrgjødsel gir mindre overskudd og lavere utslipp.	
<b>Fosfortap til vann</b>	Reduserte utslipp	Bedre tilpasning av gjødslingsmengder til plantenes opptak og bedre utnyttelse av husdyrgjødsel gir mindre overskudd og over tid lavere utslipp.	
<b>Jordtap til vann</b>	-	Gjødslingstiltak har kun liten effekt på jordtap.	-
<b>Klimatilpasning</b>	-	Gjødslingstiltak er viktige for tilpasning av gjødselmengder til aktuelt vær. Delt gjødsling reduserer utvaskingsrisiko i forbindelse med gjødsling.	-
<b>Karbonbinding</b>	-	Opp til 15 kgN/daa har i forsøk vist at økt gjødsling gir økt karbonbinding.	Kätterer m.fl. 2012; Rasse m.fl. 2019
<b>CO<sub>2</sub>-utslipp</b>		Økt karbonbinding fører til redusert netto-CO <sub>2</sub> -utslipp.	Kätterer m.fl. 2012; Rasse m.fl. 2019
<b>Lystgassutslipp</b>		Bedre tilpasning av gjødslingsmengder til plantenes opptak og bedre utnyttelse av husdyrgjødsel gir mindre overskudd og lavere utslipp.	
<b>Metanutslipp</b>		Ved gode forhold under spredning av husdyrgjødsel er det lave utslipp av metan	Bardalen m.fl. 2018
<b>Avling</b>	Liten effekt	Gjødslingstiltakene forventes å ha liten effekt på avlingen	Øygarden m.fl. 2009; Hohle m.fl. 2016

## 3.2.1 Spredning av husdyrgjødsel

### 3.2.1.1 Nitrogen-, jord- og fosfortap

#### Spredetidspunkt

Begrenset spredperiode i forhold til dagens regelverk (15. februar til 1. november) sammen med økt lagerkapasitet vil føre til at gjødsel som tidligere ble spredd og nedmoldet på høsten vil bli spredd på

våren og i vekstsesongen. Det vil gi en bedre utnyttelse av nitrogen og fosfor i husdyrgjødsel og dermed reduserte utslipp fra gjødsel spredd til tider der det ikke blir tatt opp av plantene.

#### *Spredareal*

Strengere krav til spredareal vil gi en stor reduksjon i risiko for fosforavrenning i områder med stor husdyrtetthet. Strengere krav til spredareal vil ikke gi noen endring i utslipp av nitrogen til vann siden det forventes at reduksjonen i husdyrgjødsel ved strengere krav til spredareal vil utlignes med økt tilførsel av nitrogen i mineralgjødsel.

#### *Spredemetoder*

Miljøvennlig spredning der en sprer gjødsel på overflaten med slanger i stedet for bredspredning forutsetter at gjødsla er fortynnet med vann. Fortynningen gir økt infiltrasjon av gjødselen i jorda og dermed redusert risiko for næringsstofftap ved overflateavrenning. Ved bredspredning er det dessuten risiko for at husdyrgjødsel ved uhell havner direkte i vassdraget. Spredning med nedmolding rett etter spredning eller spredning med direkteinjeksjon vil også føre til redusert avrenning av næringsstoffer på grunn av redusert risiko for overflateavrenning av husdyrgjødsel. Avrenning av nitrogen kan øke. Ved rask nedmolding må det tas hensyn til at det blir mindre ammoniakk og mer nitrogen som tilføres med husdyrgjødsel når behovet for tilførsel av nitrogen med mineralgjødsel beregnes.

#### 3.2.1.2 Klimatilpasning

Dersom endringer i klima fører til økt nedbør og avrenning utenom vekstsesongen vil endret spredetidspunkt være en god klimatilpasning. Dessuten er det viktig hvilke arealer som benyttes til spredning av husdyrgjødsel. Krav til spredareal inngår i klimatilpasning, men det er vurdert større effekt av tilpasning til spredetidspunkt enn mengde tilført gjødsel.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel omfatter nedlegging/stripespreder på jorda, nedfelling i jorda og nedmolding av gjødsla innen to timer etter overflatespredning. Effekten av metodene kan være ganske forskjellige. Tap av ammoniakk ble i rapporten til Klimakur 2020 (Øygarden mfl. 2009) oppgitt til 60 % for bruk av breispredere, 30 % ved bruk av nedlegging/ og 20 % ved bruk av nedfeller. Ved nedfelling eller nedlegging av husdyrgjødsel blir husdyrgjødsel fortynnet og dermed blir det økt infiltrasjon.

#### 3.2.1.3 Karbonbinding

Fordeling av husdyrgjødsel har betydning for karbonbalansen lokalt (Bardalen m.fl. 2018). Husdyrgjødsel tilbakefører en del organisk stoff til jorda. I en metaanalyse, der feltforsøkene i gjennomsnitt hadde 18 års varighet, er det funnet at 12 % C fra husdyrgjødsel inngår som jordkarbon (Maillard og Anders 2014). Forutsatt 12 % karbonbinding kan dette tilsvare en årlig karbonbinding på omtrent 180 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. i Norge i følge Bardalen m.fl. (2018). Jord med lavt karboninnhold har størst potensial til å binde karbon (Kätterer m.fl. 2012), men dersom ikke husdyrtallet totalt endres vil en ikke oppnå økt karbonlagring som følge av omfordeling av husdyrgjødsel.

#### 3.2.1.4 Klimagasser og luftforurensning

Når det gjelder utslipp av klimagasser har fordelingen og utnyttning av nitrogen størst betydning. Utslipp fra husdyrgjødsel omfatter både direkte utslipp i form av metan og lystgass og indirekte i form av lystgass fra omsetning av ammoniakk. Reduksjon i utslipp knyttet til husdyrgjødsel er oppsummert i Bardalen m.fl. (2018), der de påpeker viktigheten av å hindre ammoniakkefordampning samt forhold som gir anaerob omsetning der metan og lystgass er endeprodukter. Bedre utnyttelse av husdyrgjødsel kan dessuten redusere bruk av mineralgjødsel. Reduserte gjødselmengder kan i seg selv føre til reduserte utslipp.

#### *Spredetidspunkt*

Begrensninger i spredetidspunkt vil gi bedre utnyttelse av husdyrgjødsel og lavere tilførsler av nitrogen i mineralgjødsel, og dermed indirekte lavere lystgassutslipp. Ammoniakk-utslippene er omtrent like store ved høst- og vårsredning, fordi temperaturen er omtrent lik (Bechmann et al.,

2016). Ved spredning om sommeren med høyere temperatur kan tapene bli høyere, så effekten av endret spredetidspunkt er avhengig av hvilken periode høstspredningen flyttes til.

#### *Spredareal*

Endrede krav til spredareal vil ikke ha vesentlig effekt på utslipp til luft. Dersom vi antar at totalmengden som spres er den samme, men at husdyrgjødselen spres på et større areal vil ammoniakk-utslippene antagelig bli de samme. Det samme gjelder utslipp av lystgass. Utslipp av metan forventes å være lave ved spredning av husdyrgjødsel, og det antas ikke å være noen endringer ved endring i krav til spredareal (Bechmann m.fl., 2016).

#### *Spredemetode*

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel med nedfelling eller nedlegging er et av de viktigste tiltakene for å redusere ammoniakkutslippene. Vanninnblanding fører til økt infiltrasjon i jorda og reduserte utslipp. I feltforsøk med breispredd storfegylle på Furuneset varierte lystgassutslippene mellom år. Resultatene tydet på at de direkte utslippene fra husdyrgjødsel utgjorde mindre enn 1 % av total-N under gunstige spredforhold (Rivedal m.fl. 2012; Sturite m.fl. 2014). Bedre utnyttelse av husdyrgjødsel har indirekte effekt på utslipp av lystgass ved at det reduserer behovet for nitrogen i mineralgjødsel. Utslipp av metan påvirkes minimalt av miljøvennlig gjødselspredning.

#### 3.2.1.5 Andre økosystemtjenester

Ingen andre kjente økosystemtjenester

#### 3.2.1.6 Synergier

Bedre metoder for spredning av husdyrgjødsel bidrar til en mer effektiv utnyttelse av næringsstoffene i husdyrgjødsel og dermed mindre overskudd av næringsstoffer i produksjonen og lavere risiko for utslipp til luft og vann.

## 3.2.2 Gjødslingsplanlegging

Gjødslingsplan er et generelt krav i søknad om produksjonstilskudd. Bedre tilpasning av gjødslingen til plantenes opptak bidrar til reduserte utslipp. Gjødslingsplanen kan evt. bidra til å fremme delt gjødsling med redusert bruk av nitrogen og reduserte utslipp i år med dårlige vekstforhold.

Det har tidligere kommet forslag om å gjøre gjødselplan mer forpliktene, f. eks. basert på gjennomsnitt over 5-års gjennomsnittsavling.

Når det gjelder fosfor er det viktig at fosforgjødslingen relateres til jordas fosforinnhold. Det inngår i Forskrift om gjødselplanlegging at det skal tas ut jordprøver for analyse av fosfor minst hvert 8. år. Gjødslingsplanen kan være et godt verktøy for å holde fokus på riktig gjødsling med næringsstoffer og dermed spare ressurser og redusere risiko for avrenning av næringsstoffer.

Presisjonsjordbruk omfatter økt differentiering i bruk av både husdyrgjødsel og mineralgjødsel innenfor et skifte. Dessuten er det behov for bedre kunnskap om næringsstoffinnhold i husdyrgjødsel. Dette vil føre til mer presis gjødseltildeling, både i mengde og tidspunkt for gjødsling og dermed mindre risiko for utslipp til både luft og vann.

#### 3.2.2.1 Nitrogen-, jord- og fosfortap

Bedre tilpasning av næringsstofftilførslene til plantenes næringsstoffopptak vil for det enkelte areal føre til reduserte tap av næringsstoffer til vassdrag. Ved delt gjødsling kan gjødselmengden tilpasses bedre til den forventede avlingen det enkelte året.

Presisjongjødsling er beregnet til potensielt å kunne redusere nitrogentap til vann i Norge med 380 tonn nitrat (Korsaeth m.fl. 2019).

#### 3.2.2.2 Klimatilpasning

Delt gjødsling gir større mulighet for å tilpasse gjødslingen underveis til planteopptaket det enkelte år og dermed unngå overskuddsgjødsling. Med mer ekstremvær kan det bli økt behov for tilpasning av gjødslingen til været det enkelte år. F.eks. i et år med forsommertørke forventes det lavere avlinger og andre-gangsgjødslingen kan reduseres.

#### 3.2.2.3 Karbonbinding

Stor plantemasse gir mye karbonbinding. Nitrogengjødsling, som fører til at det produseres mye over- og underjordisk plantemasse vil gi stor karbonbinding (Kätterer m.fl. 2012). Kätterer m.fl. (2012) referer til to forsøk med gjødslingsnivåer opp til hhv. 12 og 15 kg N/daa, som viser at det bindes 1 kg karbon per kg nitrogen i gjennomsnitt. Karbonbindingen ved ulike gjødslingsnivåer avhenger bl.a. av vekstsesongens lengde (Kätterer m.fl. 2012). Langtids forsøket Broadbalk viser også at gjødsling med 14 kg N/daa til hvete gir økt karboninnhold i jorda sammenlignet med ingen gjødsling til hvete (Powlson m.fl. 2011). Det gjelder for de første 50 årene, deretter når jordas karboninnhold et stabilt nivå. Powlson m.fl. (2011) argumenterer dessuten med at på grunn av utslipp ved produksjon av nitrogengjødsel er utslippene fra forsøksleddene med nitrogengjødsel om lag fire gange større enn fra de ugjødslede forsøksleddene og enda mye større dersom en ser på utslipp etter 50 år. Hovedkonklusjonen til Powlson m.fl. (2011) er at klimafordelene ved karbonbinding på grunn av økt plantevekst som effekt av gjødsling, må oppveies i forhold til klimagassutslipp som skyldes produksjon av gjødsel.

#### 3.2.2.4 Klimagasser og luftforurensning

Gjødsling utover plantenes opptak av nitrogen fører til mer nitrogen på avveier og større risiko for lystgasstap (Bardalen m.fl. 2018). Bardalen m.fl. (2018) oppsummerer norske forsøk med gjødsling og utslipp av lystgass. I et langvarig forsøk på Ås ble det gjødslet med 0, 6 og 12 kg N/daa (Nadeem m.fl. (2014). Resultatene indikerte at en gjødslingsreduksjon fra 12 til om lag 9 kg N/daa reduserte lystgassutslippene med 30 %, mens avlingen ble redusert med 6-8 %. Forsøk med delgjødsling gjennomført av Russenes m.fl. (in prep.) viste at mengden lystgass som slippes ut er nært relatert til mengden nitrogen som tilføres, det vil si størst utslipp ved de høyeste gjødslingsmengdene, men regnet i forhold til avlingsmengde og nitrogeninnhold i avling var det størst utslipp ved de laveste gjødslingsmengdene.

Presisjonsgjødsling er beregnet til potensielt å kunne redusere tap til luft i Norge med 28 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Korsaeth m.fl. 2019).

Lystgassutslipp fra gjødsel beregnes med en bestemt faktor ut fra tilført mengde og på den bakgrunn vil en reduksjon i nitrogentilførsel føre til en reduksjon utslipp av lystgass. Den viktigste kilden til utslipp av ammoniakk fra landbruket er husdyrgjødsel og avhenger dermed av antallet av husdyr og mineralgjødselmengden har liten betydning.

Ifølge IPCC regnes det med en faktor for utslipp av lystgass fra gjødselnitrogen. Det er dessuten utslipp fra produksjon av nitrogengjødsel, som imidlertid ikke inngår i landbrukets regnskap for klimagassutslipp.

#### 3.2.2.5 Andre økosystemtjenester

Det antas at forbedret gjødslingsplanlegging vil få minimale konsekvenser for avlingsnivåene og dermed blir ikke matproduksjonen redusert.

#### 3.2.2.6 Synergier

Gjødslingsplanlegging med bedre tilpasning av gjødslingen til plantenes opptak av nitrogen vil gi reduksjon i utslipp til både luft og vann.



## 3.3 Spesielle miljøtiltak i landbruket

Tilskuddsordningen «Spesielle miljøtiltak i jordbruket» (SMIL) omfatter blant annet tilskudd til hydrotekniske installasjoner, drenering og fangdammer. SMIL-midlene prioriteres lokalt av kommunene. Tilskudd til drenering utgjør ca halvparten av budsjettmidlene.

### 3.3.1 Drenering og hydrotekniske anlegg

Grøftesystemer er nødvendig for rask opptørking av jorda om våren, for å sørge for optimale forhold under vekstsesongen, samt lagelige forhold for jordarbeiding både vår og høst.

Jordsmonnsmarklegging, - som i dag dekker om lag halvparten av dyrka mark i Norge - gir et grovt anslag basert på utbredelsen av ulike jordsmonnsgrupper (klassifisert etter World Reference Base for Soil Resources, WRB) og disse dreneringsegenskapene. Det anslås at ca. 60 % av den dyrka jorda i Norge fra naturens side er ufullstendig til svært dårlig drenert og trenger derfor et grøftesystem for å kunne gi gode og stabile driftsforhold. Andelen kan øke på grunn av klimaendring med forventet økt nedbør. Denne kartleggingen gir ikke oversikt over hvilke arealer som faktisk er drenert og aktuell dreneringsstatus, men angir hvilke areal som naturlig vil ha behov for drenering.

#### 3.3.1.1 Nitrogen-, jord- og fosfortap

Grøftesystemer er en hovedvei for overskuddsvannet (Kværnø & Bechmann, 2010) ut av jordbruksarealene. Grøftesystemer kan redusere overflateavrenning og dermed også risiko for erosjon og tap av fosfor med overflatevann (Skaggs og Youssef, 2008). Men i perioder med ekstrem nedbør, og ved nedbørintensiteter større enn jordas infiltrasjonsevne, vil det uansett bli mye overflateavrenning og dermed risiko for erosjon og tap av fosfor. Grøftesystemer vil ikke kunne hindre overflateavrenning i ekstremepisoder, men har betydning for hvor raskt vannet drenerer ut etter episoder. Tidspunktet for slike episoder og om jorda er dekket av plantevekst eller er jordarbeidet har stor betydning for jord- og fosfortapet.

Grøftesystemer har et filtermateriale for å hindre utvasking og transport av jordpartikler til åpne vannsystemer og sedimentering i grøftene, men kan ikke være for tette for å hindre god vanntransport. Det kan ta tid før grøftefyllet får satt seg, og de første årene etter drenering kan det være økt risiko for partikkel- og fosfortap gjennom grøftene. Type filtermateriale kan ha betydning for partikkeltapet og også forholdene ved grøftingen. Dersom grøftingen utføres under ugunstige forhold som gir mye klump i grøftefyllet, kan det gi åpne forhold og muligheter for partikkeltransport. Tradisjonelt har det ved grøfting i Norge vært brukt mest sagflis og eller grus med riktig (spesiell) kornfordeling. De siste år er bruk av rør med pårullet teppefilter tatt i bruk. I en sammenlignende studie (kort tidsperiode) ble det funnet at alle rørene virket tilfredsstillende og det var ikke systematiske forskjeller mellom filtermaterialene selv om det var stor forskjell i avrenning mellom enkeltrør. (Hauge, A. 2018).

Øygarden (2000) fant større tap av partikler og fosfor med grøfteavrenning enn fra overflatevann fra felt grøftet med 4 meters grøfteavstand når feltet var jordarbeidet. Undersøkelse av strukturen i jordprofil på feltet viste at det på arealet med planert jord var mye sprekker og makroporer som ledet partikler direkte fra overflaten til grøftene (Øygarden et al. 1997). Det var kort avstand (4 m) mellom grøftene og feltet var nygrøftet. Når arealet ble lagt i stubb reduserte det partikkeltransporten både i overflateavrenningen, men også fra overflaten og til grøftene. Også Lundekvam (2007a, b) dokumenterte høye partikkel og fosfortap til grøftene (4 og 8 meter grøfteavstand) 8- 14 år etter grøfting på planert marin leire. Det ble det angitt at det skyldtes overflateavrenning ledet gjennom makroporer og sprekker til grøftene. Det ble dokumentert at stubb på overflaten også reduserte partikkeltap til grøftene. 4 meter grøfteavstand var ikke tilstrekkelig til å redusere erosjon med overflatevann og må kombineres med andre tiltak som jordarbeiding.

Nitrogen tapes fortrinnsvis gjennom drengrøftene (Kværnø & Bechmann, 2010), og drenering kan gi økte tap av nitrogen til vann dersom nitrogenoverskuddet ikke reduseres. På tross av at drenering

bidrar til bedre rotutvikling og plantevekst og dermed bedre utnyttning av nitrogenet i jorda, fører drenering til tap av nitrogen. Målretting av drenering med prioritering av arealene med størst behov gir den mest positive effekten på vannmiljø

En økning i grøfteintensitet (mindre avstand mellom grøftene) kan føre til økt avrenning gjennom grøftene og dermed til økt nitrogenavrenning (Kladivko et al., 2004; Nangia et al., 2009). Et berettiget spørsmål kan likevel være hva som skjedde med overskuddsvannet og nitrogenet ved redusert grøfteintensitet (større grøfteavstand). Det mangler tilstrekkelig norsk dokumentasjon, men forsøk pågår. Målinger foretatt på Vestlandet viser økt grøfteavrenning og nitrogentap gjennom grøftesystemet ved redusert grøfteavstand. Derimot viser foreløpige målinger, foretatt på Kvithamar i Trøndelag (prosjektet «Klimasmart drenering») at bedre/tettere grøfting fører til en reduksjon i nitrogentapet. Dette er resultat fra bare ett år med målinger (Deelstra, under publisering).

Hydrotekniske anlegg etableres for å redusere overflateavrenningen, erosjon og fosfortap, spesielt i dråg. De hydrotekniske anleggene har liten eller ingen betydning for nitrogentapene.

#### 3.3.1.2 Klimatilpasning

Forventede endringer i klima med økt nedbør og avrenning gir økt behov for å drenere ut overskuddsvannet raskt for å gi gode vekstforhold. Drenering er derfor et viktig tiltak for klimatilpasning. Den nåværende dreneringen er dimensjonert på bakgrunn av feltforsøk foretatt på 70-tallet (Peder Hove, pers.medd.). Et formål med grøftesystemet er å lede bort det drenerbare vannet fra rotsonen forttest mulig. En analyse av målingene foretatt på Øvre Time, Bye, og Vandsemb tyder på at grøftesystemene på disse feltene fungerer bra (Deelstra, under publisering). En foreløpig konklusjon er at det ikke er behov for å øke grøfteintensiteten på de jordartene som er representert i de nevnte småfeltene. Klimaendringer med økt nedbør kan gi nye utfordringer og større behov for å lede bort vann og behov for å vurdere økt grøfteintensitet (mindre avstand mellom grøftene). Våtere forhold kan gi behov for at arealer som per i dag ikke er drenert vil trenge drenering i framtiden. Arealer som ved dagens klima har problemer med drenering kan få økende problem ved økt nedbør og har derfor et opplagt behov for utbedring. Det foreligger ikke en god oversikt over omfang av slikt behov, men ved Landbrukstelingen i 2010 ble det angitt at 8 % av arealene var dårlig drenert. Hauge og Deelstra (in prep) angir at det generelt ikke er behov for å øke dimensjoneringen av sugegrøfter (gå opp en dimensjon), men at en ved dimensjonering av samlegrøfter kan øke avrenningsmengden med 20 %. De angir at på areal som er dårlig drenert er det mer aktuelt å legge en grøft mellom eksisterende grøfter enn å øke dimensjoneringen av rørene. Det er transporten gjennom jordprofilen som er begrensende og ikke selve rørdimensjonen. En må også ta hensyn til jordartforskjeller.

Dersom man øker grøfteintensiteten, kan dette føre til økte nitrogentap, men det trengs mer dokumentasjon av dette for norske forhold. En økning i grøfteintensitet vil også føre til at avrenningsintensiteten øker. Det foreligger ikke totaloversikt over fremtidig dreneringsbehov og investeringskostnader. Tiltaket må sees i sammenheng med tiltak for hydrotekniske anlegg.

Investering i hydrotekniske anlegg er svært viktig for klimatilpasning, særlig på arealer med mye overflateavrenning. De kan hindre ukontrollert overflateavrenning, redusere store erosjonsskader og er viktige for å sikre produksjonsgrunnlaget. De vil også redusere risikoen for uønsket avrenning av næringsstoffer, særlig fosforavrenning med overflatevann.

#### 3.3.1.3 Karbonbinding

På arealer med god plantevekst og høye avlinger er det også god rotutvikling og dermed høyere karbontilførsel enn på arealer med lav avling. Drenering bidrar til å opprettholde gode avlinger og har således en indirekte effekt på karbonbinding. Lavt oksygeninnhold i jorda som en konsekvens av dårlig drenering kan imidlertid gi mindre nedbrytning av organisk materiale.



dokumentere. Henriksson et al.(2015) oppsummerer en Nordisk workshop om lystgassutslipp fra jordbruket der drenering angis som et positivt tiltak for å redusere lystgasstap. Det er referert at lystgasstap varierer gjennom året etter vanninnhold i jorda, og dokumentert store tap knyttet til store nedbørepisoder, men også etter gjødsling og etter teleløsning.

Den positive effekten av drenering er koblet til både effekt på avling og næringstoffutnyttelse og til effekt på redusert jordpakking. God jordstruktur og dreneringstilstand er viktig for å redusere risiko for perioder med lite oksygen i jorda som gir risiko for lystgasstap. Disse forhold er også gunstige for vekst og dermed næringstoffopptak. Lindström (2008) fremhever effekten god drenering har for å redusere risiko for lystgasstap ved mindre risiko for jordpakking, bedre nitrogenutnyttelse, jevnere opptørring om våren og bedre vekstforhold. God drenering kan være ekstra viktig ved dyrking av vekster som krever mange kjøring på arealene med tunge maskiner.

I Danmark diskuteres det om justering av grunnvannsnivået i perioden utenom vekstsesong og gjennom vinterperioden på drenerte areal har effekt på næringsstoffavrenning og utslipp av lystgass. Det pågår forsøk med kontrollert drenering – der vannstanden holdes mer stabil med mindre variasjon gjennom vinteren - og det måles hvordan dette påvirker utvaskingstap av nitrat og tap av lystgass. <https://www.seges.dk/innovation-og-udvikling/projekter/kontrolleret-draening>

#### 3.3.1.5 Andre økosystemtjenester

Drenering fører bedre forhold for plantevekst og økte avlinger og dermed økt matproduksjon. Grøftesystemer bidrar til optimale vekstforhold og økt kjørlbarhet på jorda mht. jordarbeiding og transport. Drenering kan bidra til mer lagelige forhold for jordarbeiding, og dermed redusere risiko for jordpakking som er uheldige for optimal plantevekst. Plantenes rotsystem trenger luft. Drenering medvirker til raskere opptørring etter regnvær og mulighet for bedre utvikling av rotsystemet. På dårlig drenert, våt jord kan det ved gjentatte fryse-/tineepisoder dannes tette telelag, hvilket medfører forsinket våronn, og økt risiko for vinterskader/isbrann i f.eks. høstkorn. Hove (1981) sammenliknet 4, 8, 16 og 32 m grøfteavstand på et leirjordsfelt i Vestby kommune i Akershus. En halvering av grøfteavstanden ga en økning på 25-30 kg korn/daa (4 m: ca 350 kg/daa, 8 m: ca 330 kg/daa, 32 m: ca 280 kg/daa). Avlingsøkningen hadde nær sammenheng med muligheten for tidligere våronn og såing. Grensen for laglighet (satt til en fasthet på over 200 Newton) ble nådd tidligere ved 4 m grøfteavstand, mens det ved de større grøfteavstander ble forsinkelse pga. senere opptørring og også nye nedbørepisoder. Midlere såtid ble forsinket med i gjennomsnitt 5-6 dager ved dobling av grøfteavstanden. Målinger på høsten viste at jorda var laglig for jordarbeiding i opptil 30 % lengre tid i fuktige år ved halvering av grøfteavstanden, mens det var liten forskjell i tørre år. Hove (1981) påpeker at forsøket er gjort på nydyrka granskogsmark, og at gammel kulturjord kan reagere på en annen måte. I rapporten «Økt norsk kornproduksjon» (Hoel et al. 2013) er det omhandlet årsaker til at kornavlingen har stagnert og dårlig drenering er omtalt som mulig årsak til stagnering av avlingene. Også i rapporten: Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis (Uhlen et al. 2017) er effekt av dårlig drenering angitt som en viktig faktor for kunne øke avlingene.

