

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 5 Nr. 139 2010

Husdyrgjødsel og jordarbeiding -verknad på utslepp av klimagassar

Lars Nesheim¹, Oddbjørn Kval-Engstad² og Kjell Vastveit³

¹Bioforsk Midt-Norge Kvithamar, ²Norsk Landbruksrådgiving, ³Agromiljø AS

www.bioforsk.no



Tittel:

Husdyrgjødsel og jordarbeiding - verknad på klimagassar

Forfattar:

Lars Nesheim¹, Oddbjørn Kval-Engstad² og Kjell Vastveit³

¹Bioforsk Midt-Norge Kvithamar, ²Norsk Landbruksrådgiving, ³Agromiljø AS

<i>Dato:</i> 8.10.2010	<i>Tilgjengelighet:</i> Open	<i>Prosjektnummer:</i> 1310307	<i>Arkivnummer:</i> 2010/304
<i>Rapport nummer:</i> 139/2010	<i>ISBN-nummer:</i> 978-82-17-00700-5	<i>Tal sider:</i> 24	<i>Tal vedlegg:</i> Ingen vedlegg

<i>Oppdragsjever:</i> Statens landbruksforvaltning	<i>Kontaktperson:</i> Reidar Tveiten
---	---

<i>Stikkord:</i> Lystgass, metan, spreiemetode, tap av næring	<i>Fagområde:</i> Grovfôr og kulturlandskap
--	--

Samandrag:

Føremålet med denne utgreiinga var å lage ei samanstilling av forsøksresultat, erfaringar og klimaeffektar for tiltak innanfor bruk av husdyrgjødsel og jordarbeiding til eng og åker. Det er lagt vekt på tiltak som er lite granska i Norge, og som påverkar klimagassane lystgass og metan. Utgreiinga omtalar tiltak som kan redusere klimagassutsleppa frå landbruket i vesentleg grad. Innanfor kvart av emna husdyrgjødsel og jordarbeiding til eng og åker er det sett opp kva behov det er for ny kunnskap. I utgreiinga har vi også foreslått konkrete opplegg for demonstrasjons- og pilotprosjekt.

<i>Land:</i>	Norge
<i>Kommune:</i>	Stjørdal, Finnøy
<i>Stad:</i>	Bioforsk Midt-Norge Kvithamar, Agromiljø AS Judaberg

Godkjent

Prosjektleder

.....
Erik Revdal

Lars Nesheim

Føreord

Statens landbruksforvaltning gav i brev til Bioforsk Midt-Norge av 16. mars 2010 tilsegn om midlar til ei utgreiing om husdyrgjødsel og jordarbeiding, med særleg omsyn til verknad på utslepp av klimagassar og på binding av karbon i jord. Ein har lagt mest vekt på miljøvennleg behandling og spreining av husdyrgjødsel og biorest, vedlikehaldssåing i grasmark og endra jordarbeiding i åker. For dei tre nemnde tema har ein laga ei samanstilling av forsøksresultat, erfaringar og klimaeffektar, stort sett henta frå Skandinavia. Det er også foreslått konkrete opplegg for demonstrasjons- og pilotprosjekt frå og med vekstsesongen 2011. Utgreiinga er skriven av prosjektleiar Lars Nesheim, Bioforsk Midt-Norge i samarbeid med Oddbjørn Kval-Engstad, Norsk Landbruksrådgiving og Kjell Vastveit, Agromiljø AS. Prosjektmedarbeidarane har besøkt Jordbrukstekniska Institutet (JTI), Uppsala, Sverige og Århus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Forskningscenter Foulum, Danmark. Eit viktig føremål med besøka var å leggje eit grunnlag for vidare samarbeid med desse forskingsmiljøa, ved å skape samarbeid, nettverk og alliansar.