#### 3.3.1.6 Synergier

Ved vurdering av synergi effekter av drenering bør man vurdere både grøfte og overflateavrenning, det totale avrenningsmønsteret.

Tabell 3.10. Effekten av drenering, variasjoner, merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av drenering	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	Hovedvei for nitrogentap, 68- 97 % av N-tap	Dominerende transportvei for nitrogentap er via grøftene. Usikkerhet i effekter av endret grøfteintensitet på N-tap. Planerte felter kan ha større andel nitrogen tapt ved overflateavrenning.	Kværnø & Bechmann, 2010; Kladviko m.fl. 2004
<b>Fosfortap til vann</b>	Tap ved drenering-lavere enn ved overflate avrenning, med variasjon 11- 91 %	Størst tap av P med overflateavrenning. Liten grøfteavstand og bedre drenering kan redusere mengden overflatevann, erosjon og fosfortap via overflateavrenning. På planerte areal med makroporer og sprekker kan det transporteres partikler og fosfor til grøftene (21- 47 % av fosfortapet). Jordsmonn, topografi og tid etter grøfting er viktige faktorer.	Skaggs & Youssef, 2008; Kværnø & Bechmann, 2010;
<b>Jordtap til vann</b>	Tap ved drenering-lavere enn ved overflate avrenning; 20- 50 %, men variasjon 5- 95 %	Størst tap av partikler ved overflateavrenning og erosjon, særlig på planerte areal og areal som er jordarbeidet om høsten. Stor partikkeltransport til grøfter på planert jord med makroporer og sprekkesystemer med direkte kontakt til overflaten. Tap til grøfter kan være like høyt som i overflatevann. Overflatetilstand- pløyd eller stubb kan direkte påvirke jord og fosfortap.	Kværnø & Bechmann, 2010; Lundekvam, 2007; Øygarden, 2000; Øygarden m.fl.1997
<b>Klimatilpasning</b>	Positive effekter for dyrkingsforhold. Negative effekter nitrogenavrenning, men usikker effekt.	Det er usikkerhet i effekter av drenering: Økende nedbør kan øke behovet for drenering for å oppnå optimale vekstforhold, utnytte næringsstoffer, redusere risiko for jordpakking, redusere overflateavrenning. Må sees i sammenheng med hydrotekniske systemer for å lede bort overflatevann. Økt dreneringsintensitet kan gi større flomtopper og øke nitrogentap, men behov for mer dokumentasjon.	
<b>Karbonbinding</b>	Positiv	Drenering kan føre til gode vekstforhold, store avlinger (økt CO <sub>2</sub> opptak ved fotosyntese), mer planterester, bedre rotutvikling og økt karbonbinding.	Rasse m.fl. 2019
<b>CO2-utslipp</b>	Usikker effekt	Tørrere jord og bedre lufttilgang kan gi bedre forhold for nedbrytning av organisk materiale. Bedre drenering kan øke avlinger som kan gi større produksjon av planterester og rotutvikling- som påvirker (øker) organisk innhold.	
<b>Lystgassutslipp</b>	Usikker	Lite resultat i Norge, ikke helårsmåling i korn. Større tap ved dårlig drenert jord, ved svært våt jord tap som N <sub>2</sub> gass. Størst tap ved vanninnhold 65- 85 %. Vekslinger i vannivå kan gi lystgastap. Store tap i episoder; eks etter gjødsling (husdyrgjødsel) og fra plantemateriale vinter. Positiv effekt ved at drenering bedrer vekstforhold og bidrar til større avlinger, reduserer jordpakking og gir bedre utnyttelse av næringsstoff.	Tesfai m.fl. 2015, Hansen m.fl.20 ; Bardalen m.fl 2018; Henriksson m.fl. 2015 Lindström, 2008.
<b>Avling</b>	Positiv effekt	Optimale vekstforhold	Hove, 1981; Hoel m.fl.2012; Uhlen m.fl. 2017

### 3.3.2 Fangdammer

Fangdammer er konstruerte våtmarker, som anlegges i kanaler eller bekkestrenger i landbruksdominerte nedbørfelt, hvor naturlige selvrensingsprosesser er forsøkt optimalisert for å redusere næringsstofftilførselen til vann. Fangdammen kan bestå av flere komponenter; sedimentasjonskammer, våtmarksfilter, overrislingssone (våt vegetasjonsone) samt en utløpsdam. Ofte finnes en eller flere terskler eller permeable demninger i anlegget, for å holde vannivået oppe, være levested for vannplanter og sikre oksygentilførsel til vannet. Fangdammer bør utgjøre mellom 0,1 – 1 % av nedbørfeltet og legges så nær forurensningskilden som mulig.

De viktigste rensesprosessene i fangdammer er sedimentasjon av partikler og aggregater med tilhørende næringsstoffer, samt biologisk aktivitet i vegetasjonen med omsetning av organisk materiale og denitrifikasjon (tabell 3.11).

Tabell 3.11. Effekten av fangdammer, årsak variasjoner, merknader og sentrale referanser.

Miljøeffekt	Effekt av fangdammer	Årsaker til variasjoner/merknader	Referanse
<b>Nitrogentap til vann</b>	renseeffekt av 2-17 % av tilførsler	Retensjon i fangdammer avhenger mye av avrenningsforhold på arealene og oppholdstid i fangdammen. Stor avrenning fra arealene og redusert oppholdstid i fangdammen reduserer renseseffekten til fangdammene.	Braskerud, 2002a; Blankenberg m.fl. 2008
<b>Fosfortap til vann</b>	renseeffekt av 20-48 % av tilførsler	På arealer med høyt fosforinnhold i jorda vil tilførselen av partikkelbundet fosfor bli større og dermed prosentvis renseseffekt bedre. Renseeffekten til fangdammer kan være stor for partikkelbundet fosfor. Høy fosforstatus (P-AL) i jorda gir imidlertid større konsentrasjon av løst fosfat i avrenningen. Renseeffekten for løst fosfat er forholdsvis liten, og varierer mye med avrenningsforhold og oppholdstid i fangdammen. Økt oppholdstid gir høyere fjerning.	Braskerud, 2001; 2002b; 2005 Braskerud m.fl. 2005 Braskerud og Blankenberg 2005 Blankenberg m.fl. 2013 Blankenberg m.fl. 2015
<b>Jordtap til vann</b>	renseeffekt av 45-80 % av tilførsler	Renseeffekten av fangdammer, angitt som prosent av tilførslene, øker med økende tilførsler av jord. Dersom tilførselsarealet har liten erosjon, f.eks. fordi det overvintret i stubb, vil effekten av fangdammen være tilsvarende liten. Dersom det er store jordtap, vil det ofte være større partikler eller aggregater i avrenningen, og disse vil lettere sedimentere i fangdammen og derfor gi bedre renseseffekt. Når fangdammer fylles med sedimenter gir det kort oppholdstid for vannet og dårlig renseseffekt. Fangdammene må tømmes for å bevare renseseffekten.	Braskerud, 2001; Blankenberg m.fl. 2013
<b>Klimatilpasning</b>		Fangdammene er mest effektive under kraftige nedbørsepisoder hvis de er dimensjonert tilstrekkelig store. Økt nedbør kan gi økt erosjon, jordtap og næringsstofftap fra tilførselsarealene og dermed økt effekt av fangdammen.	
<b>Karbonbinding</b>	-	Ingen kjent effekt på karbonbinding	-



<b>CO2-utslipp</b>	-	Ingen kjent effekt på CO <sub>2</sub> -utslipp	-
<b>Lystgassutslipp</b>	-	Studier indikerer at betydelige mengder lystgass (N <sub>2</sub> O) og metan (CH <sub>4</sub> ) kan slippe ut fra våtmarker.	Søvik, 2007
<b>Avling</b>	-	Ved etablering av en fangdam blir areal tatt ut av drift og dermed blir det redusert kornproduksjon.	-

### 3.3.2.1 Nitrogentap

Fangdammer som har størrelse på 0,1-0,4 % av nedbørfeltet har renseeffekt på 2-17% av tilført nitrogen (Braskerud, 2002; Grønsten m.fl. 2008; Blankenberg et al. 2007).

### 3.3.2.2 Jord- og fosfortap

En fangdam er primært et tiltak for å fange opp erodert jord og næringsstoffer og er dermed et viktig vannmiljøtiltak. Fangdammer har god renseeffekt på partikler og fosfor, hhv. 45-80% og 20-48% av tilførselene i områder med åpen åker og med fangdammer som har størrelse på 0,1-0,4 % av nedbørfeltet (Blankenberg et al., 2015; Blankenberg et al., 2013; Braskerud, 2001; Braskerud, 2002; Braskerud, 2005; Braskerud og Blankenberg 2005; Grønsten m.fl. 2008). Renseeffekten for fosfor er hovedsaklig knyttet til partikkelbundet fosfor. Renseeffekten for løst fosfat er forholdsvis liten.

### 3.3.2.3 Klimatilpasning

Ved økende nedbør og avrenning og ved ekstremvær kan erosjon og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealene øke. Fangdammer kan få økt betydning for sedimentering og rensing (Hauge, 2013; Krzeminska m.fl. 2019) i tillegg til at dammene reduserer flomstørrelsen nedstrøms. Størrelsen på flommer kan øke ved mer ekstremvær og aktualisere behov for flere og større fangdammer.

### 3.3.2.4 Karbonbinding

Det er ikke forventet effekt av fangdammer på karbonbinding.

### 3.3.2.5 Utslipp av klimagasser

Studier indikerer at betydelige mengder lystgass (N<sub>2</sub>O) og metan (CH<sub>4</sub>) kan slippe ut fra våtmarker – også de som er kunstig etablert.

Undersøkelser fra Søvik m.fl. (2006) og Søvik (2007) viser at fluksene av N<sub>2</sub>O fra konstruerte våtmarker er gjennomsnittlig hhv. 8,3 og 75 mg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>.

### 3.3.2.6 Andre økosystemtjenester

I tillegg til vannrensing og flomdemping bidrar dammene til økt biologisk mangfold og som estetisk kvalitet i kulturlandskapet (Grønsten m.fl. 2008; Hov og Walseng 2003).

Det er også studier som viser at fangdammer kan bidra til å redusere konsentrasjonen av plantevernmidler nedstrøms dammen. Det gjelder særlig for partikkelbundne plantevernmidler.

### 3.3.2.7 Synergier

Renseeffekten øker med fangdammens størrelse, men kostnadseffektiviteten går ned. Fangdammene er mest effektive under kraftige nedbørsepisoder hvis de er dimensjonert tilstrekkelig store. Ved snøsmelting og tine- fryseperioder i vinterhalvåret kan det være en betydelig partikkelerosjon hvor fangdammene har god effekt. Om sommeren når vegetasjonsdekke er godt, har fangdammene mindre betydning.

Ved lavvannsføring om sommeren kan fangdammene i enkelte tilfeller lekke mer fosfor enn det som kommer inn. Dette tapet er imidlertid av liten betydning for den totale renseeffekten som måles over lengre perioder.



### 3.4 Andre tiltak

I rapporten er det tatt utgangspunkt i vannmiljøtiltak i RMP og SMIL. Det er flere tiltak som ikke er inkludert i disse ordninger og som har betydning for ett eller flere miljøtema. Noen av tiltakene trenger mer dokumentasjon, mens andre er å betrakte som en del av «god agronomisk praksis»- og kan bli viktige i tilpasningsarbeidet. De kan inngå som en del av bondens egne feltregistreringer og valg av tilpasninger.

Her listes noen slike tema:

Vekstskifter har flere positive effekter. De kan bidra til økte avlinger og økt karboninnhold i jord. Effekter er avhengig av f.eks. antall år med gras i omløpet og hvilke vekstfølger som brukes.

Bedre agronomi for økte avlinger. God agronomisk praksis, tilpasset værhold de enkelte år, bidrar til gode vekstbetingelser for planteproduksjon og kan gi bedre utnyttelse av næringsstoffer, høyere avlinger og dermed mindre risiko for tap til vann og til luft. Det er således synergi både med effekt på vannmiljø, utslipp til luft og med god tilpasning til endringer i klima. Det er imidlertid vanskelig å tallfeste effekter. Rådgivning om agronomiske metoder, tilpasset maskinvalg (og utvikling) er aktuelt tiltak.

Biokull er et tiltak som kan ha flere positive effekter. Biokull kan bidra til å øke karboninnholdet i jord, fordi det brytes ned mye saktere enn for eksempel planterester. Det er derfor et viktig tiltak for å motvirke effekt av utslipp av klimagasser. Biokull kan også ha positive effekter på jordstruktur, bidra til reduserte lystgassutslipp, øke binding av næringsstoffer og dermed minske risiko for avrenning. Tiltaket er angitt som et lovende klimatiltak og er fremdeles under utprøving. Rasse m.fl (2019) har vurdert karbonbindingseffekten og foreslått økonomiske støtteordninger for å etablere produksjon og bruk av biokull i Norge.

God jordstruktur er viktig for gode vekstbetingelser for plantevekst, utnyttelse av næringsstoffer og vannhusholdning. En rekke tiltak kan bidra til bedre jordstruktur: tiltak for å redusere risiko for jordpakking, valg av jordarbeiding, økt organisk innhold for bedre jordstruktur (f.eks. ved fangvekster/dekkvekster, vekstskifter). Også god drenering kan også redusere risiko for jordpakking og dermed også bidra til god jordstruktur.

Ved endret arealbruk er det mulig å endre fra produksjon av mat og forvekster til dyrking av energivekster eller endring til skog (klimaskog, energivekster). Det vil ha betydning for binding av karbon og påvirke vannmiljø og matproduksjon. Det er ikke gjort slike vurderinger i denne rapport. I Norge er det et begrenset jordbruksareal og det er prioritert for matproduksjon.

Økosystemtjenester og kulturlandskapstiltak er ikke behandlet detaljert i denne rapporten. Det kan være behov for en grundigere vurdering av dette og synergoer mellom ulike miljøtema.

## 4 Temakart fra jordsmonnkartleggingen - verktøy for planlegging av miljøtiltak i jordbruket

NIBIO har det nasjonale ansvaret for å dokumentere og stedfeste jordsmonnets egenskaper på fulldyrka og overflatedyrka jord. I felt identifiseres ulike jordtyper ved hjelp av jordbor. Opphavsmateriale, tekstur (kornstørrelse), innhold av organisk materiale, jordas naturlige evne til å bli kvitt overflødig vann, jorddybde og jordsmonnutvikling blir vurdert.

Resultater fra jordsmonnkartleggingen legges inn i databaser, og publiseres som temakart på NIBIOs kartportal, Kilden (<https://kilden.nibio.no>). Utvalgte karttema publiseres på Gårdskart (<https://gardskart.nibio.no>). Kartene er relevante for mange formål og for mange ulike brukere, både landbruksnæringen selv, rådgivere og forvaltning i ulike sektorer og på ulike nivåer. Temakartene kan danne grunnlag for kunnskapsbaserte beslutninger innen agronomi, arealplanlegging og for miljøtilpasninger innen jordbruket.

De aller fleste beslutningene som ligger til grunn for bestemmelse av både jordtype og hver enkelt jordtypes utbredelse tas in situ, under jordsmonnkartleggingen. Metodikken er beskrevet i NIBIO Rapport 4 (12) 2018 Jordsmonnkartlegging – Beskrivelse av metoder for klassifisering og avgrensning av jordsmonn (Mathiesen et al. 2018). Det er krav til en viss utbredelse av en jordtype før den stedfestes og dermed framgår i et kart. I tillegg er det slik at det for hver jordtype er en viss variasjonsbredde med hensyn til gitte jordegenskaper. I områder med ensartede jordforhold vil klasseverdien gjelde for mer enn 75 prosent av arealet. Ved heterogene jordforhold kan et areal inneholde flere jordtyper. Alle kart er en forenkling av virkeligheten, og variasjoner utover det som framgår av temakartene fra jordsmonnkartlegginga vil forekomme.

### 4.1 Jordressurser

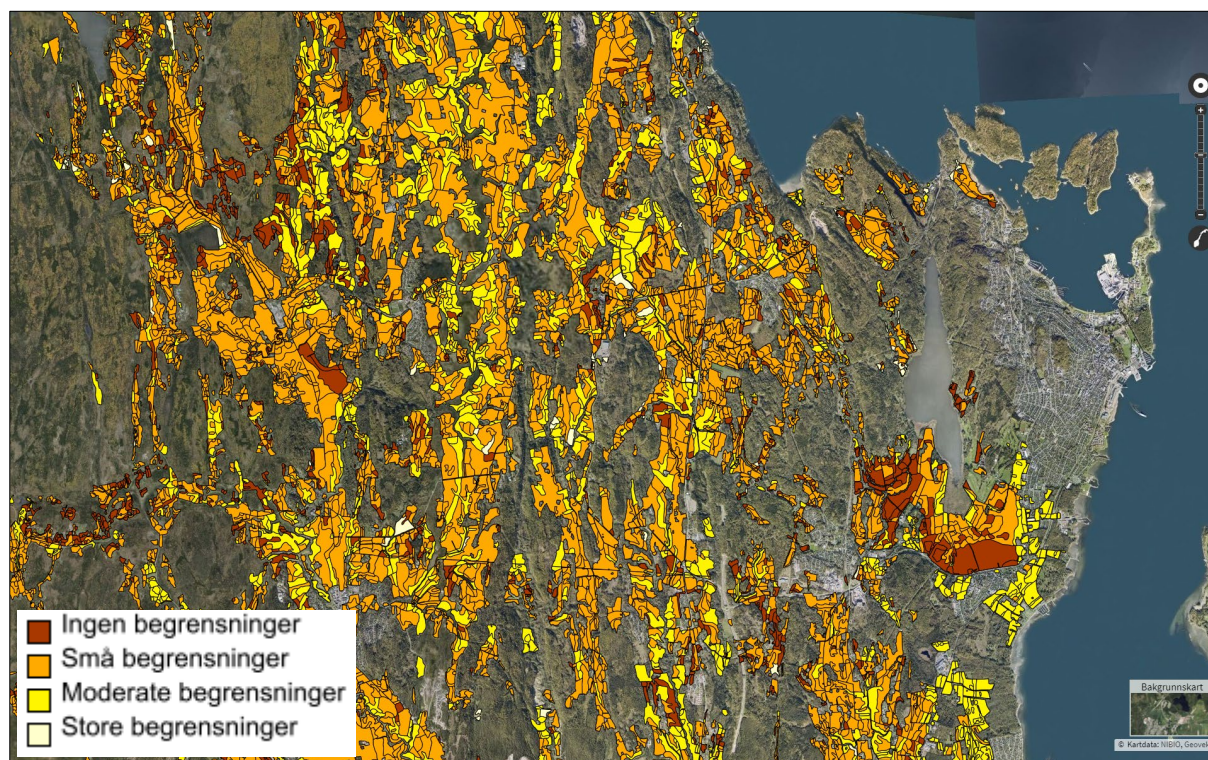
Kartet viser dyrka mark inndelt i fire klasser hvor inndelingen er basert på enkelte jordsmonnegenskers begrensende innvirkning på bruken av jorda. Viktige jordegenskaper i denne sammenhengen er jordas naturlige evne til å bli kvitt overflødig vann, dybde til fast fjell, fordeling av partikkelstørrelsene sand, silt og leir, innhold av grove fragmenter og innhold av organisk materiale. Det er ikke tatt hensyn til hverken terrengens egenskaper eller klimaforhold. Klassene er beskrevet i tabell 4.1.

Kartet er ikke ment som et egnethetskart, men viser hvor store begrensninger jordegenskapene setter for valg av vekster og agronomisk praksis i den rammen som de lokale forholdene setter.

Tabell 4. 1 Beskrivelse av klassene i kartet *Jordressursklasser*

Jordressursklasser		
Klasse	Forklaring	
1	Ingen begrensninger	Jorda er selvdrenert og relativt tørkesterk og krever ikke andre innsatsfaktorer enn gjødsling og kalking. Jorda har god evne til å lagre plantetilgjengelig vann, og evne til å drenerer ut overflødig vann. Jordsmonnet er dypt og har vanligvis en dyptgående jordstruktur.
2	Små begrensninger	Jorda har enten liten evne fra naturens side til å bli kvitt overflødig vann, eller kan periodevis være tørkeutsatt, eller krever litt større innsats grunnet flere mindre begrensninger. Jorda i denne klassen er mer innsatskrevende, men med de rette tiltakene er jordkvaliteten på linje med klasse 1.
3	Moderate begrensninger	Jorda har begrensninger som er mer eller mindre permanente. Begrensningene kan påvirke valg av vekster og agronomisk praksis, men for enkelte vekster kan begrensningene være ubetydelige. Vanlige begrensninger er fast fjell ved 50 til 100 cm dybde, høyt innhold av grus og stein, organiske jordlag, høyt leirinnhold og liten vannlagringsevne. Planert jord vil også havne i denne klassen.
4	Store begrensninger	Jorda har store begrensninger eller kombinasjoner av begrensninger som i stor grad påvirker valg av vekster og agronomisk praksis. Areal i denne klassen kan imidlertid være godt egnet til noen bruksområder, for eksempel som beite.

Hvis flere jordtyper er registrert på et areal, vil jordtypen med den mest begrensende egenskapen ha størst betydning i klassifiseringen av arealet. Dette gjelder også i de tilfellene der jordtypen med størst begrensning dekker mindre enn halvparten av arealet.



Figur 4.1 Utsnitt av kartet *Jordressursklasser* for et område i Vestfold

## 4.2 Begrensende egenskaper

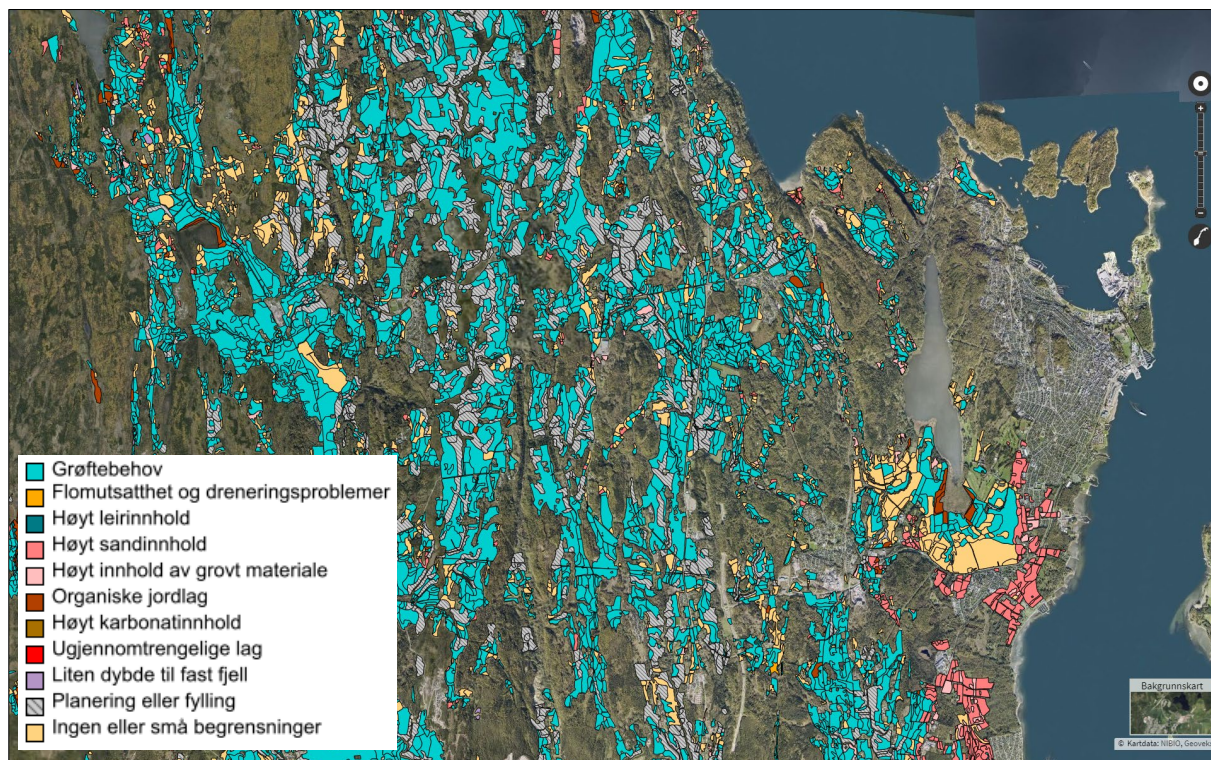
Kartet *Begrensende egenskaper* viser hvilke begrensende jordegenskaper som er årsak til at arealer er klassifisert i andre klasser enn Ingen begrensinger i Jordressursklassene. Fargene på kartet angir den jordegenskapen som er mest begrensende for generell jordbruksproduksjon. De ulike klassene er beskrevet i tabell 4.2.

Tabell 4. 2 Beskrivelse av klassene i kartet *Begrensende egenskaper*

Begrensende egenskaper	
Klasse	Forklaring
<b>Grøftebehov</b>	Jorda har liten evne til å bli kvitt overflødig vann fra naturens side, og har behov for et fungerende grøftesystem for å lede bort overflødig vann. Faktisk tilstand på eventuelt utførte dreneringstiltak er ikke hensyntatt.
<b>Flomutsatthet og dreneringsproblemer</b>	Jorda har liten evne til å bli kvitt overflødig vann fra naturens side, og er i tillegg flomutsatt hvis det ikke er utført flomsikringstiltak.
<b>Høyt leirinnhold</b>	Jorda er dominert av stiv leire ned til minimum 50 cm dybde. Det begrenser vekstvalget og kan påvirke jordarbeidingspraksis og dreneringsforhold.
<b>Høyt sandinnhold</b>	Jorda er dominert av sand ned til minimum 50 cm dybde. Det gir jorda liten evne til å lagre vann og næringsstoffer. Dette kan føre til tørkeutsatthet, liten effektiv jorddybde og fare for utlekking av næringsstoffer og andre kjemikalier.
<b>Høyt innhold av grovt materiale</b>	Grus og stein utgjør mer enn 40 prosent av jordvolumet ned til minimum 50 cm. Det kan begrense vekstvalg og påvirke jordbrukspraksisen.
<b>Organiske lag</b>	Jorda har et minst 20 cm tykt organisk lag i overflata eller innen 50 cm dybde. Det begrenser vekstvalget og gir dårlige dreneringsforhold og sen opptørring om våren.
<b>Høyt karbonatinnhold</b>	Jorda inneholder store mengder med kalk, enten i form av forvitret kalkstein eller fra skjellfragmenter. Det gir en høy pH som kan begrense vekstvalg og føre til mangel på enkelte mikronæringsstoffer.
<b>Ugjennomtrengelige lag</b>	Jorda har lag innen 50 cm dybde som røtter, og noen ganger også vannet, ikke kan trenge igjennom. Det gir liten effektiv jorddybde og kan påvirke dreneringsegenskapene.
<b>Liten dybde til fast fjell</b>	Jorda har fast fjell innen 100 cm dybde. Begrensningen er større jo grunnere jorda er. For enkelte jordbruksvekster er fast fjell mellom 50 og 100 cm dybde ingen begrensning, og oppsprukket fjell er mindre begrensende enn fast fjell.
<b>Planering eller fylling</b>	Jord som er forstyrret eller dannet gjennom graving, bulldosering og flytting av jordmasser.
<b>Ingen eller små begrensninger</b>	Jorda har egenskaper som kan forbedres gjennom vanlig agronomisk praksis. Dette kan være lav pH, lavt innhold av organisk materiale, lavt innhold av næringsstoffer etc.

Hvis flere jordtyper er registrert på et areal, vil jordtypen med den mest begrensende egenskapen ha størst betydning i klassifiseringen av arealet. Dette gjelder også i de tilfellene der jordtypen med størst begrensning dekker mindre enn halvparten av arealet.





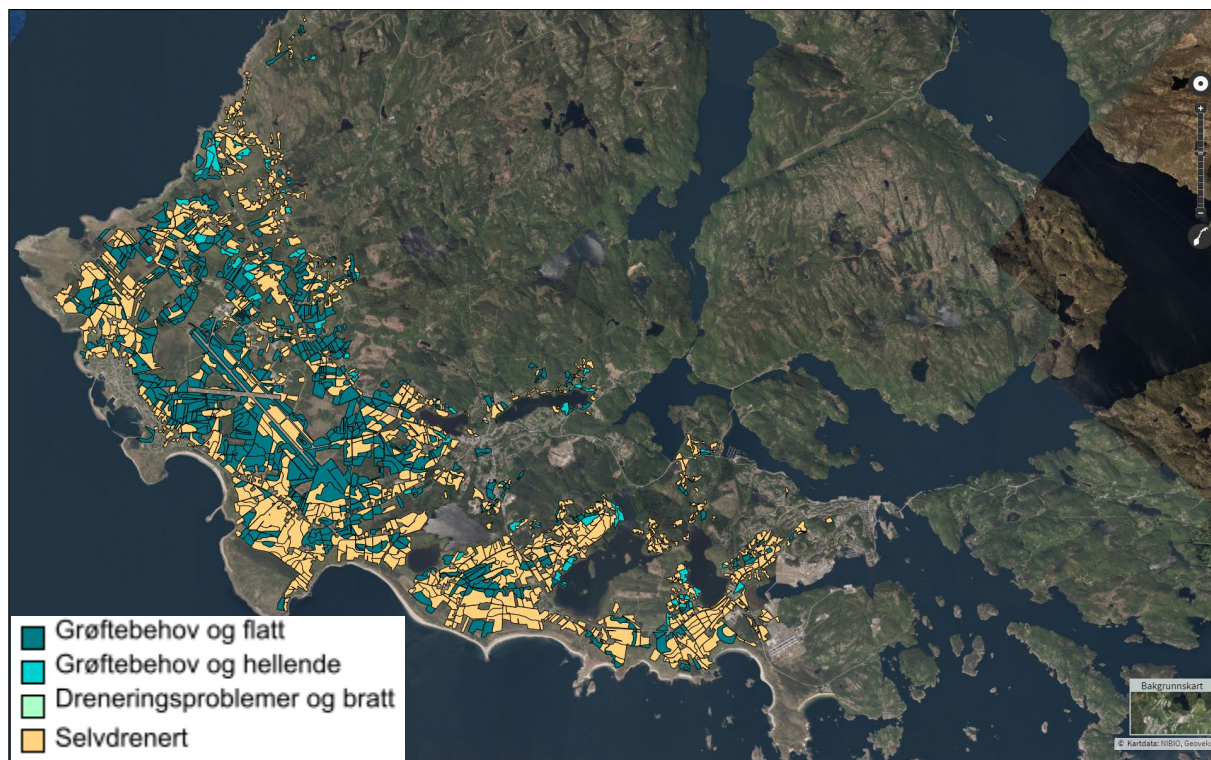
Figur 4.2 Utsnitt av kartet *Begrensende egenskaper* for et område i Vestfold

### 4.3 Dreneringsforhold

Kartet *Dreneringsforhold* inndeler arealene i fire klasser ut i fra jordsmonnets evne til å bli kvitt overflødig vann og arealets helling. Faktisk tilstand på eventuelt utførte dreneringstiltak er ikke hensyntatt. De ulike klassene er beskrevet i tabell 4.3.

Tabell 4.3 Beskrivelse av klassene i kartet *Dreneringsforhold*

Dreneringsforhold		
Klasse		Forklaring
1	Grøftebehov og flatt	Areal med mindre enn seks prosent helling som helt eller delvis består av jordsmonn med grøftebehov. Uten effektiv drenering kan det i perioder være fare for dannelse av overflatevann.
2	Grøftebehov og hellende	Areal med seks til tjue prosent helling som helt eller delvis består av jordsmonn med grøftebehov. Dårlige dreneringsegenskaper kan føre til økt avrenning og fare for erosjon.
3	Dreneringsproblemer og bratt	Areal med mer enn tjue prosent helling som helt eller delvis består av jordsmonn som bærer preg av perioder med vannmetning innen 50 cm dybde
4	Selvdrenert	Areal, uansett helling, som består av selvdrenert jordsmonn.



Figur 4.3 Utsnitt av kartet *Dreneringsforhold* for et område i Vest-Agder

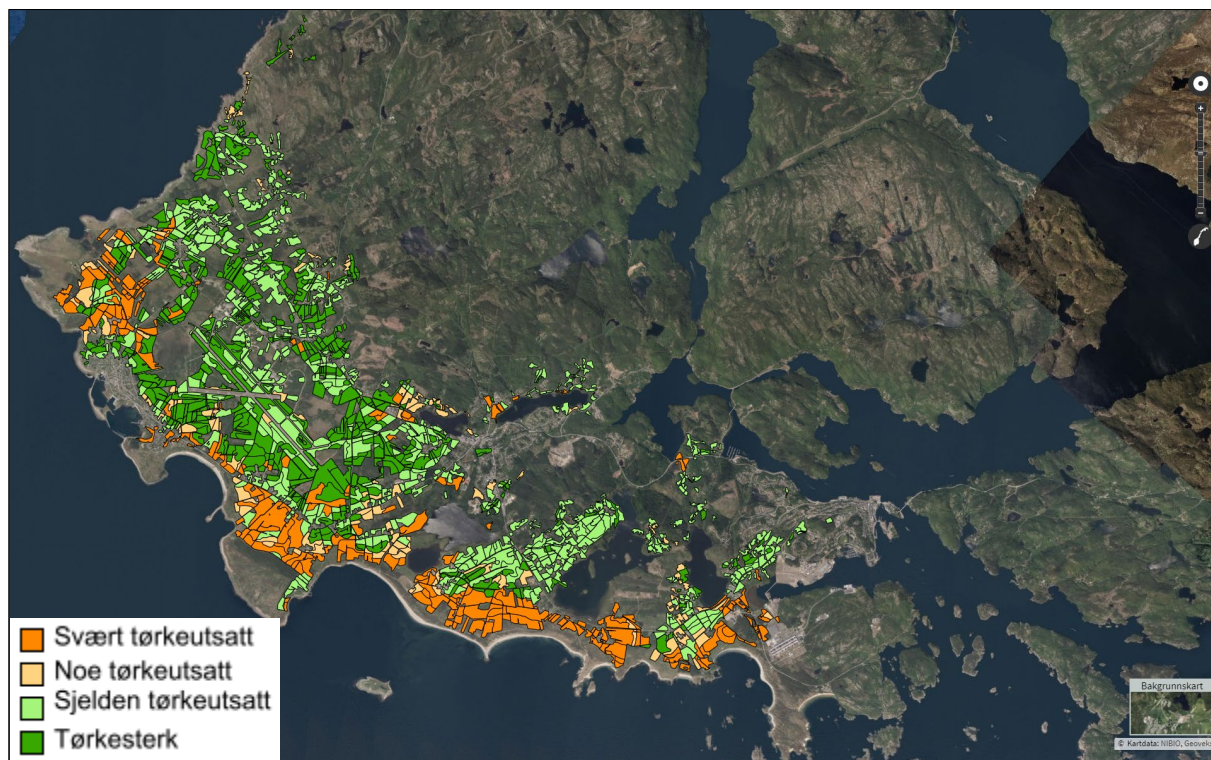
## 4.4 Potensiell tørkeutsatthet

Kartet *Potensiell tørkeutsatthet* inndeler arealene i fire klasser ut i fra jordsmonnets evne til å lagre vann. Hverken nedbørsforhold eller helling er hensyntatt. De ulike klassene er beskrevet i tabell 4.4.

Tabell 4.4 Beskrivelse av klassene i kartet *Potensiell tørkeutsatthet*

Potensiell tørkeutsatthet		
Klasse		Forklaring
1	Svært tørkeutsatt	Areal som helt eller delvis består av jordsmonn som er svært tørkeutsatt og som krever vanning i de fleste vekstsesonger avhengig av hvilke vekster som dyrkes. Jorda har vanligvis relativt lavt innhold av organisk materiale og er dominert av sand eller grovere fragmenter. Tørkeutsattheten kan også skyldes svært liten jorddybde over fast fjell.
2	Noe tørkeutsatt	Areal som helt eller delvis består av jordsmonn som er noe tørkeutsatt og som krever vanning for spesielt utsatte vekster. Jorda består ofte av humusfattig eller humusholdig siltig sand, eller humusrik sand.
3	Sjelden tørkeutsatt	Areal som består av jordsmonn som sjelden er tørkeutsatt og som ikke krever vanning i normale vekstsesonger. Selvdrenert jord som enten har høyt siltinnhold eller er humusrik, er vanlig i denne klassen.
4	Tørkesterk	Areal som består av jordsmonn som er tørkesterkt. Klassen inneholder jordsmonn med organisk jord i overflaten, samt jord med kombinasjoner av høyt siltinnhold, høyt organisk innhold og grøftebehov.





Figur 4.4 Utsnitt av kartet *Potensiell tørkeutsatthet for et område i Vest-Agder*

## 4.5 Dyrkingsklasser – korn (nedbørsbasert)

Modeller som beregner dyrkingsklasser for vekstene gras, korn og potet er utarbeidet, etter metoder beskrevet av Njøs (1979), angis både for nedbørsbasert og for vanningsbasert. Disse kartene er per nå ikke publisert for alle jordsmonnkartlagte arealer.

Fra jordsmonndatabasen hentes egenskaper som jordtypenes klassifisering, evne til å bli kvitt overflødig vann, dybde til fjell, sjikttyper og -tykkelse, kornstørrelse, grusinnhold og innhold av organisk materiale, samt terrenginformasjon. For beregning av jordas lagringsevne for plantetilgjengelig vann benyttes funksjoner etter Riley (1996). I tillegg benyttes egenskaper som kartfigurenes helling, stein- og blokkinnhold og eventuell tilstedeværelse av fjellblotninger. Klimamodellen er temperaturbasert og tar hensyn til arealenes høyde over havet, avstand fra kysten og breddegrad, og hentes fra en klimamodell utarbeidet av Skjelvåg (1987).

På alle nivå i modellen gjøres en egnethetsvurdering i forhold til hvor stor begrensning egenskapen representerer for den aktuelle veksten. De ulike klassene er beskrevet i tabell 4.5 (gjelder for korn, gras og potet).

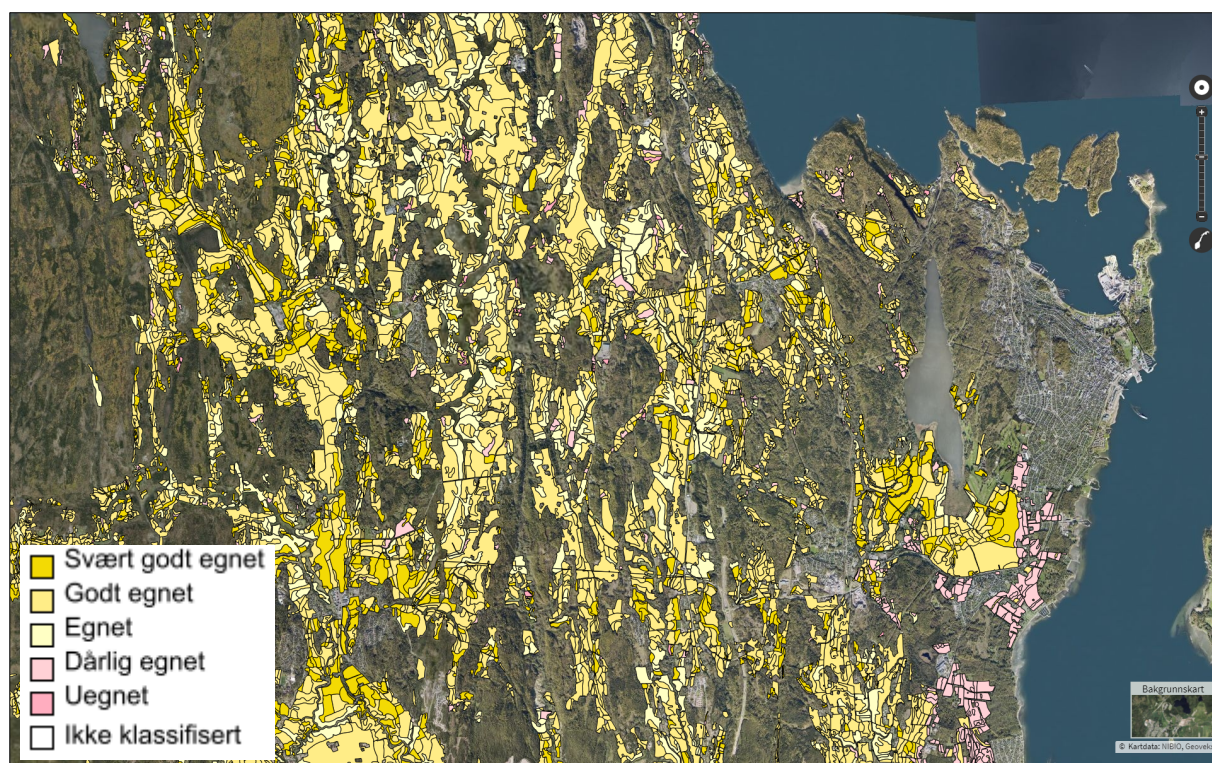


Tabell 4.5 Beskrivelse av klassene i dyrkingsklassekartene

Dyrkingsklasser for korn, potet og gras		
Klasse		Registrerte begrensninger
1	Svært godt egnet	Ingen
2	Godt egnet	Små
3	Egnet	Moderate
4	Dårlig egnet	Store
5	Uegnet	Svært store
6	Ikke klassifisert	

Egnethetsklassen settes ut fra den sterkeste begrensningen ved jorda, klimaet eller terrenget for arealet. Følgende begrensninger er tatt med i beregningene av dyrkingsklasser: klima, høyt innhold av grus, stein eller blokk, tørkeutsatthet, andre begrensninger ved jordsmonnet, hellingsforhold, organisk jord med dårlig bæreevne, fjell i dagen eller liten dybde til fast fjell.

Modellen benytter kun klimasoner basert på temperatur. Nedbørsregimet for det sentrale østlandsområdet legges til grunn for vurdering av tørkeutsatthet. For områder med andre nedbørsforhold må det gjøres tilleggsvurderinger for nedbørsbasert dyrking. Klassifiseringen gir et generelt bilde for vekstene gras, korn og potet. Sortsavvik må derfor påregnes.



Figur 4.5 Utsnitt av kartet *Korndyrking (nedbørsbasert)* for et område i Vestfold



## 4.6 Egnethetskart – grønnsaker (gulrot)

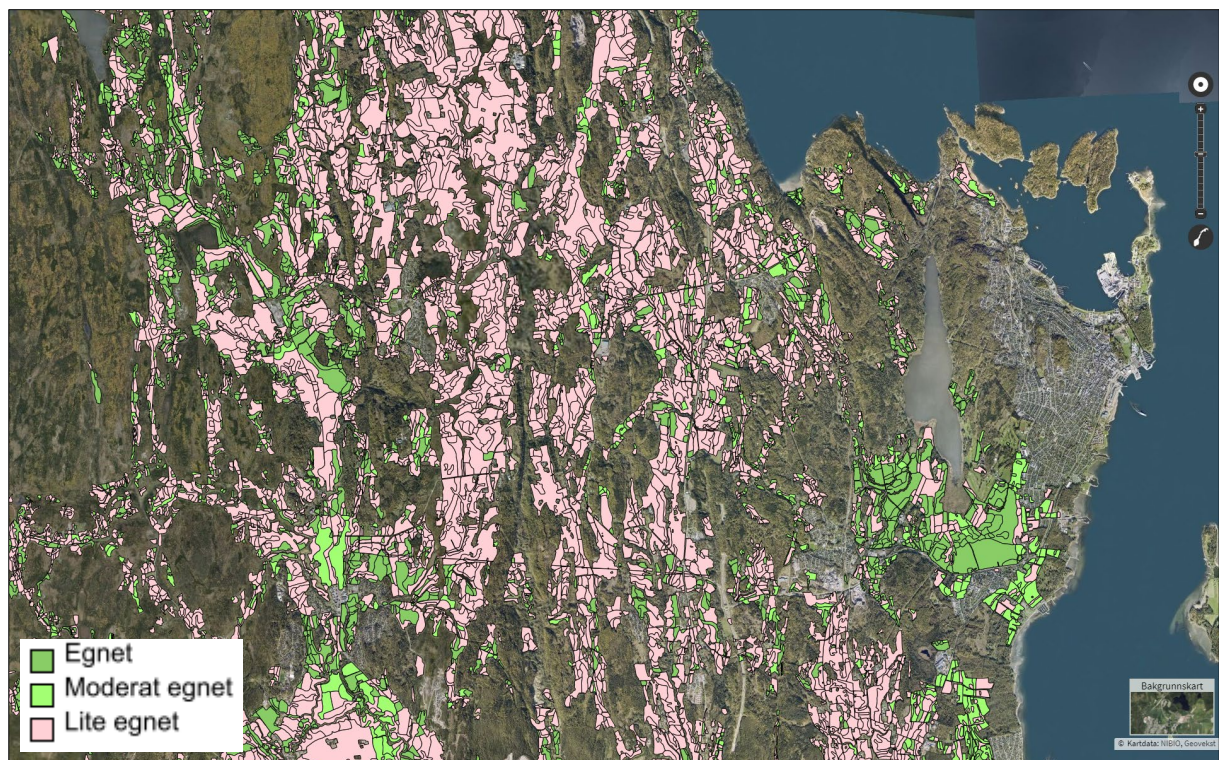
Kartene er per nå kun publisert for Vestfold, men det arbeides med å få dem publisert for andre fylker. Jord- og terrengegenskaper fra jordsmonnkartleggingen i fylket er sammenstilt med de ulike grønnsaksslagenes krav til egenskaper ved jorda og terrenget. Enkelte av grønnsaksslagene har begrenset dyrkingsmulighet i deler av Vestfold grunnet klima. For disse klimaavhengige vekstene framkommer arealets egnethet som et resultat av både jord- og terrengegenskaper og klimasone. Klassene er beskrevet i tabell 4.6.

Vekster som er begrenset av klima ved dyrking i Vestfold: tidligkulturer, rosenkål, bønner, mais og asparges. Vekster som ikke er begrenset av klima ved dyrking i Vestfold: gulrot/persillerot, løk, salat, hodekål, blomkål/brokkoli, kinakål, kålrot, selleri, beter, purre og vårløk.

Vestfold er inndelt i tre klimasoner. Den beste klimasonen (sone 1) er begrenset til områdene utenfor Raet. Tele- og snøforhold den 20. april utgjør grensen mellom sone 2 og sone 3. Egnethetskartene tar ikke hensyn til tørkeutsatthet, men legger til grunn at kulturene kan vannes ved behov. Norsk landbruksrådgivning Viken har vært en svært viktig samarbeidspartner i modellutviklingen.

Tabell 4.6 Beskrivelse av klassene i egnethetskart for grønnsaker

Egnethetskart for grønnsaker	
Klasse	Forklaring
Egnet	Godt egnet for dyrking av valgt vekst
Moderat egnet	Moderat egnet for dyrking av valgt vekst
Lite egnet	Lite egnet for dyrking av valgt vekst



Figur 4.6 Utsnitt av kartet Gulrot/persillerot for et område i Vestfold

## 4.7 Erosjonsrisiko

Jordbruksarealers erosjonsrisiko ved høstpløying deles inn i fire klasser (beskrevet i tabell 4.7). Jordsmonn- og terrengdata kombineres med klimadata. Standardverdier for jordtap grunnet vann beregnes. NIBIO benytter en modifisert utgave av den universelle jordtapslikningen (USLE). USLE er en empirisk modell basert på omfattende undersøkelser i USA (Wischmeier og Smith 1978). Den modifiserte modellen, er kalibrert til norske forhold basert på resultater fra norske erosjonsforsøk (Hole og Lundekvam 1988). Disse kartene er per nå ikke publisert for alle jordsmonnskartlagte arealer.

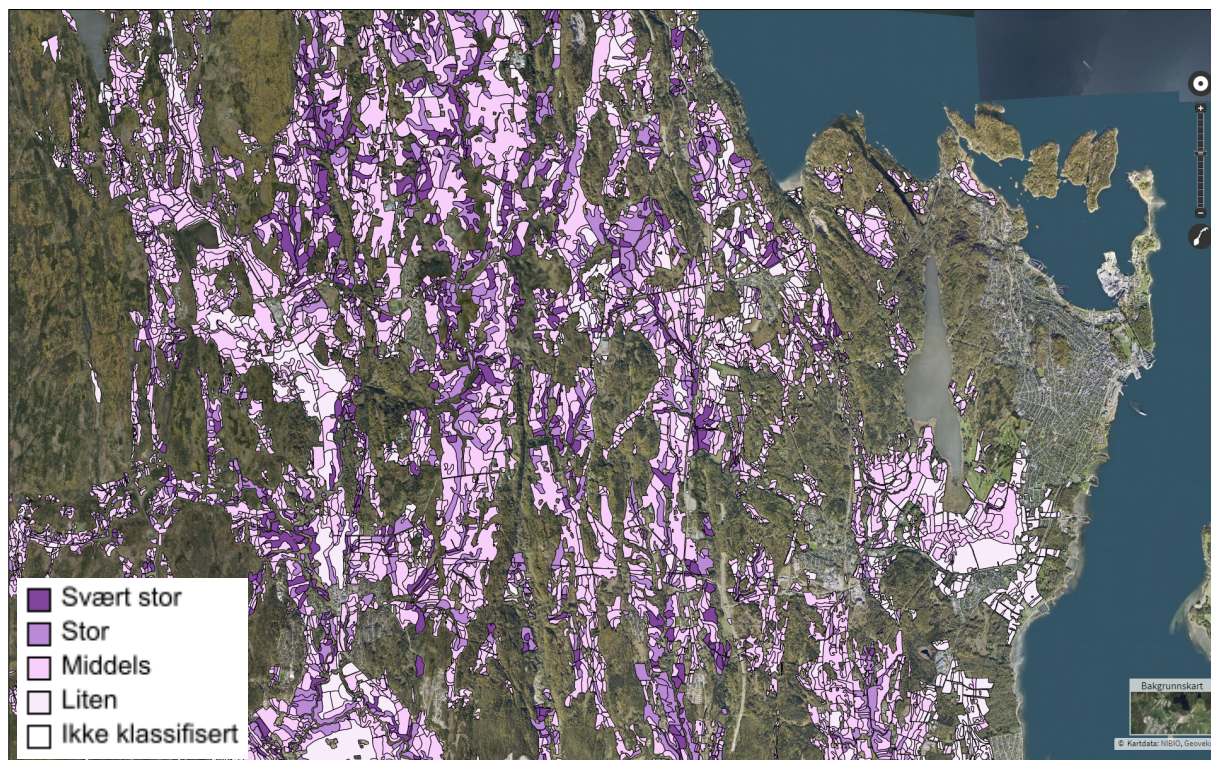
Jordsmonnets eroderbarhet kombinerer hydrologiske egenskaper (en variabel, hele profilet) og jordstabilitet (mange variabler). Arealets helling angis som en midtverdi i hellingsklasser bestemt under jordsmonnskartleggingen, og det benyttes en fast 100 m hellingslengde. Det er benyttet en fast avrenningsfaktor basert på klima (skiller kun på uplanert / planert jord), jordtap gjennom drenerør har faste verdier. Kalibrering er gjort på to småfelt (med dråg) i Akershus, med planert og uplanert mellomleire, og med korte tidsserier.

Tabell 4.7 Beskrivelse av klassene i kartet *Erosjonsrisiko*

Erosjonsrisiko	
Klasse	Jordtap (snitt i kg per daa og år)
Liten erosjonsrisiko	Mindre enn 50 kg
Middels erosjonsrisiko	50 – 200 kg
Stor erosjonsrisiko	200 – 800 kg
Svært stor erosjonsrisiko	Over 800 kg

Nye erosjonsrisikokart er under utvikling og forventes å bli tilgjengelige på Kilden i løpet av 2020. De nye kartene er basert på en norsk utgave av PESERA-modellen. Hovedforskjellen fra nåværende erosjonsrisikokart er at flere hydrologiske variabler er inkludert, hellingsgrad og -lengde på arealene er beregnet som gjennomsnitt fra en terrengmodell, og det benyttes nedbørs- og temperaturdata fra Meteorologisk institutt (1x1 km ruter), og jordtap gjennom drenerør beregnes som kontinuerlige funksjoner med flere variabler (inkl. mengde grøfteavrenning). Kalibrering er gjort på sju rutfelt (uten dråg) i Østfold, Akershus, Oppland og Hedmark, med planert mellomleire og uplanert lettleire, og med lengre tidsserier.