Kvithamar 8. oktober 2010

Erik Revdal
-direktør-

Innhold

Føreord	2
Innhold	3
1. Samandrag	4
2. Bakgrunn for og føremål med utgreiinga	5
3. Tidlegare utgreiingar og relevante dokument	6
4. Behandling og spreining av husdyrgjødsel og biorest	7
4.1. Bruk og utnytting av husdyrgjødsel i Norge, Danmark og Sverige	7
4.2. Karakterisering av biorest frå ymse kjelder	9
4.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord.....	9
4.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar	10
4.5. Kunnskapsbehov	12
5. Vedlikehaldssåing og fornying av grasmark	13
5.1. Definisjon av vedlikehaldssåing og metodar for fornying av grasmark	13
5.2. Vedlikehaldssåing i grasmark	13
5.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord.....	14
5.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar	14
5.5. Kunnskapsbehov	15
6. Såing av åkervekstar etter redusert jordarbeiding	16
6.1. Definisjon og omfang av redusert jordarbeiding	16
6.2. Såing av åkervekstar etter redusert jordarbeiding	16
6.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord.....	16
6.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar	17
6.5. Kunnskapsbehov	17
7. Forslag til demonstrasjons- og pilotprosjekt	18
8. Referansar	19
VEDLEGG 1. Sentrale utgreiingar og relevantedokument	23

1. Samandrag

Føremålet med denne utgreiinga var å lage ei samanstilling av forsøksresultat, erfaringar og klimaeffektar for tiltak innanfor bruk av husdyrgjødsel og jordarbeiding til eng og åker. Det er lagt vekt på tiltak som er lite granska i Norge, og som påverkar klimagassane lystgass og metan. Utgreiinga omtalar tiltak som kan redusere klimagassutsleppa frå landbruket i vesentleg grad. Den offisielle klimagassrekneskapen i Norge syner eit utslepp frå landbruket på 7 millionar tonn CO₂-ekvivalentar. Det er muleg å redusere dette tapet ved å behandle ein del av husdyrgjødsel i biogassanlegg og ved å leggje om til optimal spreieteknikk for biorest frå biogassanlegg og for vanleg husdyrgjødsel. Det er også eit stort potensiale for å minke tap av klimagassar ved å gå over til andre dyrkingsmetodar, som til dømes meir langvarig eng, særleg på organisk jord. Innanfor kvart av emna husdyrgjødsel og jordarbeiding til eng og åker er det sett opp kva behov det er for ny kunnskap. Vi har til dømes for dårleg fagleg grunnlag for å setje opp gode estimat på kor stort tapet av klimagassar er ved ulik drift. Vi saknar også kunnskap om korleis ulike dritsmåtar og tiltak påverkar utsleppa. Dette er ikkje minst viktig for å kunne gi god rettleiing til næringsliv og forvaltning. I utgreiinga har vi også foreslått konkrete opplegg for demonstrasjons- og pilotprosjekt.

2. Bakgrunn for og føremål med utgreiinga

Målet med Statens landbruksforvaltning (SLF) sitt "Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket" er å auke kompetansen om utslepp av klimagassar frå jordbruket og om kva verknad jordbrukspolitikken har på utsleppa. I dei siste åra er det gjennomført mange granskingar og utarbeidd rapportar om klimagassar, både i Norge og i andre land. Til dømes i rapporten "Klimagasser fra landbruket" har Briseid *et al.* (2008) laga eit oversyn over utsleppsreduksjonar og peika på ulike tiltak som kan påvirke omfanget av utslepp. SLF har gitt midlar til to prosjekt med mål om å gi betre driftskunnskap om nye spreieteknikkar (Norsk Landbruksrådgiving) og å oppnå meir miljøvennleg og kostnadseffektiv bruk av husdyrgjødsel (Bioforsk). Mellom anna er det også i gang arbeid for å vurdere kva verknad drenering av dyrka jord har på utslepp av klimagassar. I ein stor studie i England, finansiert av det engelske Mat- og landbruksdepartementet (DEFRA), har Cuttle *et al.* (2007) gått i gjennom og vurdert svært mange tiltak for å redusere ureining frå landbruket, og handtering og spreining av husdyrgjødsel utgjer ei viktig rolle i den samanhengen. Også i Danmark og Sverige er det utarbeidd liknande dokument. Fleire av tiltaka som er nemnde i ymse utgreiingar er lite granska i Norge. Vi meiner at endra jordarbeiding for åkervekstar, vedlikehaldssåing i eng for å auke engalderen og utnytting av biorest frå biogassanlegg er døme på tiltak som vi har lite kunnskap om klimaeffektane av. Korleis ein skal kombinere desse tiltaka med miljøvennleg spreining av husdyrgjødsel er også eit sentralt tema. Føremålet med denne utgreiinga er å lage ei samanstilling av forsøksresultat, erfaringar og klimaeffektar for tiltak som er lite granska i Norge. Det er lagt mest vekt på klimagassane metan og lystgass. Vidare har vi sett opp kva behov det er for ny kunnskap, og vi har foreslått konkrete opplegg for demonstrasjons- og pilotprosjekt frå og med vekstsesongen 2011.