Figur 4.7 Utsnitt av kartet *Erosjonsrisiko* for et område i Vestfold

## 4.8 Organisk materiale

Kartet *Organisk materiale* viser innhold av organisk materiale for hvert areal, som vektprosent av for en gitt dybde. Innhold av organisk materiale bedømmes i felt. Klassene er beskrevet i tabell 4.8.

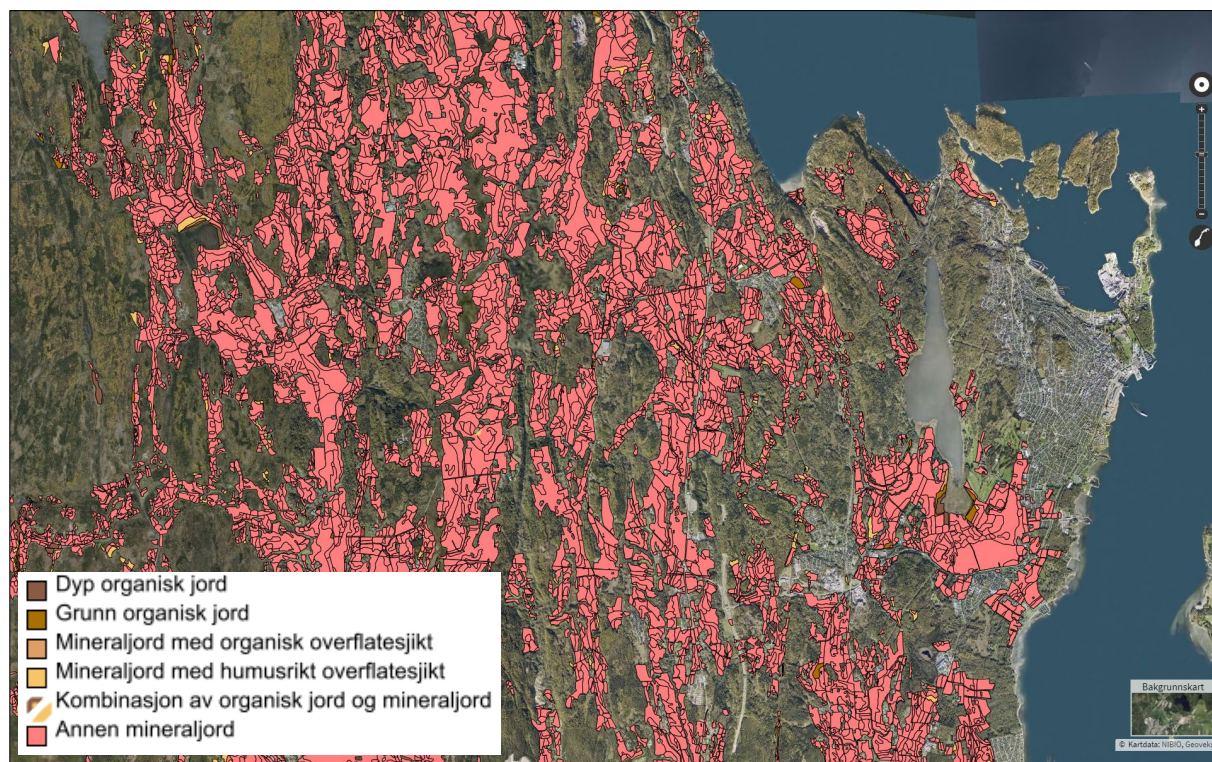
Innhold av organisk materiale er viktig for jordas bæreevne og vannleveranse. Organisk jord har dårlig bæreevne under våte forhold. Jordas vannlagringskapasitet øker med økende innhold av organisk materiale. Innhold av organisk materiale kan også ha betydning for valg av vekster på et areal.

I to av klassene vises innhold av organisk materiale ned til 1 meters dybde (klassene Dyp organisk jord og Grunn organisk jord). For de andre klassene vises innhold av organisk materiale i overflatesjiktet. Flere jordtyper kan forekomme i en kartfigur. Klassen «Kombinasjon av organisk jord og mineraljord» beskriver innhold av organisk materiale for de to mest dominerende jordtypene i en kartfigur. For de andre klassene fremstilles kun innholdet av organisk materiale for den dominerende jordtypen i figuren, og jordtyper med annet innhold av organisk materiale kan forekomme. Det må tas hensyn til slike mulige variasjoner ved bruk av kartet.

To kartillustrasjoner (figur 4.8 og 4.9) viser store ulikheter for kartet *Organisk materiale* for to ulike deler av landet.

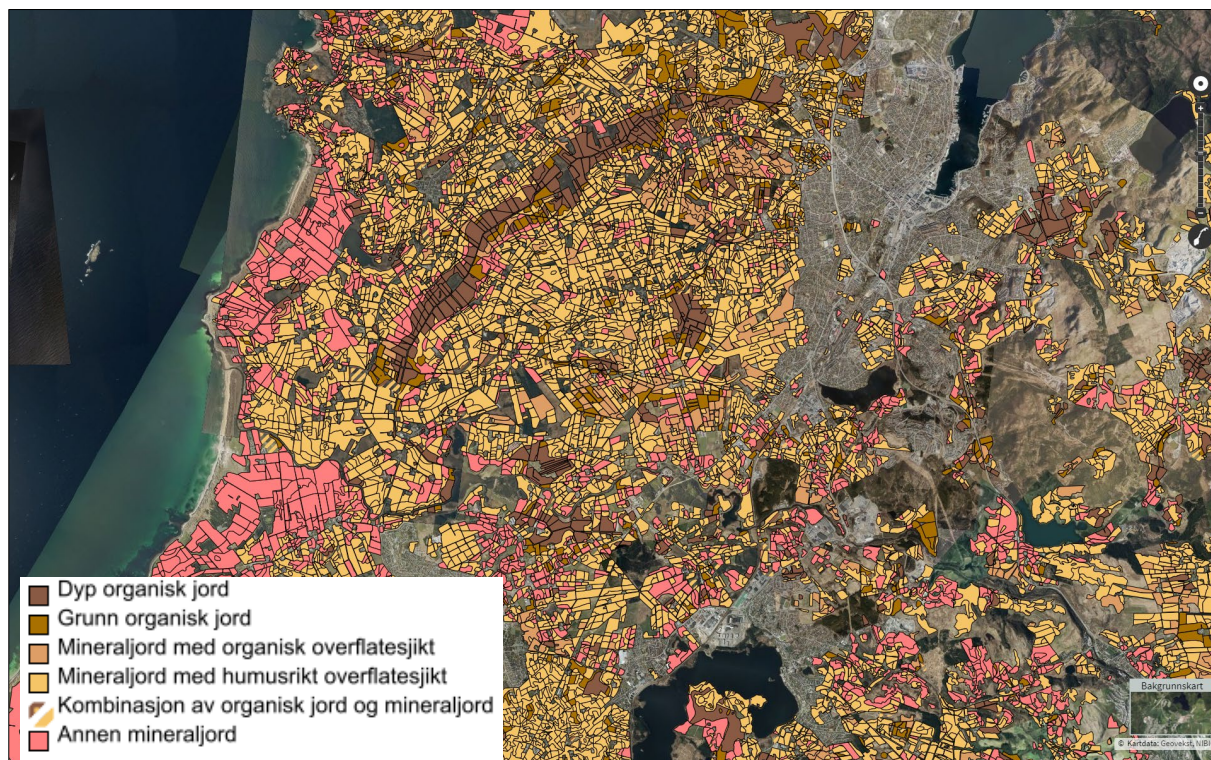
Tabell 4. 8 Beskrivelse av klassene i kartet *Organisk materiale*

Organisk materiale	
Klasse	Forklaring
Dyp organisk jord	Innhold av organisk materiale er over 34 % i hele dybden ned til 1 meter
Grunn organisk jord	Innhold av organisk materiale er over 34 %. Den organiske jorda har en tykkelse på minimum 40 cm (60 cm hvis det organiske materialet er dårlig omdannet). Mineraljord innen 1 meter fra overflaten
Mineraljord med organisk overflatesjikt	Innhold av organisk materiale i overflatesjiktet er over 34 %, men tykkelsen er mindre enn 40 cm
Mineraljord med humusrikt overflatesjikt	Innhold av organisk materiale i overflatesjiktet er mellom 6 % og 34 %
Kombinasjon av organisk jord og mineraljord	Arealet er sammensatt av én av de tre øverste klassene og klassen Annen mineraljord
Annen mineraljord	Mineraljord med mindre enn 6 % organisk materiale i overflatesjiktet



Figur 4.8 Utsnitt av kartet *Organisk materiale* for et område i Vestfold





Figur 4.9 Utsnitt av kartet *Organisk materiale* for et område i Rogaland

## 4.9 Teksturgrupper i plogsjikt

I kartet *Teksturgrupper i plogsjikt* (Figur 4.10) vises den dominerende teksturgruppen i plogsjiktet for hvert areal, i fem klasser. Teksturen er et uttrykk for kornstørrelsesfordelingen i jorda, og bedømmes i felt. Disse kartene er per nå ikke publisert for alle jordsmonnkartlagte arealer.

Teksturklasser som er bestemt i felt er slått sammen til aggregerte klasser. Dersom innholdet av organisk materiale er over 34 %, brukes betegnelsen "organisk jord". Tabell 4.9 viser hvordan teksturklassene som er benyttet i felt er slått sammen til de aggregerte klassene i kartet.

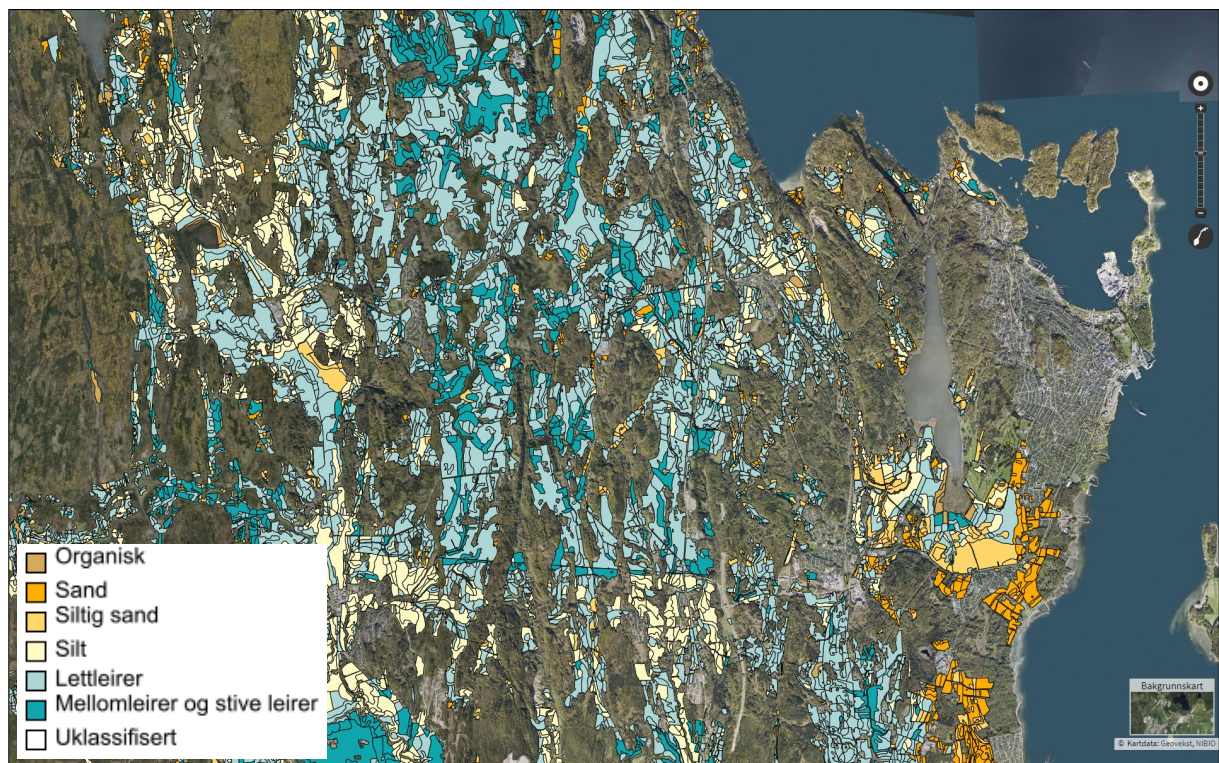
Tekstur har stor betydning for jordas agronomiske egenskaper, men også for risiko for erosjon og utvasking av næringsstoffer og plantevernmidler.

I kartet vises kun teksturen i plogsjiktet. Teksturen i jorda under kan være forskjellig fra plogsjiktet. Innen et areal kan det dessuten forekomme jordtyper med forskjellig tekstur i plogsjiktet. I slike tilfeller er det teksturen til den dominerende jordtypen som vises.

Tabell 4. 9 Beskrivelse av teksturklasser i plogsjiktet i felt og aggregerte klasser i kartet *Teksturgrupper i plogsjiktet*

Teksturgrupper i plogsjikt	
Teksturklasse i felt	Aggregert klasse (i kartet Teksturgrupper i plogsjikt)
Grusholdig mellomsand, grusholdig grovsand, grusrik mellomsand, grusrik grovsand, grusrik siltig mellomsand, grusrik siltig grovsand og grus	Sand
Mellomsand og grovsand	Sand
Finsand	Sand
Siltig mellomsand, siltig grovsand, grusholdig siltig finsand, grusholdig siltig mellomsand og grusholdig siltig grovsand	Siltig sand
Siltig finsand	Siltig sand
Silt og sandig silt	Silt og sandig silt
Siltig lettleire	Lettleirer
Lettleire, sandig lettleire, grusholdig siltig lettleire, grusholdig lettleire og grusholdig sandig lettleire	Lettleirer
Siltig mellomleire, mellomleire og sandig mellomleire	Mellomleirer og stive leirer
Stiv leire og svært stiv leire	Mellomleirer og stive leirer
Organisk jord	Organisk jord





Figur 4.10 Utsnitt av kartet *Teksturgrupper i plogsjikt* for et område i Vestfold

## 5 Oversikt planleggingsverktøy og muligheter for nye registreringer

I kapittel 4 er det gitt en oversikt over tilgjengelige temakart basert på jordsmonnsmåling tilgjengelig via KILDEN (<https://kilden.nibio.no>). Slike kart kan gi gode muligheter for kobling med andre planleggingsverktøy. Kart over tekstur kan f.eks brukes til å lokalisere areal med lite organisk materiale som kan være tørkeutsatt, og også kan ha stor risiko for utvasking av nitrogen etter nedbør. Dette kan være til nytte ved planlegging av vanningsbehov og ved gjødsling, valg av areal for husdyrgjødselspredning og bruk av ulike nitrogenkalkulatorer. I dette kapitlet er det gitt en kort oversikt over aktuelle tilgjengelige planleggingsverktøy, veiledere og nettsider. Kapitlet omtaler også noen planer for viderutvikling av slike tjenester.

### 5.1 Oversikt over tilgjengelige planleggingsverktøy (NIBIO):

Kilden (f.eks. erosjonsrisikokartet) (<https://kilden.nibio.no>). Se omtale i kapittel 4.

Gårdskart (<https://gardskart.nibio.no>) Se omtale i kapittel 4 og kap 5.3.

Nitrogenkalkulator <https://www.nibio.no/tema/jord/nitrogenkalkulatorer?locationfilter=true>

Fosforindeks-kalkulator (<http://128.39.191.10/pkalkulator/pskjema2009.php>)

Kost-effekt-kalkulator ([http://128.39.191.10/peffekt/peffekt\\_meny.php](http://128.39.191.10/peffekt/peffekt_meny.php))

Plantevernleksikonet (<https://www.plantevernleksikonet.no/>)

Plantevernguiden (<https://www.plantevernguiden.no/>)

VIPS varsling innen planteskadegjørere <https://www.vips-landbruk.no/>

Veileder for miljø – og klimatiltak ([www.nibio.no/tiltak](http://www.nibio.no/tiltak))

WebGIS-avsløp ([http://128.39.191.34/webgisavlop\\_sommerdalen/hovedframe.php](http://128.39.191.34/webgisavlop_sommerdalen/hovedframe.php))

### 5.2 Andre planleggingsverktøy/tjenester:

Terranimo - modellverktøy for å estimere jordpakking, norsk versjon: [www.terranimo.dk](http://www.terranimo.dk)

<https://www.terranimo.dk/Pages/MainTerranimo.aspx?Country=NO&Language=nb-NO>

Senorge.no: [www.senorge.no](http://www.senorge.no) Daglig oppdaterte kart over snø, vær- og vannforhold i Norge

Xgeo.no : [www.xgeo.no](http://www.xgeo.no) Overvåkning og varsling av flom, jordskred- og snøskredfare. Også tilgang via [senorge.no](http://senorge.no)

Yr.no. [www.yr.no](http://www.yr.no) Daglig værvarsling

Vannmiljø fra Miljødirektoratet: <https://www.vannportalen.no/>. Informasjon om gjennomføring av Vannforskriften i Norge. Vannregioner, veiledere, vannkvalitet, tiltaksplaner i de enkelte vannområder.

Kart over lukkede bekker. Eks fra Oslo Elveforum.

Grøftekart. Noen firma som utfører grøfting utarbeider også digitale grøftekart basert på nøyaktige GPS-data som grøftemaskinen registrerer når rørene legges. Slike kart er aktuelle ved vurdering av grøftebehov og for lokalisering ved vurdering av behov for utbedring.

Kalkingsfirma har oversikt og kan utarbeide kart over pH fra jordprøver og kalkbehov på ulike skifter. Slike kart er den enkelte bondens eiendom på samme måte som resultat fra bondens jordprøver og er ikke fritt tilgjengelig. Det er den enkelte bonde som må gi tillatelse til å bruke dette og det kan være aktuelt ved planlegging på gårdsnivå.

N-sensor ( eks: <https://www.yara.no/gjoedsel/hjelpemidler-og-service/n-sensor/>): Sensor som måler nitrogennivået i åkeren (via klorofyllets grønnfarge og biomassen) og kalkulerer N-behovet. Kan brukes for å styre tildeling av mineralgjødsel ved delgjødsling mens det kjøres gjennom åkeren.

## 5.3 Kart og planleggingstjenester under utvikling

**Gårdskart** (<https://gardskart.nibio.no>) er utviklet for visning av kart og arealtall for landbrukseiendommer. Gårdskart er en kart- og statistikk-tjeneste som viser arealressurser og arealtall for en enkelt landbrukseiendom. Søk gjøres i utgangspunktet på landbrukseiendom. Resultatet på skjermen er en kombinasjon av informasjon som hentes direkte fra flere datakilder; Landbruksregisteret, eiendomskart fra matrikkelen og arealressurskartet AR5. Det er mulig å velge andre kartdata og flybilder. Det er også mulig å søke på eiendommer som ikke ligger i Landbruksregisteret. Tjenesten er tilrettelagt for landbruksforvaltningen og eiere og brukere av landbruks-eiendommer, men er åpen for alle. Den brukes eks ved søknader til regionale miljøprogram (RMP).

**Typer gårdskart tilgjengelig:** Det er mulig å se på og skrive ut fem ulike typer gårdskart: Markslag (AR5) - 7 klasser, Markslag (AR5) 13 klasser, Erosjonsrisiko, Jordressurser og Helling på jordbruksareal. I tillegg kan man også velge å vise gårdskart uten tema, dvs. bare eiendomsomrisset med ønsket bakgrunnskart og eventuelt andre valgte kartlag.

**Nyutvikling av gårdskart:** Dagens gårdskart er tilgjengelig i visningsformat og det kan tas utskrift av kartene. Søknader om RMP-tilskudd legges også inn med referanse for skiftenivå. I løpet av 2019 er det planer om å etablere innlogging på gårdskart med «Minside» funksjon, og dette kan gi muligheter for å legge inn egne registreringer, lagre og ta utskrift av planlegging på egen eiendom.

**Drågekart:** NIBIO har pågående arbeid med å lage detaljerte topografiske kart som bl.a. kan brukes for å vise dråg og forsenkninger i terrenget. Slike «drågekart» kan brukes for å lokalisere områder med overflateavrenning og planlegge for spesielle tiltak der.

**Terranimo** ([www.terranimo.dk](http://www.terranimo.dk)) er et planleggingsverktøy – med norsk versjon- som kan brukes for å redusere risiko for jordpakking. Den enkelte bruker kan gå inn på eget areal, legge inn egne jordsmonnsdata og legge inn sine egne maskiner, hjulustrustning, dekktrykk mm. Her kan det simuleres hvordan kjøring på tørr, fuktig eller våt jord virker inn på jordpakking (illustrert ved figurer). Effekt av å endre tyngde på redskap, dekkustrustning, vente på opptørking kan simuleres. Det pågår nå utviklingsarbeid med å koble bruk av værdata og værvarsling for bedre risikovurderinger av jordpakking. Ut fra forventet/registrert mengde nedbør kan det lages oversikter over hvor lenge man bør vente før det er anbefalt å kjøre på arealet uten stor risiko for jordpakking.

**Planleggingstjenester:** Det er ønskelig å samle informasjon og aktuelle planleggingsverktøy slik at de er lett tilgjengelig for planlegging på gårdsnivå. Det er ulike alternativer for dette. På Kilden finnes det i dag et eget menyvalg /inngangsportal for skog - Skogportalen (krever innlogging). Et alternativ er å **lage en lignende tjeneste – på nettsiden til KILDEN** - for planlegging av miljø- og klimatiltak i jordbruket. Da kunne det legges oversikter over de mest aktuelle kart og hjelpemidler, og videre henvisninger til faglig dokumentasjon og til andre nettsteder og tjenester.

Et annet alternativ er å bruke nettsiden til **Veileder for miljø og klimatiltak** ([www.nibio/tiltak](http://www.nibio/tiltak)). Det er mulig/aktuelt lage en egen side der med henvisning til kart på KILDEN, henvisninger til mer faglig dokumentasjon og også eksempler på hvordan dette kan brukes i planlegging.

Denne rapporten omhandler ikke vurdering av tekniske løsninger for eller utvikling av et samlet planleggingsverktøy. Det er lagt vekt på vise hva som finnes tilgjengelig nå og hvordan dette kan brukes. Samtidig er det kommet ønsker, bl.a. fra prosjektets brukergruppe (kap 6.4) om at det er ønskelig å utvikle verktøy også for anbefaling av tiltak, en veileder som kan brukes for å prioritere tiltak og beregne tiltakseffekter ved ulike alternativer. Eksempel: På et gitt areal kan brukeren i dag få oversikt over jordsmonnsegenskaper og erosjonsrisiko. Dersom et areal har erosjonsrisikoklasse 3, så må det deretter planlegges for mulige tiltak som kan være endret jordarbeiding. Det er ønsket at et fremtidig verktøy skal ha mulighet for å vise alternative tiltak og beregne effekter av disse. Når areal i erosjonsklasse 3 vises, så kan det via menyvalg komme opp alternative tiltak med beregning av effekter. Dette må gjøres manuelt i dag.

Det er ønskelig å inkludere koblinger til bondens egne observasjoner og registreringer og gi mulighet for overføringer, eks til app'er for bedre tiltaksplanlegging. Det gjelder eksempel for vurdering av dreneringsbehov og utbedring av hydrotekniske anlegg. Det kan også gjelde registrering av erosjonsutsatte areal som er aktuelle for å legges med grastiltak, egen registrering av areal som er utsatt for jordpakking. Det kan ha betydning for valg av areal for å spre husdyrgjødsel eller for valg av areal aktuelt for fangvekster. Teknologiske muligheter med GPS gir gode muligheter for lokalisering og registreringer. Figur 5.1 viser eksempel på noen slike registreringer fra felt og forslag til mulig kobling mellom feltregistreringer og tiltaksplanlegging.

Det foregår en rekke utviklingsprosjekter på dette området- noen er omtalt her:

<https://www.nibio.no/nyheter/morgendagens-landbruk-er-digitalt?locationfilter=trueo>

bla utvikling av :

- Digitale karttjenester på nettbrett og mobil
- Digitale løsninger for presisjonsjordbruk



# Planlegging av miljøtiltak

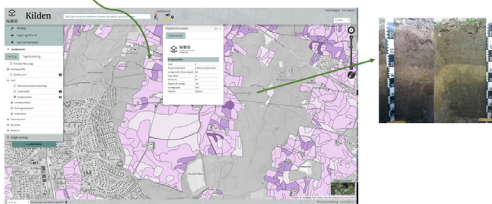
## Registreringer i felt- problemkartlegging



**Feltregistreringer gårdsnivå:** erosjonsutsatte arealer, erosjon i bekkeskrånninger, nedløpskummer med behov for utbedring, flomutsatte areal. GPS merkes, fotodokumentasjon og merknader.

### Planlegging- kart for planlegging (Kilden.no)

- Jordsmonnsegenskaper
- Lenke til beskrivelse av jordtyper
- Lenke beskrivelse av erosjonsrisiko, erosjonsformer,
- Lenke til beskrivelse av aktuelle tiltak-aktuelt for kombinasjon av jordtype, erosjonsrisiko, helling



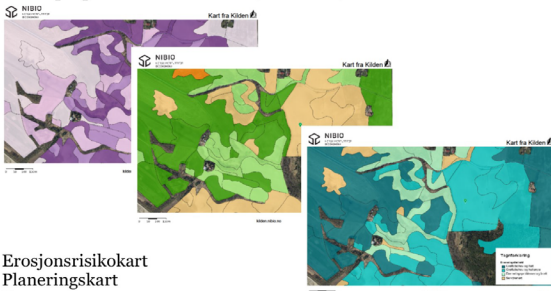
### Vurdering av hydrologi og erosjon. Risiko for overflateavrenning.

Kart over risiko for avrenning (draglinjer vann)  
Beregning av erosjon i dråg

Koblet med egne registreringer: Grøftkart, områder med behov for drenering og utbedring av hydrotekniske anlegg



### Eksempel på aktuelle temakart: (Kilden.no)



Erosjonsrisikokart  
Planeringskart  
Tørkeutsatt  
Dreneringsforhold  
Tekstur i ploglag  
Egnethetskart for ulike kulturer

## Planlegging av tiltak

Mulighet for å legge inn egne observasjoner, GPS lokalisert og med bilder og notater.



### Ønskelig:

- Mulighet for å legge inn aktuelle tiltak.
- Tegneverktoy for lokalisering av problemområder og tiltak
- Beregning av areal for delnedbørfelt
- Muligheter for støtte gjennom regionale miljøprogram (RMP), spesielle miljøtiltak i kommunene (SMIL) og andre ordninger i Nasjonalt Miljøprogram.
- Lenke til Vannområder



Eksempel på tiltaksmeny med lenker til beskrivelser av tiltak:

Tiltak
Jordarbeiding
Kantsoner
Fangdammer
Vannveier
Gjødselplanlegging

**Beregning av effekt av tiltak**, eks effekt av endret jordarbeiding sammenlignet med høstploying. Effekter illustrert ved søylediagram eller tabeller.

Tiltaksplanlegging. Kart med menyvalg tiltaksplanlegging- lenke til beskrivelse av aktuelle tiltak og beregning av effekter. Noen eksempel: fangdam, grasdekte kantsoner i åker, grasdekte vannveier, kvistdam, utbedring av nedløpskum, forbedret drenering, utbedring av skader i planeringsfelt.



**Beskrivelse av tiltak:**  
Tekstbeskrivelser og bilder  
Tiltakseffekter  
Kost- effekt kalkulator

**Beskrivelse av mulige synergier mellom ulike miljøtema:**  
Vannmiljøtiltak, utslipp til luft, karbonbinding, økosystemtjenester, tilpasning til endringer i klima.

Veiledningsmateriell kan lastes ned fra [www.nibio.no/tiltak](http://www.nibio.no/tiltak)

Kobling av egne registreringer eks- jordanalyser (P-AL) tall, N-sensor- kobling til lenker, kalkulatorer for eks gjødselplanlegging.

Egne registreringer av areal utsatt for jordpakking: lenke til kalkulator for å redusere risiko for jordpakking. Kalkulator for beregning av maskinkostnader og laglighetskostnader i våronna.

Tiltak for økt karbonbinding i jord: lenker til beskrive og planlegging av: fangvekster, bruk av biokull, grastiltak,

Tilpasning til endringer i klima: lenke til planleggingssider på «Veileder for miljø og klimatiltak i landbruket»

Her er gitt eksempler og muligheter for videreutvikling. Alternativer for planlegging kan være i) menyvalg i Kilden eller ii) menyvalg på «Veileder for miljø og klimatiltak».

Figur 5.1. Eksempel på registrering i felt og tiltaksplanlegging ved bruk av ulike kart og veiledere

## 5.4 Innspill fra referansegruppe

Det er holdt møte (program i vedlegg 1) med en referansegruppe/brukergruppe med representanter fra:

Fylkesmannen i Vestfold og Telemark: Jon Randby, Fylkesmannen i Oslo og Viken: Kari Rime Engmark og Per Rønneberg Hauge, Fylkesmannen i Rogaland: Monica Dahlmo.

Norsk landbruksrådgivning var representert ved Svein Skøien i referansegruppen, men deltok ikke på dette møtet.

På møtet ble det presentert oversikt over utvalgte tiltak planlagt å dokumenteres i rapporten og lagt frem metodikk for dokumentasjon av effekter og synergier. Det ble også gitt en oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy i NIBIO og demonstrert eksempel på hvordan flere miljøtiltak kan planlegges og fremstilles på gårdskart.

En viktig del av møtet var gjennomgang av brukernes behov med innspill om hvilke tiltak som burde vektlegges i rapporten og forslag til forbedringer og utvikling av kart og planleggingsverktøy.

### Noen hovedpunkter fra referansegruppemøtet:

- Behov for oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy
- Behov for - og ønskelig: muligheter for å kople aktuelle gårdskart/skiftekart hentet inn i søknadsportalen for RMP med programmer og veiledere som foreslår tiltak som er egnet/aktuelt på dette arealet. Eksempel kan være: Anbefalinger om endret jordarbeiding på areal med høy erosjonsrisiko, forslag til lokalisering av vegetasjonssoner langs bekker. Alternativt kan det være en lenke til en egen nettside for planlegging av flere miljøtiltak.
- Ønskelig å kunne skalere opp fra gårdsnivå til nedbørfelt for kobling med eks nedbørfeltmodellen Agricat2- modell for landbruksavrenning.
- Ønskelig med koblinger mellom tiltak i Vannområdene og Nasjonalt Miljøprogram, nå er det separat planlegging og prioritering. Miljøavtaler må også inkluderes i dette.
- Bruk av regionale/lokale kart ved bruk av E-stil til Landbruksdirektoratet. Som eksempel finnes det flomsonekart og drågekart for Akershus, men de brukes ikke i E-stil.
- Spesielle tiltak som det ble ønsket mer kunnskap om:
  - Kompost
  - Karbonlagring
  - Separering av husdyrgjødsel
  - Grasstriper for oppdeling av lange hellingslengder
  - Fangvekster
  - Drågekart for planlegging av erosjonstiltak- målrette grasdekte vannveier
  - Tiltak i grønnsaksproduksjon, tidligkulturer og bruk av fangvekster
  - Intelligente kantsoner
- Omtale av noen spesielle effekter:
  - Jordstruktur- pionervekster- mulig grunnlag for virkemidler
  - Kjørespor- kjøring ved ulaglige forhold
  - Avling, effekter pr arealenhet, pr kg avling,

- Mikrolivet i jorda
- Effekt av vinterforhold på fangvekster- utfrysing og effekt av om fangveksten høstes eller ikke
- Ønskelig med omtale av miljøtiltak i andre land, eks Sverige.
- Kartfesting av SMIL tiltak. Kartfesting av tiltak med innvilget investeringsstøtte.
- Muligheter for kobling av registreringer og spesielle tema til lokalisering på gårdskart. Eksempler: N-sensor har automatisk registrering, ved nygrøfting er det tilgjengelig program for kartfesting av hvor nye drenerør er lagt. Registrering av bondens egne P-AL tall og andre resultater fra jordprøver som organisk innhold, registrering av tiltak for karbonbinding. Muligheter for å legge inn gjødselplan.
- Forslag om å etablere et brukerforum for bruk av miljøkart mellom forvaltning og forskning.



## 6 Tiltakspakker med kombinasjoner av tiltak

I dette kapitlet er det valgt ut noen eksempler på kombinasjoner av tiltak i tiltakspakker på gårdsnivå. Tiltak er valgt ut basert på effekter dokumentert i kapittel 3 og de skal også representere ulike regioner og produksjoner. Tiltakspakkene har et utvalg av tiltak. De utvalgte tiltaksområdene er:

- Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet
- Grønnsaksarealer på Sørlandet
- Område med stor husdyrtetthet på Jæren
- Område med korn og husdyr i Trøndelag

For hver tiltakspakke er det beskrevet:

- Grunnlagsdata: jordsmonn, arealbruk, driftsforhold (vekst og drift)
- Miljøpåvirkning
- Aktuelle tiltak
- Synergier etter klassifisering av effekter: T- tilpasning, G – klimagasser, V- vannmiljø, K- karbonbinding. Ø- andre økosystemtjenester.

Kapittel 7 viser fremgangsmåte og hjelpemidler som kan brukes for detaljerte planlegging, inkludert muligheter for å legge inn bondens egne registreringer og fremstille dette på kart.

### 6.1 Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet

**Områdebeskrivelse:** Det er tatt utgangspunkt i et område med marin leire og silt. Det er noe planert jord med lavt innhold av organisk materiale i toppsjiktet. Landskapet er kupert med ravedaler og bratte hellinger. Topografien tilsier at vannet samler seg i forsenkninger. Korndyrking dominerer i området og jordarbeiding om høsten er vanlig praksis. En del arealer har dreneringsproblemer på grunn av dårlig vannledningsevne og tette sjikt innen 1 m's dybde. Jordas fosforstatus er middels – moderat høyt (P-AL 5-10) og i gjennomsnitt gjødsles det med mer nitrogen enn det som tas opp i avlingene.

**Miljøpåvirkning:** Det forekommer erosjon både som flateerosjon på de mest bratte arealene og som dråg-erosjon der topografien tilsier at vannet samler seg i forsenkninger/dråg. Klimaendringer forventes å gi økt risiko for overflateavrenning og erosjon særlig utenom vekstsesongen. Erosjon fører til høye konsentrasjoner av partikler i bekken og dermed også høye konsentrasjoner av partikkelbundet fosfor. Det meste av fosforet er partikkelbundet og effekten i resipienten avhenger av forholdene i innsjøen. Det er forholdsvis lave konsentrasjoner av direkte biotilgjengelig fosfor (løst fosfat) i avrenningen, men det partikkelbundne fosforet kan bli tilgjengelig for algevekst over tid. Overskuddsgjødsling med nitrogen kan gi økt risiko for nitrogentap til både vann og luft. Etter jordarbeiding vil det være økt risiko for nitrogentap på grunn av økt mineralisering av organisk nitrogen, særlig dersom det er et stort overskudd av nitrogen i jorda etter vekstsesongen, f.eks. på grunn av tørke og lave avlinger. Forventede klimaendringer med økt nedbør og våte forhold kan øke risiko for overflateavrenning, erosjon og næringstofftap som nevnt over. Våtere forhold kan øke risiko for jordpakking ved kjøring på våt jord. Bedre drenering kan bidra til å redusere problemet.

**Aktuelle tilpasningstiltak for vannmiljø:** De aktuelle vannmiljøtiltakene er knyttet til kontroll med overflatevann og beskyttelse av overflaten med minst mulig jordarbeiding og overvintring i stubb på en stor del av arealet. Hydrotekniske tiltak settes inn for å utbedre skader på planerte arealer og for

å ta hånd om vann som samles i forsenkninger. Arealer med dårlig drenering dreneres på nytt for å redusere risiko for overflateavrenning og bedre forholdene for kjøring, det vil si redusere risiko for jordpakking. Grastiltak brukes i dråg og på flomutsatt areal for å redusere erosjon og næringsstofftap. Grasstriper i åker brukes på arealer med lange hellinger for å redusere overflateavrenning ved å bryte hellingslengden og dermed redusere erosjon. Grasdekte kantsoner bidrar til å tilbakeholde partikler og næringsstoffer og redusere graving i bekkekanten. For å redusere nitrogenoverskuddet i og etter vekstsesongen brukes presisjonsgjødsling. Sammen med fangvekster på en del av arealet bidrar dette til å redusere nitrogentapet. Det gjødsles med fosfor i forhold til jordas fosforinnhold (P-AL) slik at fosfortallene reduseres til middels fosforstatus (P-AL=5-7).

**Synergier:** Overvintring i stubb er et viktig vannmiljøtiltak som har synergi med klimatilpasning ved beskyttelse av overflaten gjennom våte perioder høst og vinter. Det gjelder også hydrotekniske tiltak, som har stor betydning dersom det blir økt nedbør og økt nedbørintensitet. Bruk av mer grasarealer kan beskytte mot erosjon, også på flomutsatte areal, og har synergi med muligheter for å øke karboninnholdet og dermed redusere netto CO<sub>2</sub>-utslipp, selv om totalarealet ikke er stort. Sammen med grasdekte kantsoner bidrar det til økt biologisk mangfold. Fangvekster på arealer med lavt organisk innhold kan bidra til økt karbonbinding og redusert nitratutvasking. Bruk av fangvekster og gras kan ha usikker effekt på tap av lystgass og er ikke tilstrekkelig dokumentert for norske forhold. Det kan både redusere og øke tapet av lystgass under ulike forhold der jordfuktigheten har særlig betydning. Bedre drenering bidrar til redusert jordpakking og er viktig for høye avlinger og økt matproduksjon. Drenering kan gi mer effektiv utnyttelse av nitrogen og dermed redusere risiko for utslipp til vann og luft. Men effekten av drenering på nitrogentap, særlig tap av lystgass er imidlertid usikker, og det mangler helårsmålning. Gjødsling med fosfor etter jordas fosforstatus vil bidra til økt effektivitet i utnyttelse av verdens fosforressurser.

Tabell 6.1. Områdebeskrivelse, virkning på vannkvalitet, vannmiljøtiltak og synergier av vannmiljøtiltak på andre miljømål i et eksempelområde med korn på Østlandet. Synergier: T- tilpasning, G – klimagasser, V- vannmiljø, K-karbonbinding, Ø- andre økosystemtjenester.

Områdebeskrivelse	Vannkvalitetseffekt	Vannmiljøtiltak	Synergier
<b>Jordsmonnsdata</b> Lavt innhold av organisk materiale; Marin leire /silt Planert	Erosjon Overflateavrenning av N, P og jord (partikler) Drågerosjon	Overvintring i stubb	T, V, K, Ø
<b>Topografi</b> Ravine landskap med bratte hellinger Forsenkninger		Fangvekst	V, K, Ø
<b>Produksjon:</b> Korn – åpen åker		Hydroteknikk	T, V,
<b>Driftsforhold:</b> Jordarbeiding høst Middels-moderat høy fosforstatus (P-AL: 5-10) Overskudd på næringsbalansen		Drenering	T, V, Ø
		Grasdekte vannveier	T, V, K, Ø
		Grasstriper i åker	T, V, K, Ø
		Grasdekte kantsoner	T, V, K, Ø
		Presisjonsgjødsling	T, V, G
		Fosforgjødsling etter jordas fosforstatus	V, Ø

## 6.2 Grønnsaksarealer på Sørlandet

**Områdebeskrivelse:** Det er tatt utgangspunkt i et område med intensiv grønnsaks- og potetproduksjon på siltig/sandig morene. På grunn av intensiv jordarbeiding er innholdet av organisk stoff lavt. Arealene er for det meste flate og erosjonsrisikoen forholdsvis lav, men med en del flomutsatte arealer. Arealer med grønnsaker og potet gjødsles mye og det er overskudd av næringsstoffer i produksjonen og meget høyt fosforinnhold (P-AL>14) på en del arealer på grunn av mange års kraftig gjødsling.

**Miljøpåvirkning:** Grønnsaker- og potetplanter gir liten beskyttelse mot erosjon også i vekstsesongen. Dessuten kan den intensive jordarbeidingen medføre økt risiko for erosjon. Jordpakking på grunn av kjøring med tunge maskiner gir også økt risiko for overflateavrenning og erosjon. Overskudd på næringsstoffbalansen bidrar til stor risiko for utvasking av næringsstoffer. På grunn av høyt fosforinnhold i jorda fører erosjon og tap av partikler til store fosfortap. Overskudd av nitrogen fører dessuten til økte klimagassutslipp. Det er forventet at endringer i klima kan gi økt nedbør, spesielt om høsten og gjennom vinterperioden. Vekstsesongen for grønnsaker er ofte kort og jorda er bar store deler av året, også i perioder da det forventes mer nedbør. Våte forhold kan øke risiko for jordpakking ved innhøsting under ugunstige forhold og høsting med tunge maskiner.

**Aktuelle tilpasningstiltak for vannmiljø:** Vannmiljøtiltakene omfatter ulike grastiltak. Det gjelder blant annet grasstriper i åker for å dele lange hellinger samt grasdekte kantsoner langs vassdrag og fangdam der det er mulig. Fangvekster sådd etter høsting brukes etter tidligvekster. På arealer med lavt organisk innhold brukes det også fangvekster mellom radene i grønnsaker der det er praktisk mulig. Det er behov for vanning for å få års-sikre avlinger og effektiv utnyttelse av næringsstoffer. Korn i omløp gjødsles ikke med fosfor og fosforgjødslingen til grønnsaker/potet reduseres der fosforinnholdet er meget høyt. Det settes inn økt presisjon i gjødsling, f.eks. stripegjødsling i løkvekster.

**Synergier:** Økt presisjon i gjødslingen fører til mindre næringsstoffutvasking og det har synergier med reduserte utslipp av nitrogen til luft. Bruk av fangvekster, særlig på arealer med lavt organisk innhold, og gras på utsatte arealer har synergi med muligheter for å binde karbon, selv om totalarealet ikke er stort. Bruk av fangvekster og gras kan ha usikker effekt tap av lystgass og er ikke tilstrekkelig dokumentert for norske forhold. Det kan både redusere og øke tapet av lystgass under ulike forhold der jordfuktigheten har særlig betydning. Bedre drenering bidrar til redusert jordpakking og er viktig for høye avlinger og økt matproduksjon. Drenering kan gi mer effektiv utnyttelse av nitrogen og dermed redusere risiko for utslipp til vann og luft. Men effekten av drenering på nitrogentap, særlig tap av lystgass er imidlertid usikker, og det mangler helårsmålinger. Grasdekte kantsoner, grasstriper i åker og gras på flomutsatte arealer er landskapselementer som bidrar til økt biologisk mangfold. Mulighet for vanning bidrar til høyere avling og økt matproduksjon.

**Tabell 6.2. Områdebeskrivelse, virkning på vannkvalitet, vannmiljøtiltak og synergier av vannmiljøtiltak på andre miljømål i et eksempelområde med grønnsaker og potet på Sørlandet. Synergier: T- tilpasning, G – klimagasser, V- vannmiljø, K-karbonbinding, Ø- andre økosystemtjenester.**

Områdebeskrivelse	Vannkvalitetseffekt	Vannmiljøtiltak	Synergier
<b>Jordsmonnsdata</b> Lavt innhold av organisk materiale; Sandig eller siltig jord Middels/lav erosjonsrisiko	Erosjon Overflateavrenning av N, P og jord (partikler) Utvasking av næringsstoffer med grøfteavrenning	Fangvekst sådd etter høsting	V, K, Ø
<b>Topografi</b> Relativt flate arealer Noe flomutsatt areal		Fangvekst som mellomkultur	V, K, Ø
		Redusert gjødsling med fosfor	V, Ø
<b>Produksjon:</b> Grønnsaker/potet – åpen åker		Økt presisjon i gjødslingen	V, G, Ø
		Hydroteknikk	T, V,
<b>Driftsforhold:</b> Bar jord store deler av året Jordarbeiding – tunge maskiner Høye fosfortall (P-AL) Overskudd på næringsstoffbalanse		Drenering	T, G, V, Ø
		Grasstriper i åker	T, V, K
		Grasdekte kantsoner	T, V, K
		Gras på flomutsatte arealer	T,
		Vanning	T, V, Ø



### 6.3 Område med stor husdyrtetthet på Jæren

**Områdebeskrivelse:** Det er tatt utgangspunkt i et område med stor husdyrproduksjon for det meste på sandig/siltig morene, en mindre del av området er dyp eller grunn organisk jord. Landskapet er delvis kupert, men også med flate områder, særlig der det er organisk jord. Det tilføres mye næringsstoffer med husdyrgjødsel. Jorda ligger for det meste i gras, halvparten i varig eng/overflatedyrka og halvparten som fulldyrka eng. Husdyrgjødsel spres på overflaten med bredspreder om våren eller i vekstsesongen. Lavt liggende arealer har dreneringsbehov. Jorda har meget høyt fosforinnhold (P-AL>14), men har også stort sett god fosforbindingskapasitet nedover i profilet. Noen av områdene med organisk jord har liten bindingskapasitet for fosfor i jordprofilen.

**Miljøpåvirkning:** De meget høye fosfortallene i jorda fører til at avrenning av løst fosfat (direkte algetilgjengelig fosfor) utgjør ca. 50 % av fosfortapene. Det meste av arealene ligger i gras, det er lite erosjon og lave tap av partikkelbundet fosfor. Under uheldige omstendigheter med kraftige nedbørepisoder etter spredning av husdyrgjødsel kan det bli overflateavrenning med store tap av næringsstoffer fra husdyrgjødsel som ligger igjen på overflaten. Slike episoder kan ha stor påvirkning på vannkvaliteten.

**Aktuelle tilpasningstiltak for vannmiljø:** Viktige tiltak for klimatilpasning er forbedrede metoder for spredning av husdyrgjødsel. Nedlegging og nedfelling av husdyrgjødsel i eng bidrar til rask infiltrasjon i jorda fordi husdyrgjødsel er fortynnet med vann ved disse spredemetodene. En forutsetning for effekt av endring i spredemetode er god dreneringstilstand, og en del arealer må derfor dreneres på nytt for å få god infiltrasjon. Det er dessuten viktig å unngå jordpakking for å få god infiltrasjon. All husdyrgjødsel blir spredd om våren eller i vekstsesongen. Bruk av fosforfri mineralgjødsel er et vesentlig tiltak på alle arealer der det brukes husdyrgjødsel. På overflatedyrka jord der det ikke spres husdyrgjødsel brukes mineralgjødsel med fosfor der jordas P-AL-tall er <14. Gjødslingsplanen blir basert på analyser av næringsstoffinnhold i husdyrgjødsel slik at presisjonen i bruk av husdyrgjødsel blir best mulig. Gjødslingsplanen blir dessuten basert på næringsbalanseprinsippet for nitrogen, og for fosfor blir det gjødslet i forhold til jordas P-AL-tall. Overskudd av husdyrgjødsel blir solgt til pelletering/biogass eller til en nabo som har gjødslingsbehov for fosfor, men ikke har husdyr. Langs vassdrag og åpent vann etableres ugjødsel kantsoner.

**Synergier:** Vannmiljøtiltakene er fokusert på bedre utnyttelse av næringsstoffer i husdyrgjødsel. Bedre utnyttelse av husdyrgjødsel ved å bruke alternative spredemetoder til bredspredd har synergier med reduserte tap av ammoniakk, noe som gir redusert tap av lystgass. Alternative spredemetoder har også synergier med klimatilpasningstiltak, siden det er mindre risiko for at en nedbørepisode vil føre til overflateavrenning av husdyrgjødsel etter spredning. Bruk av slangespredning vil i tillegg gi mindre risiko for jordpakking og mindre overflateavrenning under våte forhold. Drenering bidrar til økte avlinger, bedre utnyttelse av næringsstoffer og mindre risiko for overflateavrenning. Kantsoner uten gjødsel i eng vil gi mulighet for økt biologisk diversitet i jordbrukslandskapet.

Tabell 6.3. Områdebeskrivelse, virkning på vannkvalitet, vannmiljøtiltak og synergier av vannmiljøtiltak på andre miljømål i et eksempelområde med stor husdyrtetthet på Jæren. Synergier: T- tilpasning, G – klimagasser, V- vannmiljø, K-karbonbinding, Ø- andre økosystemtjenester.

Områdebeskrivelse	Vannkvalitetseffekt	Vannmiljøtiltak	Synergier
<b>Jordsmonnsdata</b> Sandig eller siltig jord Jord med tett aurbelle Organisk jord med lav bindingskapasitet for fosfor	Overflateavrenning av N og P  Utvasking av næringsstoffer med grøfteavrenning	Nedlegging og nedfelling av husdyrgjødsel	T, V, G, Ø
<b>Topografi</b> Kupert terreng og noen flate områder		Fosforfri gjødsel kombinert med husdyrgjødsel på fulldyrka eng	V, T
<b>Produksjon:</b> Gras: overflatedyrka/ fulldyrka		Analyser av husdyrgjødsel for økt presisjon i gjødsling	V, G
<b>Driftsforhold:</b> Høye fosfortall (P-AL>14) Overskudd på næringsstoffbalanse Bredspredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen		Kantsoner i eng	T, V
		Drenering	T, G, V, Ø
		Ingen gjødsling med fosfor på organisk jord med lav fosforbindingskapasitet i profilet. Husdyrgjødsel selges/leveres til en nabo som dyrker grønnsaker	T, V, G, Ø

## 6.4 Område med korn og husdyr i Trøndelag

**Områdebeskrivelse:** Det er tatt utgangspunkt i et område med åpen åker og husdyrproduksjon (kylling/gris) på marine sedimenter. I dette området er det også en del områder med planert jord og lavt innhold av organisk stoff i toppsjiktet. Arealene er erosjonsutsatt og erosjonen skjer både som flateerosjon på de mest bratte arealene og som dråg-/fureerosjon der topografien tilsier at vannet samler seg i forsengkninger. Det dyrkes korn og noe gras i området. Kornarealet pløyes stort sett om høsten. Det er dreneringsbehov på det meste av jorda på grunn av dårlig vannledningsevne. Husdyrproduksjonen bidrar med næringsstoffer og over tid er det en del arealer som har meget høyt fosforinnhold (P-AL>14), særlig i kort avstand til gjødsellageret. Husdyrgjødsel spres med bredspreder, det meste på våren, men noe med nedmolding etter høsting av kornet.

**Miljøpåvirkning:** Vannkvaliteten er påvirket av høye konsentrasjoner av jordpartikler og fosfor, særlig der det jordarbeides om høsten. Det meste av fosforet er partikkelbundet, men det er høy biotilgjengelighet av fosfor fra arealer med høy fosforstatus. Spredning av husdyrgjødsel om høsten uten vekst gir økt risiko for avrenning av næringsstoffer i perioden uten plantevekst høst og vinter. Der det jordarbeides om høsten vil det også være risiko for nitrogentap på grunn av økt mineralisering av

nitrogen, særlig dersom det er et stort overskudd av nitrogen i jorda. Jordpakking på arealer med utilstrekkelige dreneringforhold gir økt overflateavrenning. Det er forventet at endringer i klima kan gi økt nedbør, spesielt om høsten og gjennom vinterperioden. Det er dessuten forventet at mildere vintre med flere fryse-tine perioder og mer avrenning i mildværsperioder om vinteren. Utenom vekstsesongen kan dette gi økt risiko for overflateavrenning og erosjon, særlig dersom det er mye åpen åker som jordarbeides om høsten. Våte forhold øker også risiko for jordpakking ved innhøsting under ugunstige forhold.

**Aktuelle tilpasningstiltak for vannmiljø:** Vannmiljøtiltakene er knyttet til kontroll med overflatevann og beskyttelse av overflaten med minst mulig jordarbeiding og overvintring i stubb gjennom vinteren på en stor del av arealet. Det kombineres med hydrotekniske tiltak for å utbedre skader av planering og for kontroll med vann som samles i dråg. Arealer med dårlig drenering dreneres på nytt for å redusere overflateavrenningen, bedre forholdene for kjøring og redusere risiko for jordpakking. Grastiltak brukes på utsatte landskapselementer, i dråg og på erosjonutsatt areal. Grasstriper i åker brukes på arealer med lange hellinger for å bryte hellingslengden. For å redusere nitrogenoverskuddet i vekstsesongen blir det brukt presisjonsgjødsling og det blir dyrket fangvekster på en del av arealet, begge deler bidrar til å redusere nitrogentap til vann. Det gjødsles med fosfor i forhold til jordas fosforinnhold (P-AL) og brukes fosforfri gjødsel på arealer med meget høyt fosforinnhold. Grasdekte kantsoner bidrar til å tilbakeholde partikler og næringsstoffer og hindre erosjon i bekkedanten.