3. Tidlegare utgreiingar og relevante dokument

Det er ikkje målsetjinga med denne utgreiinga å gi eit fullstendig oversyn over kjelder og omfang av klimagassutslepp og over tiltak som kan redusere utsleppa. Men i dette kapitlet er det nemnt nokre sentrale utgreiingar og granskingar av klimagassutslepp, stort sett henta frå skandinaviske land. I Vedlegg 1 er det sett opp ei meir omfattande liste over relevante dokument.

Dei seinare åra har det vore stort fokus på utslepp av klimagassar i frå alle sektorar. Også for landbruket har det vorte skreve mange utgreiingar og gjennomført mange granskingar om korleis ulike tiltak verkar på tap av klimagassar. I Vedlegg 1 er det nemnt nokre bøker om meir grunnleggjande sider ved korleis karbon og klimagassar vert bunde og omsett, og kva prosessar og faktorar som påverkar dette. Vidare er det tatt med eksempel på handlingsplanar og såkalla "inventories" frå England, Danmark og Sverige.

I Klimameldinga til Landbruks- og matdepartementet (LMD) frå 2008 er det sett opp kva utfordringar landbruket står ovanfor med omsyn til endringar i klima. Mange tiltak er omtala, og innanfor kvart tema er det også vist til kva som manglar av kunnskap. I etterkant av klimameldinga til LMD fekk Klima- og Forurensingsdirektoratet i oppdrag frå Regjeringa å utarbeide tiltak og verkemiddel for reduserte utslepp av klimagassar frå alle sektorar i Norge, også jordbrukssektoren. Utgreiinga vart kalla "Klimakur 2020". Ein del av det faglege grunnlaget vart levert av Bioforsk i samarbeid med andre forskingsinstitusjonar, og desse rapportane er også nemnde i Vedlegg 1.

4. Behandling og spreining av husdyrgjødsel og bioest

4.1. Bruk og utnytting av husdyrgjødsel i Norge, Danmark og Sverige

I Norge er breispreiing av husdyrgjødsel med tankvogn enno ein veldig dominerande metode. Men meir miljøvennleg spreieutstyr (stripespreiarar, nedfellarar, system for slangespreiing) vert no meir vanlig. Samtaler med rådgivarar i Norsk Landbruksrådgiving og med maskinleverandørar tyder på at vogn med breispreiar framleis er den dominerande metoden i alle landsdelar. I Nord-Norge finst det nesten ikkje anna spreieutstyr, men det er stor interesse både for stripespreiing og nedfelling. Stripespreiing er truleg den metoden som har størst auke i heile landet.

Utvalgranskinga frå Statistisk Sentralbyrå i 2000 (Gundersen & Rognstad 2001) viste at det vart brukt breispreiar eller kanonspreiar på 93 % av eng- og beitearealet som vart tilført husdyrgjødsel. På resten av arealet vart gjødsla tilført med stripespreiar eller nedfellar. Det finst ingen opplysningar om fordelinga mellom breispreiar og kanonspreiar, og mellom stripespreiar og nedfellar. I open åker vart 95 % av arealet gjødsla med breispreiar.

Etter år 2000 finst det ingen statistikk for kor mykje brukt dei ulike spreiemetodane er i ulike delar av landet. Men det er liten tvil om at stripespreiing og nedfelling er meir vanlig no enn i 2000. Moi AS, som produserar DGI-nedfellaren, opplyser at det er levert ca 150 einingar i Norge, mest til større gardsbruk og etter kvart også til maskinentreprenørar. Moi AS anslår at DGI-metoden vert brukt på ca 50 000 dekar, svarande til 1 % av spreiearealet på fulldyrka eng. Det er fleire leverandørar som sel stripespreiarar, og det er derfor vanskeleg å få gode tal på kor mange einingar som er selt dei siste åra. Ein leverandør anslår at 300-400 stripespreiarar er i bruk i Norge.

Det er gjort fleire samanlikningar av ulike spreiemetodar for husdyrgjødsel med omsyn på tap av nitrogen og produsert avling, med mest vekt på ammoniakk (e.g. Øyen *et al.* 1995; Morken & Nesheim 2004; Morken 2007). Stripespreiing og nedfelling gir normalt betre utnytting av nitrogenet enn breispreiing. Men verknaden av næringsstoffa, og skilnaden mellom spreiemetodar kan variere med tilhøva. Det er til dømes vist at det er samanheng mellom temperatur og utnytting av nitrogenet i husdyrgjødsla. Det betyr at verknaden av gjødsla stort sett er betre om våren enn etter første slått. Med omsyn til optimalt spreietidspunkt om våren har vi ikkje helt eintydige resultat, men i fleire forsøk er det funne betre verknad ved spreining rett etter vekststart enn ved ei plantehøgde på 10-12 cm. Det er liten tvil om at spreining av husdyrgjødsel på grasmark på hausten gir ei svært dårleg utnytting av næringsstoffa.

I samband med eit prosjekt om våtsåing er det gjennomført fleire samanlikningar i stor skala mellom stripespreiing og nedfelling av husdyrgjødsla med hjelp av skiver som lager spor i grassvoren (Nesheim *et al.* 2010). Nedfellaren hadde berre 15 cm radavstand, mot 25-30 cm som er vanleg på andre nedfellarar, og det har i enkelte tilfelle ført til avlingstap på grunn av skade på over- og underjordiske plantedelar. I Sverige er det utført ei gransking av skader på plantedekket i ulike typar grasmark ved bruk av ymse teknikkar for nedfelling av husdyrgjødsel (Halling & Rodhe 2010). Dei ulike maskinane vart køyrde i enga utan spreining av husdyrgjødsel. I første og andre engår gav nedfelling ein avlingsreduksjon på 1-9 %, avhengig av metode og tidspunkt for nedfellinga. Det finst ikkje publiserte resultat om kva verknad nedfelling med DGI har på plantedekket, men skadar på

plantedekket vart antyda som årsak til lågare avling etter bruk av DGI enn etter overflatespreiing i forsøk på Island (Sveinsson & Sturlaugsdóttir 2005).

Det vert marknadsført ulike tilsetningsstoff til husdyrgjødsel, som stort sett har som føremål å betre utnyttinga av næringsstoffa i gjødsla. For fleire av desse produkta er verknaden lite dokumentert. I Danmark er det no installert om lag 100 "forsuringsanlegg" som senkar pH i husdyrgjødsla frå om lag 7,5 til 6,0 (www.infarm.dk). Det vert tilsett 6-7 liter svovelsyre per kubikkmeter gjødsel, straks gjødsla kjem inn i lageret. Produsenten hevdar at tilsetning av svovelsyre til svinegjødsel gir inntil 80 % lågare tap av ammoniakk frå lageret. Metoden er mest aktuell til svinegjødsel. I forsøk med forsura gjødsel (pH 6) og ikkje forsura gjødsel frå same gard vart ammoniakktapet i veksande grøde redusert med 60 % (Nyord, pers. opplysning). Også tapet av metan og lystgass vert redusert (Nørregaard Hansen 2008). Eit anna firma, BioCover, marknadsfører eit utstyr som tilset syre ved spreinga av husdyrgjødsla. Det vert hevda at ammoniakktapet ved spreiging vert redusert med inntil 40 %. Det er selt 12-15 slike anlegg i Danmark.

Tilsetjing av vatn til gjødsla senker konsentrasjon av ammoniakk i gjødsla, samstundes som blautare gjødsel trenger raskare ned i jorda. I ALFAM-prosjektet (2001) fann dei gjennomsnittleg 11 % auka NH₃-tap pr % tørrstoff. Utifrå norske forsøk med spreiging til eng er det vanleg å rekne noko mindre effekt; i utgreiing til SFT (Øygarden *et al.* 2009) rekna ein 20 % høgare verknadsgrad (frå 40 til 60) ved å gå frå 8 til 4 % tørrstoff i gjødsla. Ulempa med tilsetjing av vatn er m.a. at det normalt aukar transportbehovet og dermed utslepp av CO₂ den vegen.

I Sverige er det skilnadar mellom regionar i viktige delar av reglane, med strengaste krav i det som er rekna for nitratkjenslege område. Det er ikkje generelt forbod mot breispreiing av husdyrgjødsel i nokon del av landet, men i tre fylke (län) er det sett ekstra krav om ein vil nytte breispreiingar i veksande grøde. Breispreiing er stadig mindre i bruk, særleg entreprenørar og maskinstasjonar nyttar andre metodar. I 2009 vart blautgjødsla spreidd med brei- og stripespreiar på om lag like store delar av arealet (h.v. 49 og 46 %), medan 3 % vart spreidd med nedfellar (Statistiska Centralbyrå 2010). Stripespreiar vart brukt på over halvparten av husdyrgjødsla kornareal og om lag 40 % av husdyrgjødsla engareal. I store jordbruksområde er det og krav om tak eller flytedekke, til dømes av halm, på gjødsellager. Rekna etter tal dyreeiningar har ein særleg høg del (98 %) allereie ein form for dekke på blautgjødsellager, hovudsakleg i form av (naturleg) flytedekke (Statistiska Centralbyrå 2010). Samstundes vert ein aukande del av husdyrgjødsla lagra som blautgjødsel.