Nedlegging og nedfelling av husdyrgjødsel gir bedre infiltrasjon og utnyttelse av næringsstoffer og dermed redusert avrenning av næringsstoffer med overflateavrenning. Spredning av all husdyrgjødsel om våren og i vekstsesongen gir økt grad av utnyttelse av næringsstoffene, noe som vil bidra til å redusere nitrogentap.

**Synergier:** En del av vannmiljøtiltakene har synergi med tiltak for å redusere klimagassutslipp. Det gjelder særlig effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel ved bruk av metoder som gir bedre infiltrasjon i jorda. Bredspredning av husdyrgjødsel fører til relativt store utslipp av ammoniakk noe som har betydning for tap av lystgass. Dessuten skjer utslipp av lystgass i forbindelse med gjødsling og om vinteren i fryse-tine perioder dersom det er mye nitrogen i jorda. Husdyrgjødsel og mineralgjødsel bør ikke spres samtidig. Spredning om våren og i vekstsesongen gir mer effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel. Spredning om våren gir lavere utslipp av ammoniakk enn sommerspredning ved høyere temperaturer, noe som også har effekt på tap av lystgass.

Bruk av mer grasarealer har synergi med muligheter for å øke karboninnholdet i jorda og redusere netto CO<sub>2</sub>-utslipp, selv om totalarealet ikke er stort. Grasdekte kantsoner kan også bidra til økt biologisk mangfold. Fangvekster på arealer med lavt innhold av organisk stoff kan bidra til økt karbonbinding. Bedre drenering bidrar til bedre høyere avling og økt matproduksjon. Det er muligens også en effekt av fangvekst på lystgassutslipp, men dette er ikke tilstrekkelig dokumentert. Det samme gjelder effekten av drenering som både kan redusere og øke lystgass tapet. Bruk av husdyrgjødsel over tid har bidratt til å bevare jordas karboninnhold, men det kan være arealer som ikke har fått nok husdyrgjødsel, hvor jordas karboninnhold er lavere.

Tabell 6.4. Områdebeskrivelse, virkning på vannkvalitet, vannmiljøtiltak og synergier av vannmiljøtiltak på andre miljømål i et eksempelområde med korn og husdyr (gris og kylling) i Trøndelag. Synergier: T- tilpasning, G – klimagasser, V- vannmiljø, K-karbonbinding, Ø- andre økosystemtjenester.

Områdebeskrivelse	Vannkvalitetseffekt	Vannmiljøtiltak	Synergier
<b>Jordsmonnsdata</b> Delvis lavt innhold av organisk materiale Marine leire /Silt Planert Stor erosjonsrisiko	Erosjon Overflateavrenning av N, P og partikler (jord) Drågerosjon	Overvintring i stubb	T, V
<b>Topografi</b> Ravine landskap med bratte helling Dråg		Fangvekst	V, K, Ø
<b>Produksjon:</b> Korn – åpen åker Husdyrproduksjon	Høyt fosforinnhold i partiklene	Hydroteknikk	T, V,
<b>Driftsforhold:</b> Jordarbeiding høst Overskudd på næringsbalanse Høy fosforstatus på enkelte arealer Bredspedning av husdyrgjødsel delvis om høsten med nedmolding		Drenering	T, G, V, Ø
		Grasdekte vannveier	T, V, K
		Grasstriper i åker	T, V, K
		Grasdekte kantsoner	T, V, K
		Slangespredning av husdyrgjødsel	T, V, G
		Spedning av husdyrgjødsel om våren og i vekstsesongen	T, V, G

## 7 Planlegging av klima og miljøtiltak

I dette kapitlet illustreres det hvordan det kan planlegges for synergier av miljø- og klimatiltak. Det tas utgangspunkt i de fire utvalgte tiltakspakker /eksempelområder som er beskrevet i kapittel 6, samt kart og planleggingsverktøy presentert i kapittel 4 og 5 og eksempel på bondens egne registreringer. Det vises tabell over de enkelte kart og hjelpemidler som er brukt og en ferdig kartillustrasjon med oversikt over alle tiltak. I rapportversjonen her vises enkeltkart, temakart og ulike egenskaper på skiftenivå. Dette må kobles med kunnskap om miljøeffekter og tiltak. Når en bruker hjelpemidler digitalt er det muligheter for å teste ulike tiltak og tiltakskombinasjoner og få alternativer illustrert. For fremtidig tiltaksplanlegging er det et mål å utvikle metodikken slik at en også kan gjøre digitale beregninger av effekter av ulike tiltakskombinasjoner. Det må følges opp i senere prosjekt, men behovet kom klart frem på brukergruppemøtet.

For hver tiltakspakke er det i kapittel 6 beskrevet:

- Grunnlagsdata: jordsmonn, arealbruk, driftsforhold (vekst og drift )
- Miljøproblem /påvirkning
- Aktuelle tiltak
- Synergier etter klassifisering: T- tilpasning, G- klimagasser –V- vannmiljø, K-karbonbinding. Ø- andre økosystemtjenester

I det følgende beskrives planlegging av tiltak, for eksempel «Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet» med bruken av de enkelte kart og hjelpemidler. For de tre andre eksempelområder vises grunnlagskart og ferdige kart med alle foreslåtte tiltak. For alle områdene er det angitt tabeller over hvilke hjelpemidler som er brukt.

Arbeidsflyt: Planlegging av arbeidsflyt er illustrert i figur 7.1. De enkelte punkter er kommentert.

1. Det startes med et område der tiltak skal planlegges. I KILDEN kan det velges gårdskart (med gårds og bruksnummer) eller som i eksemplet (figur 7.1a) her med bruk av «Grunnlagskart i farger» (© Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune). Kartet gir en oversikt over topografi for området- om det er bratt eller flatt (betydning for bl.a erosjonsrisiko, flomutsatt), lokalisering av bekker og innsjøer (avrenningsrisiko og påvirkning av vannmiljø). Det gir også oversikt over arrondering, kjøreveier (betydning av avstand for spredning av husdyrgjødsel).
2. Jordsmonnsegenskaper har stor betydning for egnethet for ulike produksjoner og for miljøeffekter som eksempel erosjonsrisiko. Av jordsmonnsegenskapene er kartet «Tekstur i ploglaget» (Figur 7.1b) sentralt. Tekstur har stor betydning for jordas agronomiske egenskaper, men også for risiko for erosjon og utvasking av næringsstoffer og plantevernmidler. For eksempel har sandjord generelt lavere innhold av næringsstoff enn leirjord, den er mer følsom for uttørking og mindre utsatt for jordpakking. Fra teksturkartet kan man velge ut enkeltskifter for spesiell oppfølging og tiltaksvurdering. Teksturkartet er aktuelt for videre sammenligning med andre temakart og planlegging av tiltak som eks. vurdering av drenering, tørke, behov for fangvekster og spredning av husdyrgjødsel.
3. I erosjonsutsatte områder med åkervekster er erosjonsrisikokart et godt grunnlag for å vurdere tiltak på de ulike areal. Erosjonsrisikokartet (nåværende versjon, figur 7.1c) har inndeling i fire erosjonsrisikoklasser og er aktuelt for vurdering av tiltak for å redusere erosjon og fosfortap som endringer i jordarbeiding. Det er også et eget kart om planering (figur 7.1d) som gir mer informasjon om grad av planering for de ulike skifter. For erosjonsutsatte skifter er det i tillegg også naturlig å vurdere behov for drenering og hydrotekniske tiltak for å redusere risiko for overflateavrenning og erosjon.



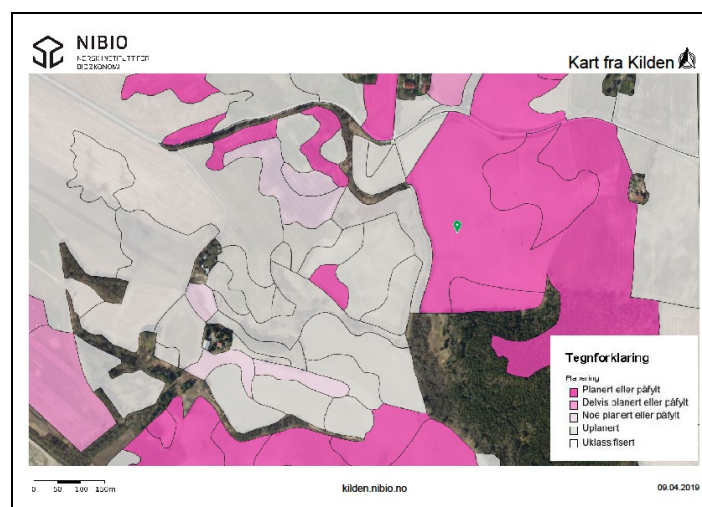
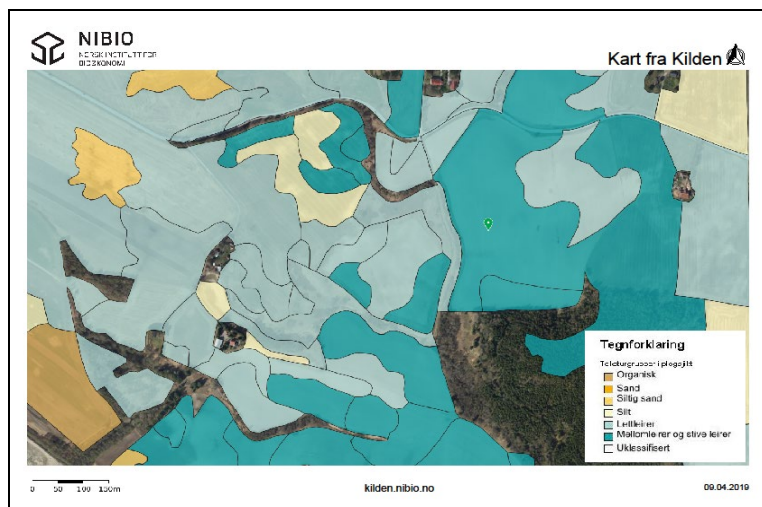
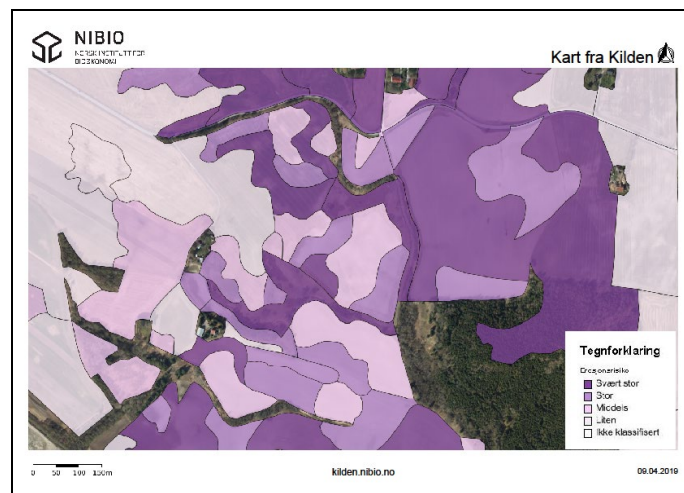
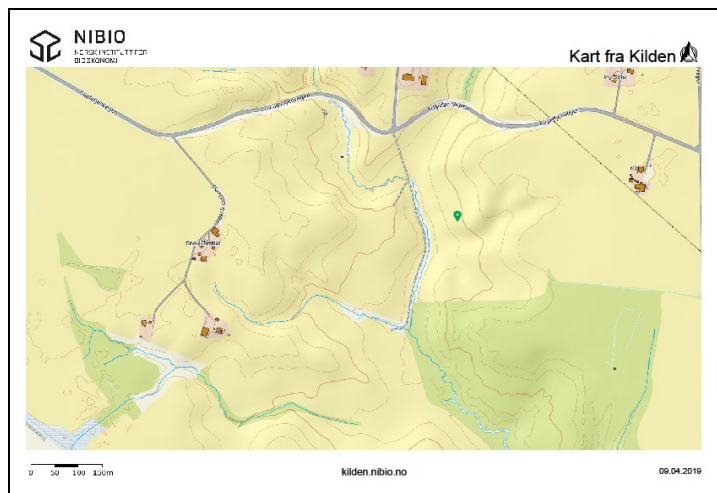
4. Temakartet «Dreneringsforhold» (figur 7.1.e) angir naturlig dreneringsgrad, og om det er flatt eller helling. Kartet angir ikke om arelet er grøftet eller hvordan dagens grøftetilstand er, men kan brukes for å lokalisere arealer som bør følges opp for slik vurderinger. Her er det naturlig å avklare bondens egne registreringer av tilstand og behov for utbedring og oppgradering og om det finnes tilgjengelige grøftekart.
5. Temakartet «Årsak til dårlig drenering» (figur 7.1 f ) angir for eksempel om det er tette sjikt innen 1 meters dybde, dreneringsproblem, flomutsatt eller grunnvannspåvirket og om det er organisk jord. Kartet angir også areal uten dreneringsproblem. Dette brukes sammen med temakartet nevnt over og koblet til bondens registreringer over status. Det er særlig aktuelt når en skal vurdere behov for forbedret drenering eller utbedring av hydrotekniske anlegg. Erosjon i dråg og nedløpskummer er eksempel på egne registreringer. For flomutsatt areal er grastiltak og ingen jordarbeiding om høsten aktuelt.
6. Temakartet «Tørkeutsatt» (figur 7.1 g) er ikke brukt for tiltakspakken på Østlandet, men omtales da det er aktuelt for andre områder. Dette temakartet kan sees i sammenheng med kartet «Tekstur i ploglaget» (omtalt over). Det kan brukes for vurdering av arealer med vanningsbehov. Lokalisering av skifter for fangvekster er også aktuelt. Det kan bidra til redusert nitrogenavrenning og til å øke karboninnholdet i jorda som er gunstig på tørkeutsatt jord. Biokull er et annet aktuelt tiltak.
7. Figur 7.1 h viser det ferdige tiltakskartet for området der de ulike kart nevnt over er benyttet.

## 7.1 Erosjonsutsatt kornområde på Østlandet

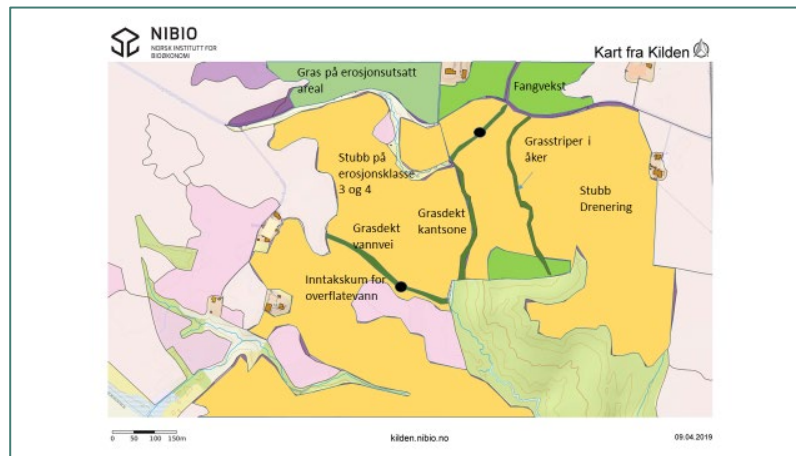
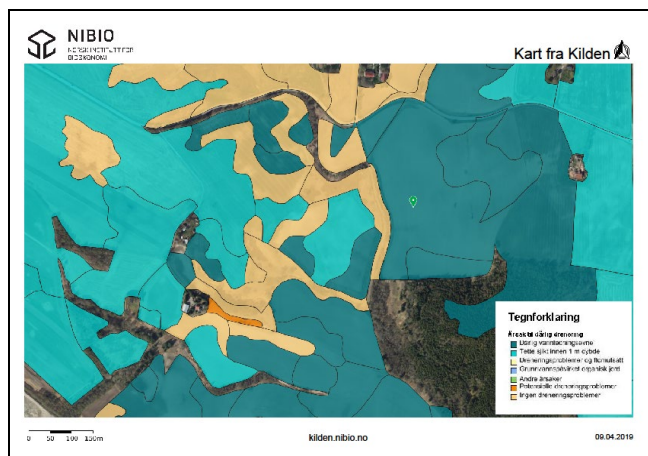
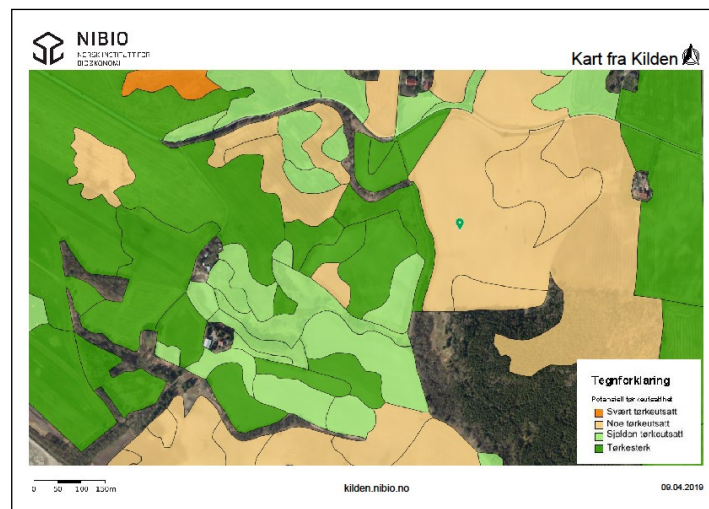
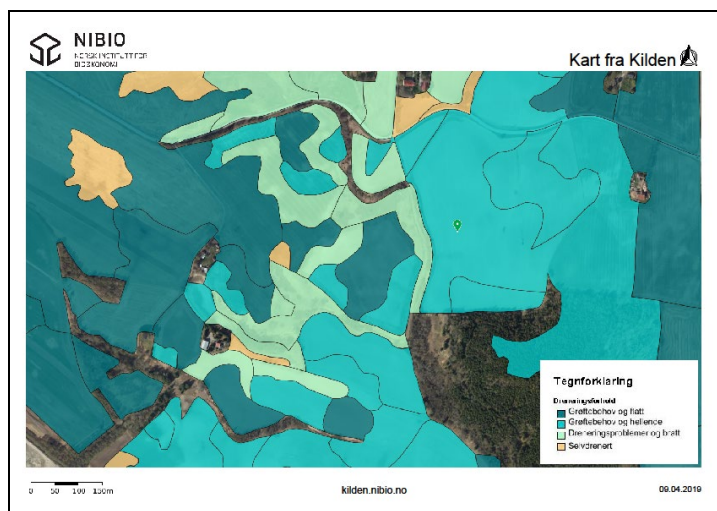
**Tabell 7.1. Oversikt over hjelpemidler: kart, kalkulatorer og andre registreringer som grunnlag for planlegging av spesielle tiltak.**

Hjelpemiddel planlegging	Tema	Grunnlag for vurdering og planlegging av:
Grunnlagkart i farger*	Topografi, vannlinjer, lokalisering jordbruksareal	Topografi - kantsoner, vannveier (dråg)
Jordsmonnsskart	Tekstur i plogskiktet-	Grunnlag for ulike temakart, Areal aktuelt for fangvekster
Temakart	Erosjonsrisiko  Planering Dreneringsgrad, Begrensende egenskaper	Erosjonsrisiko - arealer; Valg av areal for ingen jordarbeiding om høsten Tiltak på planert jord Behov for drenering Egnethet ulike produksjoner
Kalkulatorer	Gjødsling;- kalkulatorer, Terranimo	Gjødslingsplan Risiko for jordpakking
Egne registreringer	P-AL tall Dreneringsbehov Skader i planeringsfelt	Gjødslingsplan Plan for utbedring av drenering, hydrotekniske anlegg og skader i planeringsfelt
Tilskuddsordninger, virkemidler	RMP  SMIL	Ingen jordarbeiding om høsten, ulike grastiltak, fangvekst, Drenering, utbedring hydroteknikk, planering

\*Grunnlagkart i Farger: © Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune

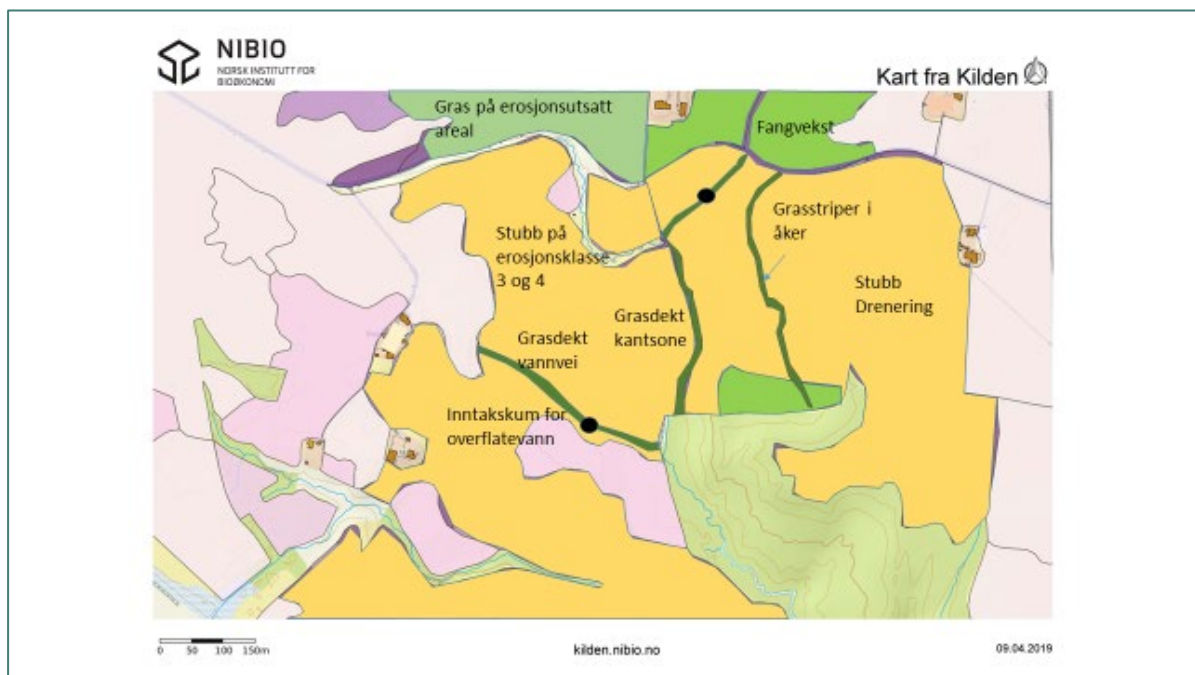
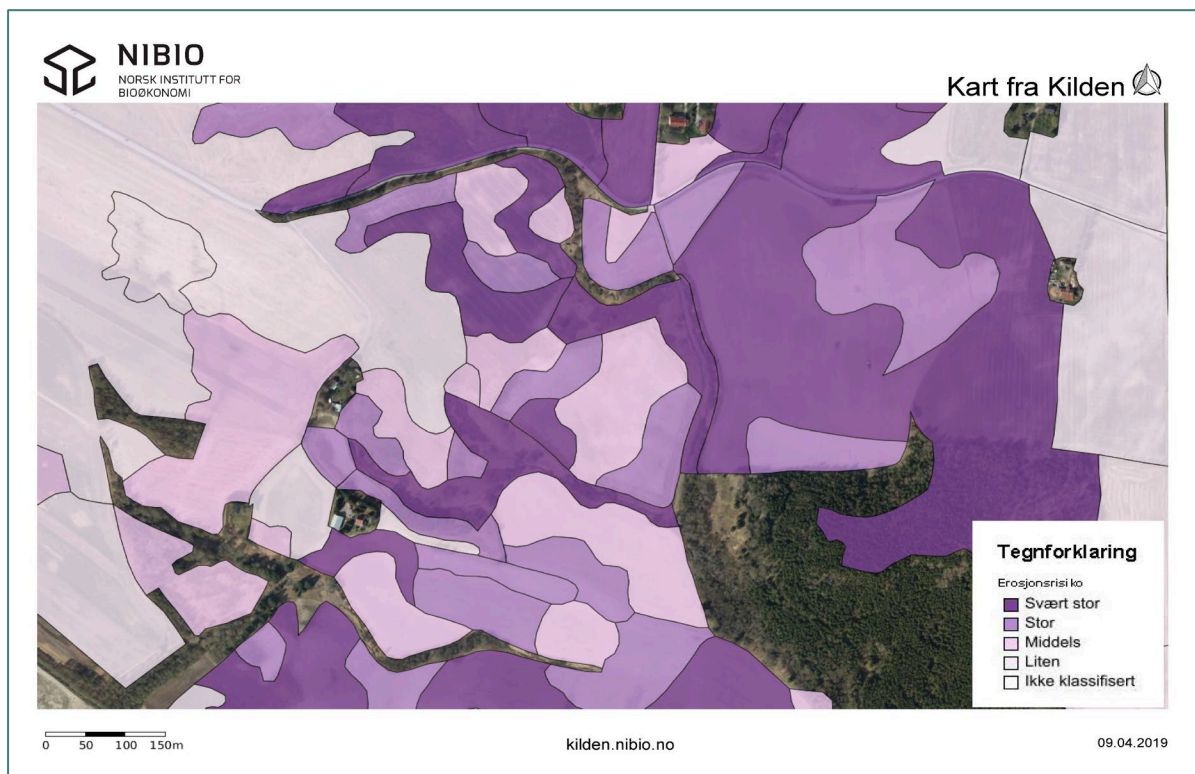


Figur 7.1 a Omådekart, 7.1.b Tekstur i ploglag, 7.1.c Erosjonsrisikokart, 7.1.d Planerte områder.