I Danmark er breispreiing av husdyrgjødsel ikkje tillete. I 2004 vart om lag 30 % av husdyrgjødsla til eng felt ned medan 70 % vart stripespreidd. På åker vart 40 % av gjødsla spreidd i open åker, og 60 % i veksande grøde. Spreiing med slepeslange (utan vogn) utgjør om lag 10 % av total mengd. Maskinstasjonar er ansvarlege for spreiging av 80 % av husdyrgjødsla. Det er mest vanleg å nytte nedfellarar med skiver i grasmark og med tindar i åker. Arbeidsbreidda er normalt 8 meter for nedfellarar med skiver og 6-7 meter for dei med tindar. Radavstanden er ofte 30 cm.

Frå 1. januar 2011 må all husdyrgjødsel til open åker og grasmark i Danmark fellast ned. Det vert ikkje lov å stripespreie husdyrgjødsel i grasmark, men tilsetjing av syre kan gi unnatak for regelen. Stripespreiing vert berre tillete i veksande grøder som vinterbygg og haustkveite. På sikt kan nedfelling også verte påbode i slike grøder.

4.2. Karakterisering av biorest frå ymse kjelder

Biorest er eit fellesnamn på biomasse som er avgassa i ein biogassreaktor. Eit anna namn på biorest er biogjødsel, og det omgrepet vil truleg verte meir brukt framover. Dei fleste biogassanlegga i Norge er etablert på avløpsrenseanlegg, og er opphavleg utforma for anaerob behandling av avløpsslam. Bioresten frå slike anlegg har same bruksområde og eigenskapar som avløpsslam. Det er kome i drift nokre biogassanlegg for matavfall i Norge. Avvatna biorest frå desse anlegga vert til dels blanda med strukturmateriale og annan kompost, og nytta i jordblandingar til grøntanlegg. Flytande biorest vert enten sendt til lokale renseanlegg, eller forsøkt infiltrert i grunnen. Det er fleire store biogassanlegg under planlegging. Eit stort anlegg på Romerike skal behandle matavfall frå Osloregionen, i tillegg til husdyrgjødsel. På Lillehammer er eit anlegg for Mjøsregionen i gang med biogassproduksjon basert på våtorganisk avfall frå hushaldningar.

Til no er det berre nokre få anlegg for biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel i Norge, men det er stor interesse for å bygge slike anlegg. I klimameldinga til LMD er det lagt stor vekt på biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel og organisk avfall. Dette er eit tiltak som skal redusere utslippet av metan. Slik produksjon vil gi ein biorest som skal nyttast som gjødsel. Val av substrat i tillegg til husdyrgjødsel og lokalisering av anlegg i høve til råstoffproduksjon og spreieareal er døme på faktorar som kan verke inn på utnyttinga av næringsstoffa i bioresten, og for kor stor klimaeffekt ein kan oppnå ved biogassproduksjon.

Behandling i biogassreaktor vil først og fremst påverke det organiske innhaldet og gi ei meir lettflytande og homogen gjødsel. Innhaldet av næringsstoff vil bli lite endra, men på grunn av at mykje av det organiske innhaldet vil bli omsett, vil delen av mineralsk og meir lett tilgjengelig nitrogen verte høgare. Og det betyr at gjødselverdien av nitrogenet vil auke. Sørby (pers. opplysning) har referert tal frå Danmark. Storfegjødsel med 6 % tørrstoff og svinegjødsel med 4 % tørrstoff vart blanda i ein reaktor, og det gav ein biorest med 3,8 % tørrstoff. Innhaldet av nitrogen var 5 kg per tonn både for den opphavlege gjødsla og for bioresten, men delen av lett tilgjengeleg nitrogen auka frå 66 til 80 %. Innhaldet av fosfor og kalium som kg per tonn var stort sett uforandra.

Åna Kretsfengsel har eit biogassanlegg basert på storfegjødsel med tilsetjing av 10-15 % flytande ensilert fiskeavfall. I 2009 vart det gjennomført storskalaforsøk med biorest og storfegjødsel til bygg og grasmark på Åna (Falk Øgaard, pers. opplysning). I bioresten var delen av uorganisk nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) nær 80% av total nitrogen, medan i ubehandla husdyrgjødsel var berre 50% av totalnitrogenet i form av $\text{NH}_4\text{-N}$. Avlingstala tyder på at tapet av ammonium ved spreiiing har vore lågt i desse forsøka. På grunn av stor variasjon var det ingen statistisk sikre avlingsskilnader. Liknande forsøk er gjennomførde i 2010.

Bioresten er homogen og eignar seg godt til spreiiing gjennom slangesystem. Men på grunn av høgare del letttilgjengeleg nitrogen, er risikoen for tap av ammoniakk høgare for biorest ved brei- og stripespreiiing enn for ubehandla gjødsel. I 11 danske forsøk med stripespreiiing og nedfelling av ubehandla og avgassa storfegjødsel til bygg var avlinga noko lågare for avgassa gjødsel. Avlingsauken for nedfelling var 40 kg bygg per dekar for begge gjødseltypene (Nørregaard Hansen, pers. opplysning). Etter ei samla vurdering har ein i Danmark så langt konkludert med at "bioforgasning ikke har nogen klar effekt på ammoniaktabet fra udbragt gylle" (Nørregaard Hansen *et al.* 2008).

4.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord

Tidlegare norske utgreiingar om binding og lagring av karbon i jord peikar særleg på to moment: vi manglar norske data som seier noko konkret om karbonbinding i grasmark, og den viktigaste skilnaden i potensiale ligg mellom openåker og grasmark. Ein anser det ikkje

som sannsynleg at det skjer betydeleg karbonbinding i jord som har vore brukt til eng eller beite over lang tid (Grønland *et al.* 2010). Utover dette synest det viktigaste å vera å auka/halde varigheita av enga, for å avgrense omsetjing og tap i samband med fornying.

I høve til handtering og bruk av husdyrgjødsel vil det viktigaste vera å bruke spreieteknikk som ikkje aukar behovet for fornying, t.d. pga. skadar på plantedekke eller auka jordpakking. Verknad av spreieteknikk i seg sjølv, anten til openåker eller grasmark, vurderer vi som heilt marginal/ fråverande i høve til binding og lagring av karbon, men vi har heller ikkje funne data som kan gje gode svar på slike spørsmål. Eventuell verknad på karbonbinding vil vera indirekte, gjennom meir eller mindre varig eng og ulik grad av jordpakking, som endrar avlingspotensiale. Kor viktig avlingsnivå er for binding eller frigjering av karbon, synest usikkert (som nemnt ovanfor). Verknadar av meir varig eng og endra jordarbeiding til openåker er drøfta i andre kapittel i denne utgreiinga.

Biogassproduksjon av husdyrgjødsel inneber at ein tek ut C, og slik fører mindre karbon attende til jorda enn med ubehandla gjødsel. Kor mykje det utgjer vil vera avhengig av kor effektiv prosessen er, dvs kor mykje gass ein får ut. Biogass av rein husdyrgjødsel vil difor bety mindre lagring av karbon i jord, om produksjon og spreining skjer innafor same driftseining. Ofte vil det truleg vera aktuelt å tilføra organisk materiale frå andre kjelder til biogassanlegg på gardar, og dei største anlegga under utvikling eller i drift vil basera seg på organisk avfall frå storsamfunnet. Slik vil vi truleg få ein netto tilgang på karbon til jordbruksjord, som primært bør brukast til openåker sidan bindingspotensialet der er størst. Vi har ikkje grunnlag for å sette tal på kva dette kan bety.

4.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar

Målingar av gasstap ved spreining av husdyrgjødsel er krevjande, og sidan årsakene til tap i felt er samansett kan ein ikkje alltid seie kor stor del av tapa som skuldast ein enkelt faktor. Det er gjort relativt mange målingar av ammoniakktap, men få av metan og lystgass. Ulik måleteknikk gir og ulike tal, som vist i ALFAM-prosjektet (2001).

Utslepp av metan har ikkje vore rekna som eit problem i samband med spreining av husdyrgjødsel. Målingar gjort i forsøk utført av JTI i Sverige (Rohde & Pell 2005) støttar dette.