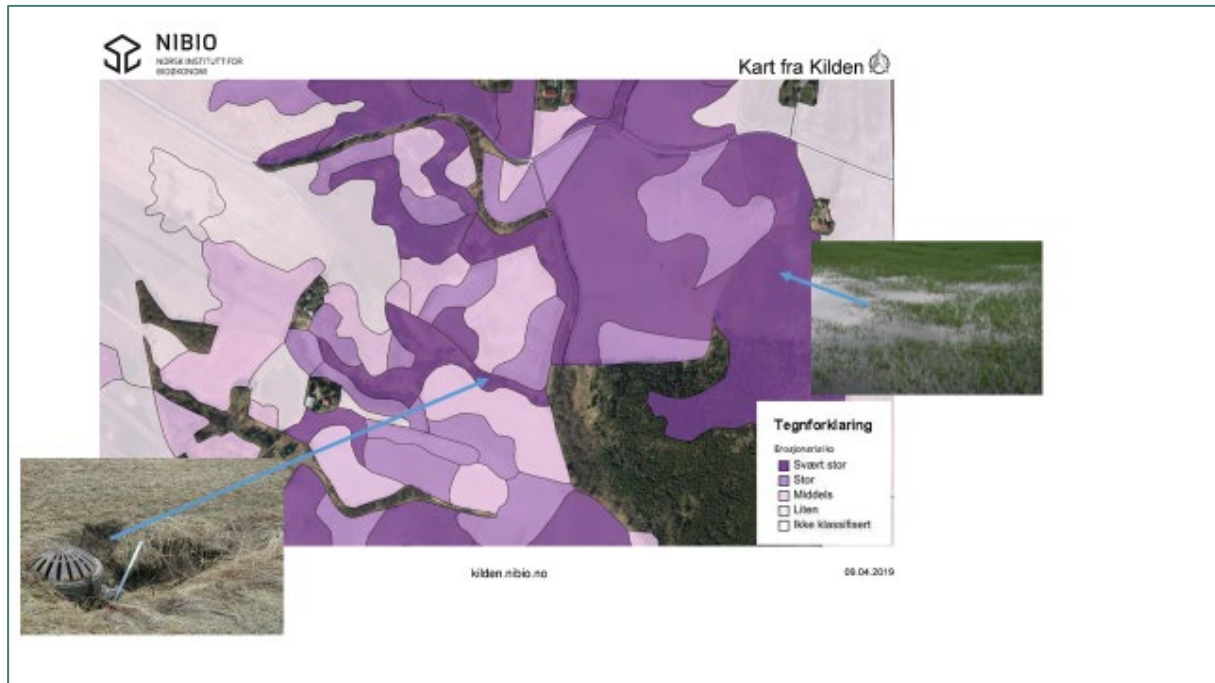


Figur 7.1 e Dreningsforhold, Figur 7.1 f Årsak til dårlig drenering, 7.1 g Tørkeutsatt og 7.1 h Planlagte tiltak





Figur 7.2 a og b. Planlegging av tiltak på erosjonsutsatt kornområde på Østlandet, vist med erosjonsrisikokart som grunnlagskart (a) og oversikt over planlagte tiltak (b).



Figur 7.3 c viser eksempel på egne registreringer av behov for å utbedre kum og for areal med dreneringsbehov.

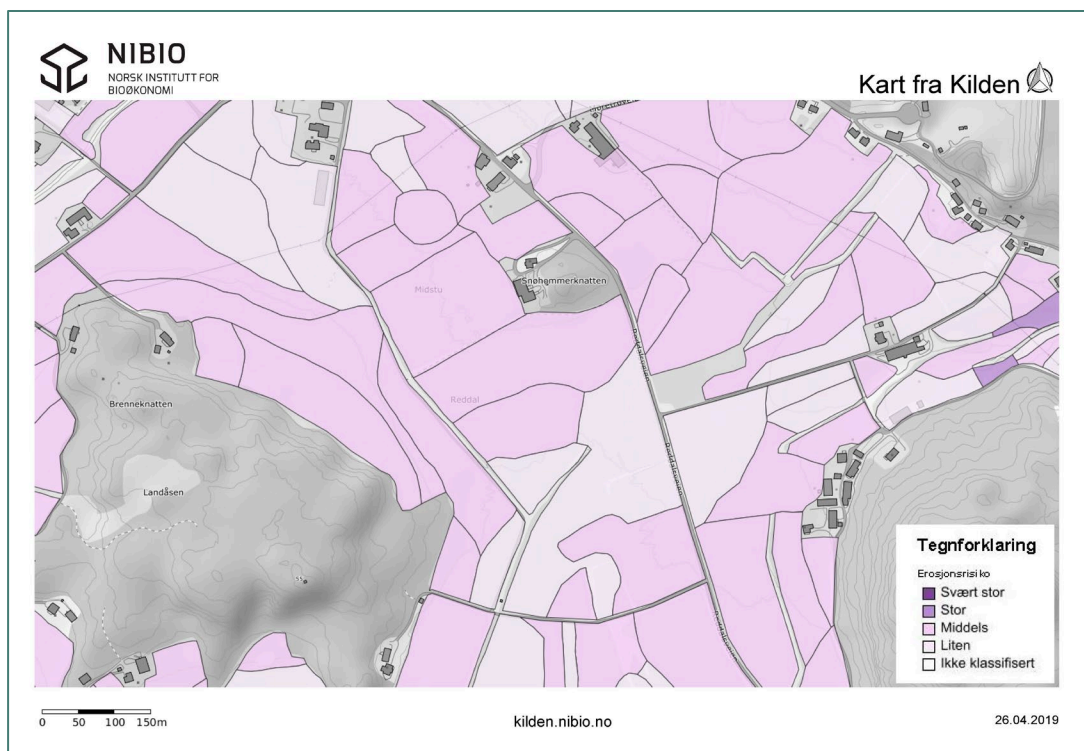
## 7.2 Grønnsaksarealer på Sørlandet

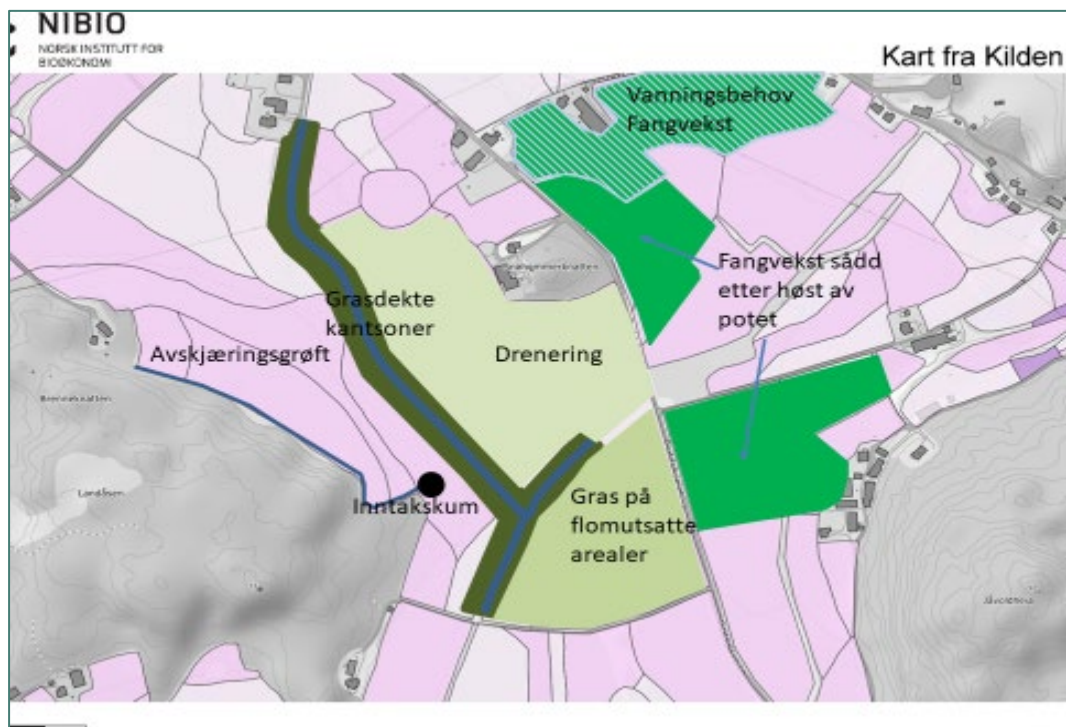
Tabell 7.2. Oversikt over hjelpemidler: kart, kalkulatorer og andre registreringer som grunnlag for planlegging av spesielle tiltak.

Hjelpemiddel planlegging	Tema	Grunnlag for vurdering og planlegging av:
Grunnlagskart i farger*	Topografi, vannlinjer, lokalisering jordbruksareal	Topografi- kantsoner, vannveier (dråg)
Jordsmonnsskart	Tekstur- jordegenskaper	Grunnlag for ulike temakart
Temakart	Dreneringsstatus Tørkeutsatt Begrensende egenskaper Egnet for potet	Areal- dreneringsbehov Areal med vanningsbehov (også tekstur) og areal for fangvekst Areal egnet for potet etterfulgt av fangvekst
Kalkulatorer	Gjødsling- kalkulatorer Terranimo	Gjødslingsplan Risiko for jordpakking
Egne registreringer	P- AL tall Dreneringsstatus /dreneringsbehov,	Gjødslingsplan Utbedring dreneringsplan, hydroteknikk.
Tilskuddsordninger, virkemidler	RMP SMIL	Ingen jordarbeiding om høsten på kornareal, grastiltak Drenering og hydroteknikk

\*Grunnlagskart i farger: © Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune







Figur 7.4 a, b og c. Planlegging av tiltak på grønnsaksarealer på Sørlandet vist med grunnlagskart «Potensielt tørkeutsatt areal» (a), erosjonsutsatt (b) og oversikt over planlagte tiltak angitt på bakgrunn av erosjonsrisikokartet (c).

### 7.3 Område med stor husdyrtetthet på Jæren

Tabell 7.3 Oversikt over hjelpemidler: kart, kalkulatorer og andre registreringer som grunnlag for planlegging av spesielle tiltak.

Hjelpemiddel planlegging	Tema	Grunnlag for vurdering og planlegging av:
Grunnlagskart i farger*	Topografi, vannlinjer, lokalisering jordbruksareal	Topografi- kantsoner, vannveier (dråg)
Jordsmonnkart	Tekstur- jordegenskaper	Grunnlag for ulike temakart Tekstur – vurdering av areal for spredning av husdyrgjødsel
Temakart	Organisk materiale Dreneringsgrad	Ikke fosforgjødsling på organisk jord
Kalkulatorer	Gjødsling- kalkulatorer Terranimo	Gjødslingsplan Risiko for jordpakking, bla ved spredning av husdyrgjødsel
Egne registreringer	P- AL tall Dreneringstatus/dreneringsbehov	Gjødslingsplan Dreneringsplan
Tilskuddsordninger, virkemidler	RMP SMIL Miljøavtaler	Kantsoner i eng, miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Drenering, hydroteknikk Miljøavtaler med kombinasjon av flere tiltak

\*Grunnlagskart i Farger: © Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune

Kantsone i eng er brukt på alle areal grensende til bekk.

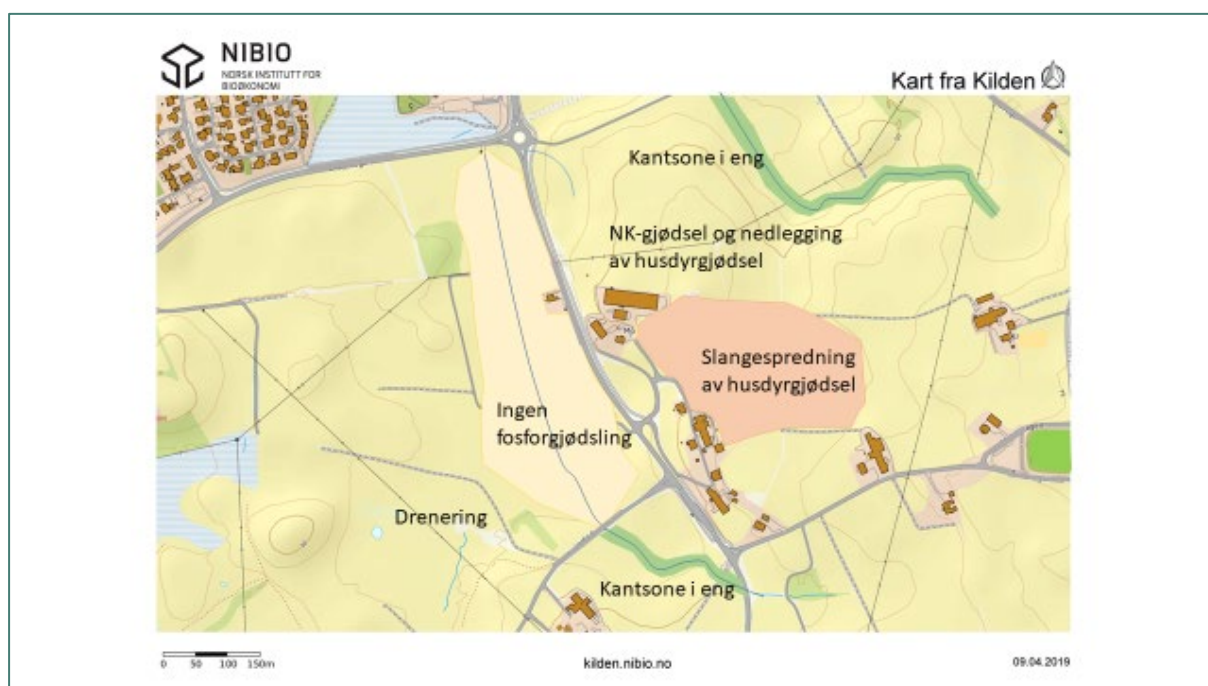
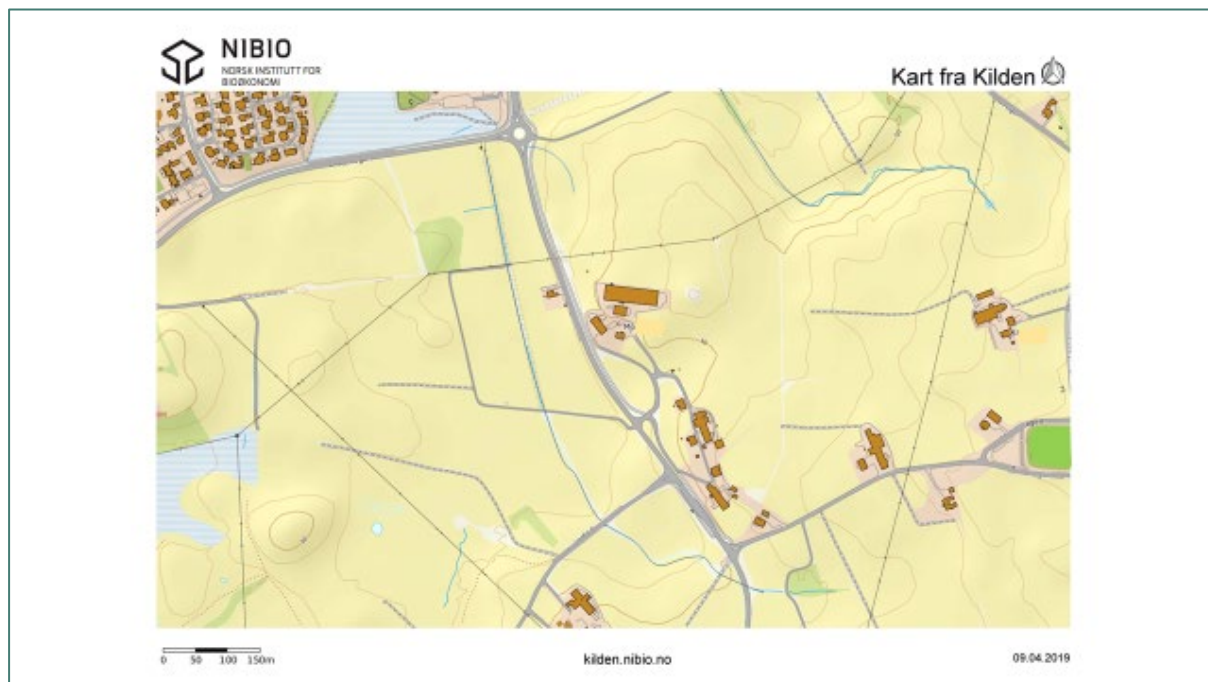
**Miljøavtaler i Rogaland inneholder avtaler om:**

Regulerer fosforgjødslinga

Pålegg om gjødsla randsoner

Ingen høstpløying

Optimal bruk av husdyrgjødsla (husdyrgjødsel- næringsinnhold, gjødsling etter plan)



Figur 7.5a og b. Planlegging av tiltak i område med stor husdyrtetthet på Jæren vist med Grunlagskart i farger (a) og oversikt over planlagte tiltak (b). Grunlagskart i Farger: © Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune.

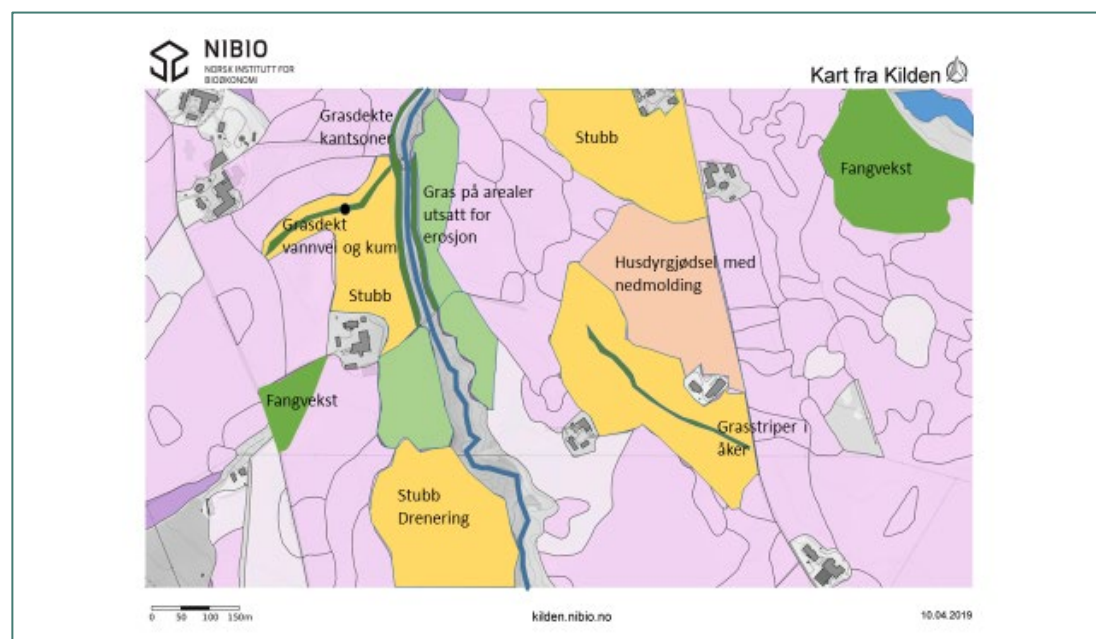
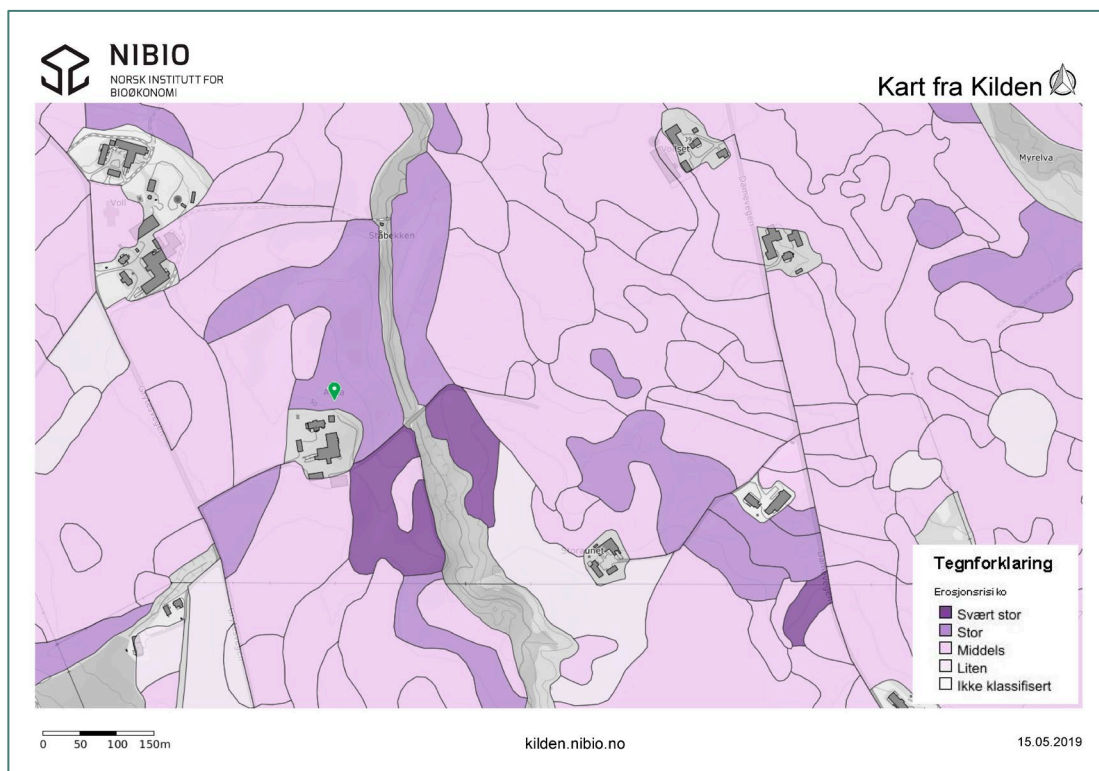
## 7.4 Område med korn og husdyr i Trøndelag

Tabell 7.5. Oversikt over hjelpemidler: kart, kalkulatorer og andre registreringer som grunnlag for planlegging av spesielle tiltak.

Hjelpemiddel planlegging	Tema	Grunnlag for vurdering og planlegging av:
Grunnlagsskart i farger*	Topografi, vannlinjer, lokalisering jordbruksareal	Topografi- kantsoner, vannveier (dråg)
Jordsmonnsskart	Tekstur- jordegenskaper	Grunnlag for ulike temakart
Temakart	Erosjonsrisikokart  Dreneringsgrad	Erosjonsrisiko- valg av areal for ingen jordarbeiding om høsten og sammen med teksturkartet for valg av arealer til å spre husdyrgjødsel på.  Fangvekst basert på erosjonsrisiko og tekstur kart
Kalkulatorer	Gjødsling- kalkulatorer  Terranimo	Gjødslingsplan  Risiko for jordpakking, bl.a ved husdyrgjødselspredning
Egne registreringer	P- AL tall  Dreneringsstatus /behov	Gjødslingsplan  Dreneringsplan/utbedring
Tilskuddsordninger, virkemidler	RMP  SMIL	Grastiltak i RMP. Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Grasdekte kantsoner  Drenering

\*Grunnlagsskart i Farger: © Kartdata: Kartverket, Geovekst og kommune





Figur 7.6. a og b. Planlegging av tiltak i område med korn og husdyr i Trøndelag vist med erosjonsrisikokart som grunnlagskart (a) og oversikt over planlagte tiltak (b).



## 8 Sammenheng og anbefalinger

Denne rapporten gir en oversikt over dokumentasjon av effekter av vannmiljøtiltak og synergier med andre miljøtema som utslipp til luft (klimagasser og luftforurensning), muligheter for karbonbinding, andre økosystemtjenester og tilpasning til endringer i klima. Den bygger på tidligere rapport «Synergier av miljøtiltak i jordbruket» (Øygarden & Bechmann, 2017) som hadde korte beskrivelser av tiltak og mulige synergier. Det finnes mye tilgjengelig informasjon om miljøeffekter av enkelttiltak, men mindre om synergier. Kunnskap om synergier er ofte ikke utnyttet da både planlegging av tiltak og støtteordninger er innrettet for enkelttiltak. For å få til planlegging av synergieffekter er det behov for kart, hjelpemidler og verktøy som gjør det mulig med planlegging for flere miljøtema samtidig. Felles inngangsportaler f. eks. med videre lenker til detaljplanlegging kan gjøre dette enklere. Denne rapporten gir eksempler på noen slike muligheter samt oversikt over pågående utviklingsarbeid.

Prosjektet har hatt to deloppgaver; 1: Dokumentasjon av miljøeffekter og synergier og 2: Oversikt over tilgjengelige kart og planleggingsverktøy for planlegging av synergier. Prosjektet har vært avgrenset til arealbruk og planteproduksjon og tiltak er vurdert i forhold til klimatilpasning. Det er ikke vurdert tiltak i husdyrproduksjonene eller tiltak som har med lagring av husdyrgjødsel å gjøre.

I deloppgave 1 (kapittel 3) er det lagt vekt på grundigere dokumentasjon av effekter av utvalgte tiltak med bl.a. oversikter over usikkerheter og variasjon i tiltakseffekter under ulike driftssystemer og klimaforhold. Det er også gitt beskrivelse av vannmiljøtiltakene og deres synergier med tiltak for klimatilpasning, klimagassutslipp og andre økosystemtjenester. Mange av vannmiljøtiltakene har positive effekter på de andre miljømålene. Det er tatt utgangspunkt i tiltak for å redusere erosjon og partikkelavrenning: Endret jordarbeiding, ulike tiltak med grasdekke, fangdammer og kantsoner. Tiltak som er viktige for utslipp av klimagasser- men som ikke er omfattet av virkemidler, som gjødsling er også vurdert. Ulike spredemetoder for husdyrgjødsel er spesielt vurdert i forhold til utslipp av klimagasser, men også for vannmiljø. Drenering og hydrotekniske tiltak er inkludert, fordi kontroll med vann er viktig ved tilpasning til endret klima.

*-Ingen jordarbeiding om høsten* gir mindre erosjon og tap av næringsstoffer og er et viktig klimatilpasningstiltak dersom det blir mer nedbør og større risiko for erosjon og næringsstofftap.

*-Grastiltakene*, f.eks. grasdekte kantsoner og gras på erosjonsutsatte arealer, etableres for å redusere både erosjon og tap av næringsstoffer og de har synergi med reduserte klimagassutslipp ved å bidra til økt karbonbinding. Klimagassutslipp fra fôring av husdyr med gras er ikke vurdert her. Gras i et ellers korndominert landskap har også en positiv effekt på naturmangfoldet. Grasdekte vannveier fører til reduksjon i erosjon i dråg og er samtidig et viktig tiltak for klimatilpasning.