Direkte og indirekte verknad på utslepp av klimagassar ved husdyrgjødselspreining er knytt til tap av NH₃ og N₂O ved sjølv spreininga, og meir indirekte lystgasstap pga jordpakking av ulik grad, Ammoniakkfordamping inneber i seg sjølv sær låge lystgasstap (faktor 0,0001 i følge Briseid *et al.* 2010). Største verknaden kjem difor gjennom behov for supplering med nitrogen frå mineralgjødsel, og dette kan vere stort når husdyrgjødsel vert spreidd under dårlege spreieforhold og med dårleg tilpassa teknikk.

Ammoniakkstap vert mykje påverka av forhold rundt spreininga, som temperatur, vind, jordråme og plantestorleik. Normalt vil spreining om sommaren gje større tap enn spreining på våren. Skilnaden er noko avhengig av spreieteknikk, slik at tapa ved breispreining aukar meir enn ved stripespreining eller nedfelling. Norske (Øygarden *et al.* 2009) og danske (Nørregaard Hansen *et al.* 2008) anslag er om lag like for blautgjødsel av liknande kvalitet, med 10-15 %, medan svenske anslag (Ehrnebo 2005) antyder skilnad på 20-30 % ved spreining i eng. Her til lands vert det ofte tilsett ekstra vatn før spreining etter 1.slått, slik at skilnaden i praksis vert mindre.

Ulike spreieteknikkar gir ulikt store ammoniakktap, der storleiken på gjødseloverflata er ein viktig faktor. Minste overflate gir generelt minste tap, forutsett at gjødsel har lik konsistens. Resultat frå utprøvingar har gitt sær sars varierende resultat, vist av Morken

(2007), etter m.a. gjødselkonsistens, plantestorleik, spreieforhold (vær) og jordforhold. Produsentar av stripespreiarar tilrår m.a. at det vert blanda inn vatn til om lag 4-5 % tørrstoff for at utstyr skal fungera driftsikkert, og som omtala tidlegare gir det i seg sjølv lågare NH_3 -tap. Ved nedfelling skulle ein i utgangspunktet ikkje trengje vasstilsetjing for å få gjødsla i bakken, men både i samband med forsøk og frå praksis har erfaringane vore at det er ein fordel. Til berekning av gjødslingsplan og økonomi lyt ein likevel rekne "normaltal". I siste norske utgreiing (Øygarden *et al.* 2009) har ein rekna ammoniakktaap på 60 % ved breispreiing, 30 % ved stripespreiing og 20 % ved nedfelling til eng. Jordbruksverket i Sverige (Ehrnebo 2005) viser til 40/70 % tap ved breispreiing, 30/50 % tap ved stripespreiing og 15/30 % tap ved nedfelling, høvesvis vår og sommar, til eng. Medan ein i Danmark (Nørregaard Hansen *et al.* 2008) reknar snautt 33/43 % tap ved stripespreiing og knapt 25/32 % tap ved nedfelling, høvesvis for vår og sommar, av blaut storfegjødsel med om lag 7,4 % tørrstoff til eng. Breispreiing er ikkje lov i Danmark, men dei reknar 70 % høgare ammoniakktaap med breispreiing enn med stripespreiing. I Danmark har dei elles bygd på ALFAM-modellen, men ved etterprøving funne at den ikkje kan brukast direkte på anna enn stripespreiing. Dei har difor brukt nyare danske forsøk for å få oppdatert samanlikning av stripespreiing og nedfelling.

Sidan nedfelling og gir noko skade på plantedekket (Halling & Rodhe 2010) er det usikkert om ein kan rekne lågare behov for nitrogen frå mineralgjødsel etter nedfelling enn etter stripespreiing. Ser vi stripespreiing og nedfelling under eitt og samanliknar med breispreiing, kan vi som eit enkelt gjennomsnitt rekne om lag 20 % høgare ammoniakktaap med breispreiing på eng. For vanleg blaut storfegjødsel med ca 2 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr tonn betyr det behov for 0,4 kg N pr tonn meir frå mineralgjødsel, som ved 5 tonn/daa i sum for året betyr 2 kg N pr dekar. Det svarar til ca 16 kg CO_2 pr dekar, eventuelt noko mindre om mineralgjødsla vert produsert med nyaste norske teknologi.