*-Fangdammer* gir reduserte tilførsler av partikler og næringsstoffer til vassdraget nedstrøms og har en positiv effekt på naturmangfoldet. Fangdammer har også betydning som klimatilpasningstiltak ved å dempe flommer nedstrøms.

*-Miljøvennlig gjødselspredning* gir bedre utnyttelse av næringsstoffer og dermed mindre risiko for utslipp til både vann og luft.

*-Drenering og hydrotekniske tiltak* gir kontroll med vann i nedbørfelt. Drenering bidrar til mer optimale forhold for plantevekst (matproduksjon), bedre utnyttelse av næringsstoffer og dermed mindre risiko for tap til vann og luft og kan også bidra til redusert overflateavrenning og erosjon. Hydrotekniske tiltak er viktig ved tilpasning til endret klima både ved økende nedbør og for episoder med ekstremvær. De bidrar til å kontrollere avrenning og lede bort vann og redusere risiko for erosjon og utrasinger.

For deloppgave 2 gir rapporten (kapittel 4 og 5) oversikter over tilgjengelige kart (via KILDEN.no) og hjelpemidler for tiltaksplanlegging og viser eksempler på praktisk planlegging. Det er lenker til aktuelle hjelpemidler som «Veileder for miljø og klimatiltak i landbruket» med beskrivelse av tiltak og

effekter og ulike kalkulatorer. Det er lagt vekt på å inkludere bondens egne feltregistreringer for dokumentasjon av tiltaksbehov og tilpasning av tiltak.

Det er valgt ut fire eksempler med tiltakspakker (kapittel 6 og 7) fra utvalgte regioner og produksjoner som viser hvordan en kan kombinere og utnytte eksisterende vannmiljøtiltak med andre tiltak for økt klimanytte; erosjonsutsatt område med korndyrking på Østlandet, grønnsaksområde på Sørlandet, område med stor husdyrtetthet på Jæren og område med korn og husdyr i Trøndelag. For hvert område er det gitt oversikter over miljøpåvirkning, aktuelle tiltak og synergier mellom ulike miljøtema. Det er laget tabeller over aktuelle kart og hjelpemidler som kan brukes ved tiltaksplanlegging. Dette er illustrert ved bruk fra grunnlagskart og ferdige kart med planlagte tiltak. Egne feltregistreringer er inkludert som f.eks. behov for utbedring av drenering, ødelagte nedløpskummer og hydrotekniske anlegg.

Det er ulike alternativer for utforming av en nettside for planlegging av miljøtiltak og synliggjøring av synergier. Rapporten har ikke vurdert dette spesielt, men angitt to alternativ: i) Det kan lages et menyvalg i KILDEN ii) Det kan lages et menyvalg i «Veileder for miljø og klimatiltak». Fra valgt nettsted kan det legges lenker til aktuell planleggingsinformasjon. Det kan også legges lenker til f.eks. Vannområder og til Nasjonalt miljøprogram (med RMP og SMIL ordninger).

Basert på dialog med prosjektets brukergruppe (kapittel 5) er det listet noen tema for viderutvikling til bedre planlegging av tiltak og synliggjøring av synergieffekter:

Oversikt over tilgjengelig kartpakke for planlegging: Jordsmonnskart – med avledete temakart.

Oversikter - tilgjengelige fra ulike innganger – med beskrivelse av tiltak og effekter.

Oversikter med beskrivelse av synergier mellom ulike miljøtema.

Muligheter for effektberegning etter valg av tiltak.

Muligheter for å inkludere egne registreringer, eks GPS festet registrering fra felt, bilder og notater fra mobil, og bruk av tegneverktøy til planlegging ved f.eks bruk av «Gårdskart».

Kobling til virkemidler, regler for ulike tiltak, som Nasjonalt Miljøprogram med støtteordningene i Regionalt miljøprogram (RMP), spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL), kulturlandskapsordninger i RMP.

Brukerforum: Referansegruppen har foreslått at det kan være aktuelt med et brukerforum mellom forskning og forvaltning for å utvikle aktuelle hjelpemidler.

# Referanser

- Aronssen, H., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Liu, J., Øgaard, A.F., Känkänen, H., Ulén, B. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland. *J. of soil and water conservation* vol. 71, no. 1, 41-55.
- Baker, D.B., Johnson, L.T., Confesor, R.B. Crumrine, J.P. 2017. Vertical Stratification of Soil Phosphorus as a Concern for Dissolved Phosphorus Runoff in the Lake Erie Basin. *JEQ* 46(6): 1287-1295.
- Bardalen, A., Rivedal, S., Aune, A., O'Toole, A., Walland, F., Silvennoinen, H., Sturite, I., Bør, F., Pettersen, I., Øygarden, L. (2018). Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter. NIBIO rapport 4(149).
- Basche, A. D., Miguez, F. E., Kaspar, T. C. & Castellano, M, J. 2014. Co cover crops increase or decrease nitrous oxide emissions? A meta-analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(6), 471-482.
- Bechmann, M. 2012. Effect of tillage on sediment and phosphorus losses from a field and a catchment in south eastern Norway. Special Issue on Soil in erosion in Nordic countries. *Acta Agriculturae Scandinavica*, section B. Plant and soil 62, Suppl. 2, 206-216.
- Bechmann, M., Kværnø, S., Øygarden, L., Riley, H., Børresen, T., Krogstad, T. 2011. Effekter av jordarbeiding på fosfortap – sammenstilling av resultater fra Nordiske forsøk. *Bioforsk rapport* 6(6).
- Bechmann, M., Prestvik, A., Morken, J., Nesheim, L., Grønlund, A. 2016. Gjødselforeforskriften – Evaluering av forslag til krav i gjødselforeforskriften for å redusere klimagassutslipp, ammoniakk og nitrogenavrenning fra jordbruket. NIBIO rapport 2(133).
- Bechmann, M., Stenrød, M., Greipsland, I., Hauken, M., Deelstra, J., Eggstad, 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 Report 2 (71). 92 s.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Eklo, O.M., Tveiti, G. 2019. Kjelle avrenningsforsøk – årsrapport 2017-2018 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 5(26).
- Blankenberg A-G og Grønsten H.A. 2014. Vegetasjonsdekke som tiltak mot tap av jord og fosfor. *BIOFORSK TEMA* vol 9 nr 6 ISBN-13 nummer: 978-82-17-01218-4 ISSN nummer: ISSN 0809-8654
- Blankenberg A-G B., Haarstad, K. and Søvik, A- K. (2008). 'Nitrogen retention in constructed wetland filters treating diffuse agriculture pollution. *Desalination* 226 (2008) pp 114-120. Science Direct, Elsevier.
- Blankenberg, A-G B, Deelstra, J., Øgaard, A. F. and Pedersen, R. (2013). Phosphorus and sediment retention in a constructed wetland. I: *Agriculture and Environment – Long Term Monitoring in Norway*. Akademika forlag 2013. Bechmann, M. and Deelstra, J. (eds.). p. 299-315. ISBN 978-82-321-0014-9.
- Blankenberg, A-G. B., Haarstad, K. and Paruch, A. M. (2015). *Agricultural Runoff in Norway: The Problem, the Regulations, and Role of Wetland. I: The Role of Natural and Constucted Wetlands in Nutrient Cycling and Retention on the Landscape*. Springer International Publishing. J. Vymazal (Ed). Pp 137-150: ISBN 978-3-319-08176-2. DOI 10.1007/978-3-319-08177-9\_10.
- Blankenberg A-G.B., Skarbøvik E., og Kværnø S.H. 2017. Effekt av buffersoner - på vannmiljø og andre økosystemtjenester. NIBIO Rapport, 3(14) 2017. 76 s.

- Blankenberg A-G og Skarbøvik E. 2019. Vegetasjon som miljøltiltak i jordbruket: varianter, tilskudd og lovverk. NIBIO POP 5(10), 2019.
- Bleken, M. 2019. Crop management for soil carbon sequestration in agricultural soil: a win-win perspective. Fagseminar om økosystemer på land og deres betydning for klima. Forskningsrådet 05.02.2019, 17s.
- Bolinder, M.A., Kätterer, T., Andréna, O., Ericson, L., Parent, L.E., Kirchmann, H. 2010. Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63–64°N). *Agriculture, ecosystems and environment* 138:335-342.
- Braskerud, B.C. (2005). Retention of algae-P in four Norwegian wetlands. Is living water possible in agricultural areas? p.126-128: 145. *Jordforsk book nr. 48/05*. ISSN/ISBN: 82-7467-537-1.
- Braskerud, B.C. and A-G.B. Blankenberg (2005). Phosphorus retention in the Lier wetland. Is living water possible in agricultural areas? p.126-128: 145. *Jordforsk book nr. 48/05*. ISSN/ISBN: 82-7467-537-1.
- Braskerud, B., Tonderski, K., Wedding, B., Bakke, R., Blankenberg, A.-G. B., Ulen, B., & Koskiaho, J. (2005). Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions? *Journal of Environmental Quality*, 34(6), 2145–2155.
- Braskerud, B.B. 2002a. Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering* 18 (3): 351-370
- Braskerud, B.B. 2002b. Factors affecting Phosphorus Retention in Small Constructed Wetlands Treating Agricultural Non-Point Source pollution. *Ecological Engineering* 19 (1): 41-61
- B.C. Braskerud, 2001. Sedimentation in small constructed wetlands. Retention of particles, phosphorus and nitrogen in streams from arable watersheds, Doctor Scient. Theses 2001:10, Agriculture University of Norway, Ås, 2001, ISSN 0802-3220, ISBN 82-575-0458-0
- Breland, T. A. 1996. Green Manuring with Clover and Ryegrass Catch Crops Undersown in Small Grains: Effect on Soil Mineral Nitrogen in Field and Laboratory Experiments. *Acta. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci*, 178-185.
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A.F., Brandsæter, L.O. 2019. Fangvekstenes økosystemtjenester. Kunnskapsstatus om effekten av fangvekster. NIBIO rapport 5(9). 53 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/258202>
- Dillaha, T.A., Reneau, R.B., Mostaghimi S. og Lee D. 1989. Vegetative Filter Strips for Agricultural Non-Point Source Pollution Control. *Transactions of ASAE* 32(2): 513-519.
- Dorioz, J.M., Wang, D., Poulenard, J., Tre´visan, D. 2006. The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics—A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117 (2006) 4–21.
- Flechard, C.R., Ambus, O., Skiba, U., Rees, R.M., Hensen, A. & Amstel, A.M.F.v. 2007. Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121 (1-2), 135-152.
- Goss, M.J. Howse, K.R., Lane, P.W., Christian, D.G. Harris, G.L. 1993. Losses of nitrate - nitrogen in water draining from under autumn - sown crops established by direct drilling or mouldboard ploughing. *European journal of soil science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1993.tb00432.x>.
- Grimser, M. E., O’Green, A., T. and Lewis, D. 2006. Vegetative Filter Strips for Nonpoint Source Pollution Control in Agriculture. ANR, University of California, Publication 8195.

- Grønlund, A. Zarruk, K.K. de, Rasse, D. 2010. Klimatiltak i jordbruket – binding av karbon i jordbruksjord. Bioforsk rapport 5(5).
- Grønsten, H. 2008. Prediction of soil aggregate stability and water induced erosion on agricultural soils in southeast Norway. PhD.thesis 2008-54. Norwegian University of Life sciences.
- Grønsten H.A., Hauge, A., Borch, H., og Blankenberg, A.G.,B. 2008. Fangdammer – effektive oppsamlere av jord og næringsstoffer. BIOFORSK TEAM, Vol 3(13)
- Haan, C.T., Barfield, B.J., Hayes, J.C. 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. Academic Press, San Diego, California, USA, 588 pp. (Book).
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil & Tillage Research 41:203-219.
- Hansen, S., Haige, A., Tesfai, M., Riley, H., Dörsch, P. 2012. Vassjuk jord: en viktig kilde for lystgass ? Bioforsk FOKUS 7 (2): 43- 45.
- Hanssen-Bauer, I. m.fl. 2015. Klima i Norge 2100. NCCS report no. 2/2015.
- Haraldsen, T.K., 1998. Avrenning og tap av næringsstoffer på Skjetlein 1990-1997. Jordforsk-rapport 25/98. 19 s.
- Hauge, A., 2013. Flomdemping ved hjelp av anlagte rensetiltak. Bioforsk FAKTAARK .
- Hauge, A. 2018. Filtermaterialer for drengrofter. Sammenligning av sagflis, grus og prewrap teppefilter. NIBIO rapport: 4 (146). 19 s.
- Hauge, A., Deelstra, J. Dimensjonering av landbruksdrenering i endret klima . Faktaark (in prep).
- Henriksson, M., Stenberg, M., Berglund, M. 2015. Lustgas från jordbruksmark. Konkreta råd för att minska lustgasavgången på gårdsnivå. Hushållningssällskapet Halland.56 s. [www.hushallningssallskapet.se](http://www.hushallningssallskapet.se)
- Hoel, B., Abrahamsen, U., Strand, E., Åssveen, M., Stabbetorp, H. 2013. Tiltak for å forbedre avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon. Bioforsk rapport Vol. 8 Nr 14.
- Hohle m.fl. 2016. Landbruk og klimaendringer. Rapport fra arbeidsgruppe. [Landbruk og klimaendringer- Rapport fra arbeidsgruppe \(pdf\)](#)
- Hov, A.M. & Walseng, B. 2003. Suksessjon av ferskvannsinvertebrater i et nyetablert damsystem i Trøgstad kommune. NINA Fagrapport 074. 50 pp
- Huang, Y., Ren, W., Wang, L., Hui, D., Grove, J.H., Yang, X., Tao, B., Goff, B. 2018. Greenhouse gas emissions and crop yield in no-tillage systems: A metaanalysis. Agriculture, ecosystems and environment 268:144-153.
- IPCC. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Chapter 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use: Institute for Global Environmental Strategies (IGES)Iqbal, 2017
- Kladivko, E.J., Frankenberger, J.R., Jaynes, D.B., Meerk, D.W., Jenkinson, B.J., Fausey, N.R., 2004. Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. J. Environmental Quality 33, 1803- 1813.
- Kätterer, T., Bolinder, M. A., Berglund, K., & Kirchmann, H. 2012. Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A–Animal Science, 62(4), 181-198.



- Korsæth, A. & Eltun, R., 2008. Synthesis of the Apelsvoll Cropping System Experiment in Norway – Nutrient Balances, Use Efficiencies and Leaching. In: Organic Crop Production – Ambitions and Limitations (Eds. Holger Kirchmann and Lars Bergström), p. 117-141. Springer Science+Business Media B.V., springer.com.
- Korsaeth, A., Lindgaard, H.J., Veidal, A., Asheim, L.J. 2019. Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge. NIBIO rapport 5(41).
- Kronvang, B., Baatrup-Pedersen, Ejrnæs, R., Schou, J.S., Jørgensen, U. og Børgesen, C. 2008. Udyrkede brømmer og randzoner langs vandløb og søer. Kortlægning af risikoarealer for fosfortab i Danmark. B3: Arealændringer i risikoområder. Årgang 1, 2008 Nr. B3, vers. 1.
- Krzeminska D., Hauge A., Starklof, T., Skarbøvik E. og Stolte J. Flomtiltak i landbruksområder. 2019. NIBIO POP 5 (5) 2019.
- Kværnø, S., Bechmann, M. 2010. Transport av jord og næringsstoffer i overflate- og grøftevann. Sammenstilling av resultater fra rutefelter og småfelter i Norge. Bioforsk rapport 5 (30). 76 s.
- Landbruksdirektoratet 2019. Fastsettelse av instruks for regionale miljøtilskudd. 25.01. 2019. 76 s. [www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/regionalt-miljotilskudd/om-regionale-miljotilskudd/regelverk](http://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/regionalt-miljotilskudd/om-regionale-miljotilskudd/regelverk)
- Li, X., Petersen, S. O., Sørensen, P. & Olesen, J. E. 2015. Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 382-393.
- Lindström, H. 2008. Jordbruksdränering, kostnader och genomförande. SLU, Alnarp. Examensarbete inom lantmästarprogrammet.
- Lundekvam, H., 1997. Spesialgranskinger av erosjon, avrenning, P-tap og N-tap i rutefelt og småfelt ved Institutt for jord- og vannfag. Jordforsk-rapport 6/97. 69 s.
- Lundekvam, H., 2007a. Plot studies and modelling of hydrology and erosion in southeast Norway. *Catena* 71, 200-209.
- Lundekvam, H., 2007b. Oversyn over avrenningsfelt som har vore i drift ved IPM dei seinare åra. Internt notat ved Institutt for Plante- og Miljøvitenskap.
- Magette, W. L., R. B. Brinsfield, R. E. Palmer and J. D. Wood. 1989. Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. *Transactions of the ASAE* 32(2): 663-667.
- Mathiesen, H.F., Nyborg, Å., Svendgård- Stokke, S., Strand, G.H. 2018. Jordsmonnkartlegging. Beskrivelse av metoder for klassifisering og avgrensning av jordsmonn. NIBIO Rapport Vol 4 (12) 2018. 43 pp. <http://hdl.handle.net/11250/2491524>
- Mekonnen M, Keesstra S.D., Stroosnijder L., Baartman J. E. M., Maroulis J. 2015. Soil Conservation Through Sediment Trapping: A Review. *LDD* 26(6): 544-556.
- Maillard, É., Angers, D. A. 2014. Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 20(2), 666-679.
- Molteberg, B., & Tangsveen, J. 2004. Fangvekster i korn. *Planteforsk Grønn kunnskap* Vol 8 Nr. 1.
- Myhr, K., Haraldsen, T.K. & Oskarsen, H., 1996a. The Kvithamar field lysimeter III. Barley yield and nutrient balance. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 469-480.
- Myhr, K., Oskarsen, H. & Haraldsen, T.K., 1996b. The Kvithamar field lysimeter I. Objectives, methods and results of soil analyses. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 197-210.

- Nadeem, S., Børresen, T., Dörsch, P. 2014. Effect of fertilization rate and ploughing time on nitrous oxide emissions in a long-term cereal trail in south east Norway.
- Nangia, V., P. H. Gowda, D. J. Mulla, and G. R. Sands. 2010. Modeling Impacts of Tile Drain Spacing and Depth on Nitrate-Nitrogen Losses. *Vadose Zone J.* 9:61-72. doi:10.2136/vzj2008.0158
- NIR 2018: Norwegian Inventory report 2018. Miljødirektoratet.
- Poeplau, C. Don A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – a meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 200(1): 33-41.
- Poeplau, C., Aronsson, H., Myrbeck, Å., & Kätterer, T. 2015. Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden. *Geoderma Regional*, 126-133.
- Powlson, D.S., Whitmore, A.P., Goulding, K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and false. *European Journal of soil science.* 62, 42-55.
- Rasse, D., Økland, I., Barcena, T., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O’Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T., Budai, A. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO rapport 5(36).
- Rees, R. M., Bingham, I.J., Baddeley, J.A. og C.A. Watson. 2005. The role of plants and land management in sequestration of soil carbon in temperate arable and grassed ecosystems. *Geoderma* 128: 130-154.
- Refsgaard, K., Bechmann, M. 2016. Cost-effectiveness of tillage methods to reduce phosphorus loss from agricultural land. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2015.1082902>.
- Riley, H. 2014. Grain yields and soil properties on loam soil after three decades with conservation tillage in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil & Plant Science*, 64:3, 185-202.
- Skaggs, R. W., M. A. Youssef, G. M. Chescheir, J. W. Gilliam, 2005. Effects of drainage intensity on nitrogen losses from drained lands. *Transactions of the ASAE*. Vol. 48(6): 2169-2177. (doi: 10.13031/2013.20103) @2005
- Skøien, S.E., Børresen, T. & Bechmann, M. 2012. Effect of tillage methods on soil erosion in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and Plant* 62, Suppl. 2, 191-198.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B. and Sirotenko, O. 2007. Agriculture. In Metz., B, Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. and L.A. Meyer (eds) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Soussana, J-F. og Lüscher. 2007. Temperate grasslands and global atmospheric change: A review. *Grass and Forage Science* 62: 127-134.
- Sturite, I., Rivedal, S., Dörsch, P. 2014. Effects of fertilization and soil compaction on nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions in grassland. In: Hopkins, A. et al. (eds). *EGF at 50: The Future of European Grasslands*. 19: 94-96. Proceedings of the 25th Symposium, EGF, Aberystwyth, Wales, 7.-11. September 2014.
- Stenberg, M., H. Aronsson, B. Lindén, T. Rydberg, & A. Gustafson. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil and Tillage Research* 50:115-125.

- Shepherd, M. A., Johnson, P. A. & Smith, P. N. (1992). The effect of crop rotation on nitrate leaching losses; sandland and limestone aquifers. *Aspects of Applied Biology* 30, Nitrate and Farming Systems, 183–190.
- Stokes, D. T., Scott, R. K., Tilston, C. H., Cowie, G. & Sylvester-Bradley, R. (1992). The effect of soil disturbance on nitrate mineralisation. *Aspects of Applied Biology* 30, Nitrate and Farming Systems, 279–282.
- Syversen N. 2002. Cold Climate vegetativ buffer zones as filters for surface agricultural runoff. Retention of soil particles, phosphorus and nitrogen. Doctor Scientiarum Theses 2002:12. Agricultural University of Norway.
- Søvik, A.K., Augustin, J., Heikkinen, K., Huttunen, J.T., Necki, J.M., Karjalainen, S.M., Kløve, B., Liikanen, A., Mander, Ü., Puustinen, M., Teiter, S. & P. Wachniew. 2006. Emission of the Greenhouse Gases Nitrous Oxide and Methane from Constructed Wetlands in Europe. *J. Environ. Qual.* 35:2360–2373.
- Søvik A.K. 2007. Nitrogenfjerning i konstruerte våtmarker og filterbedanlegg – utslipp av drivhusgassene N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub>. *TEMA* vol 2 nr 21.
- Tørresen, K., Skarbøvik, E., Kværnø, S., Bechmann, M., Stenrød, M., Eklo, O.M., Brodal, G., Hofgaard, I., Bjørkman, M., Riley, H., Kvakkestad, V., Refsgaard, K., Børresen, T., Dörsch, P., Stabbetorp, J., Strand, E. 2015. Effekter av ulik jordarbeiding i korn. *NIBIO pop 1*(5).
- Uhlen, G., 1989a. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. *Nutrient balances 1974-81. Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3, 33-46.
- Uhlen, G. 1989b Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. *Runoff measurements, water composition and nutrient balances. Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3, 33-46.
- Ulén, B., Bechmann, M., Øygarden, L. 2012. Soil erosion in Nordic countries – future challenges and research needs. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and plant science*, 62: Supplement 2, 176-184.
- Uusi-Kämpä J. and Jauhiainen, L. 2010. Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions. *Agric. Ecosyst. Environ.* (2010).
- Van Kessel, C., Venterea, R., Six, J. Adviento-Borbe, M.A., Linnquist, B., van Groenigen, K. J. 2013. Climate, duration, and N placement determine N<sub>2</sub>O emissions in reduced tillage systems: a metaanalysis. *Global Change Biology* 19:33-44.
- Wegner, S. 1999. A review of Scientific literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation. Office of Public Service & Outreach, Institute of Ecology, University of Georgia, USA. Revised version. 59 p.
- Zhang, X., Liu, X., Zhang, M., Dahlgren, R.A. 2010. A Review of Vegetated Buff ers and a Meta-analysis of Their Mitigation Efficiency in Reducing Nonpoint Source Pollution. *J. Environ. Qual.* 39:76–84.
- Øgaard, A.F., Krogstad, T., Skarbøvik, E. Bechmann, M. 2012. Biotilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning – kunnskapsstatus. *Vann* 03: 357-368.
- Øygarden, L. 2000. Soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway. Doctor Scientiarum Thesis 2000;8. Agricultural University of Norway.
- Øygarden, L. 2003. Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway. *Catena* 50 (2003); 217-242. Elsevier science.

- Øygarden, L., Kværner, J. & Jenssen, P.D., 1997. Soil erosion via preferential flow to drainage systems in clay soils. *Geoderma* 76, 65-86.
- Øygarden, L., Nesheim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hauge, A., Stornes, O.K. 2009. Klimatiltak i jordbruket – mindre lystgassutslipp gjennom mindre N- tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. *Bioforsk Rapport Vol (4) nr 175*. 2009. 81 s.
- Øygarden, L., Bechmann, M. 2017. Synergier av miljøtiltak i jordbruket - Klimagassutslipp, klimatilpasning, vannforvaltning og luftforurensninger i norsk jordbruk, *NIBIO Rapport; 3(51)* 2017. 40 s. <http://hdl.handle.net/11250/2434681>
- Øygarden L., Grønlund A., Skøien S., Refsgaard K., Krokann K., Nordskog K. og Bechmann M. 2012. Evaluering av Regionale Miljøprogram (RMP) 2011. *Bioforsk Rapport Vol. 7 Nr. 21* 2012.
- Øygarden, L. Veidal, A., Bechmann, M. 2018. Kostnader og effekter av vannmiljøtiltak i jordbruket. En statusrapport og metode for samfunnsøkonomisk analyse. *NIBIO Rapport, Vol 4 (36)* 2018. 43s. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2493102>

# Vedlegg- møte med brukergruppe

## **Til brukergruppe for prosjektet :**

### **Tilpasninger som gir synergier mellom klima og miljøtiltak i jordbruket.**

Møtetidspunkt: 24 januar 2019, klokken 10 – 14

Sted: Møterom 535 hos Fylkesmannen i Oslo og Viken.

Tordenskioldsgate 12, Oslo (inngang fra sjøsiden). Tog til Nationalteatret stasjon.

## **Program**

10.00 Velkommen

10.05 - 10.20. Introduksjon om prosjektet. Lillian Øygarden

10.20 – 10.50. Synergier- dokumentasjon- utvalgte tiltak. Marianne Bechmann.

10.50 – 11.20. Eksempel på synergier- nye muligheter- kobling av kart, planleggingsverktøy med egne feltregistreringer. Torsten Starkloff NIBIO/SWECO.

Lunsj: 11.30 - 12.00

12.00 - 12.30. Tilgjengelige kart, databaser. KILDEN. Siri Svendgård Stokke.

12.30 - 13.30. Brukernes behov. Diskusjon, forslag til prioriteringer innenfor prosjektet.

13.30 - 14.00. Marianne Bechmann: Veileder for miljø og klimatiltak.



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.