Utstyr for nedfelling av husdyrgjødsel finst i mange variantar, og forsøk har vist store skilnader på kor god evne dei faktisk har til å legge gjødsla ned i jorda. Utprøving i Danmark har og vist til dels store skilnadar med same nedfellar under ulike spreieforhold (Nørregaard Hansen 2001). Svenske forsøk (Rodhe & Etana 2003) og meldingar frå norske brukarar peiker og på at den norske DGI-nedfellaren gir ulikt resultat under ulike forhold. Ved JTI i Sverige har ein utvikla ein nedfellarlabb med mindre trekkraftbehov enn andre nedfellarar (utanom DGI) som gir god og sikker nedfelling av vanlege husdyrgjødselmengder, og med etterfølgjande trykkroll lite skade på jord og plantar (Rodhe 2005), men denne er ikkje sett i vanleg produksjon.

Ein finn størst direkte lystgasstap ved spreiiing av husdyrgjødsel knytt til nedfelling. Sidan lystgass etter ammoniakfordamping er lite, vil totalt klimagasstap ved spreiiinga vera størst med nedfelling. Det er få og sterkt varierande tal (Nørregaard Hansen 2008), der det svenske forsøket (Rodhe & Pell 2005) ga mest negativt resultat for nedfelling. Sjølv om ammoniakktaapet ved stripespreiing vart målt til 1,3 kg N/daa, viste totalrekneskapen 0,3 % $\text{N}_2\text{O-N}$ av total-N med breispreiing mot 1,1 % med dekkta nedfelling.

Ei meir generell utfordring knytt til husdyrgjødselspreiing, er lystgasstap på grunn av jordpakking med tungt utstyr. Det er naturleg å rekne auka fare for jordpakking med større og tyngre tankvogner og låg arbeidsbredde (dvs fleire pakkespor), men vi har ikkje talgrunnlag for å rekne skilnadar mellom ulikt utstyr. Det er gjort granskingar av korleis gjødsling og pakking påverkar utslepp av lystgass og metan på Vestlandet (Hansen *et al.*).

Biogassproduksjon av husdyrgjødsel er rekna som eit godt tiltak for å redusera klimagasstap. Ein reknar berre 1/6 tap av lystgass frå lager til biogassproduksjon i staden for vanleg lagring (Briseid *et al.* 2010), men generelt er berekningane for lystgass frå lager svært usikre.

I Danmark har ein hatt mange biogassanlegg basert på husdyrgjødsel i drift i mange år. Etter avgassing har gjødsla lågare tørrstoffinnhald, men høgare pH og innhald av mineralsk nitrogen. Samla sett er vurderinga at biogassprosessen ikkje gir nokon klar verknad på ammoniakktap frå spreidd gjødsel (Nørregaard Hansen *et al.* 2008). Vi må i denne samanheng hugse at dei i Danmark har strengare krav til spreieteknikk enn i Norge. Høgare innhald av ammonium i gjødsla aukar potensialet for gasstap, slik at det er viktig å nytte spreieteknikk som gir låge ammoniakktap.

Basert på standardtal frå IPCC, har ein rekna stort potensiale for å avgrense tap av metan frå lager gjennom biogassproduksjon. Utvikling av metan i gjødsla er sterkt avhengig av temperatur, ved at produksjon aukar med aukande temperatur. I Sverige er det gjort undersøkingar av klimagasstap frå lager med storfe- og grisegjødsel (Rodhe *et al.* 2008), og desse viser langt lågare metantap enn IPCC-standardane. I staden for MCF-faktor på 10 % fann dei 1,8-2,7 %, varierende etter dekke, i gjennomsnitt for året i lager med storfejødsel. Resultat for grisegjødsel var av same storleik (Rodhe, ikkje publ.). Dei fann og svært låge tap av lystgass frå storfejødsel, medan grisegjødsel med flytedekke av halm ga noko lystgasstap. Med ein temperaturavhengig prosess, er det grunn til å tru at tap under norske forhold ikkje er større enn i Sverige.

4.5. Kunnskapsbehov

Det er behov for meir kunnskap om klima- og miljøeffektar av ”nye” spreieteknikkar, både til åkervekstar og grasmark. Særleg vil det være viktig å legge vekt på klimagassutslepp, sett opp mot kostnadar og behov for løysingar under ulike forhold (brattlendte areal, jordtypar, nedbørforhold m.m.). Til grasmark trengst i tillegg meir kunnskap om kva verknad ulike spreieorgan har på plantedekket og avlinga, ikkje minst ved fleire spreiningar pr sesong, slik at vi kan få heilskapleg vurdering av spreieteknikkane. Det er særleg viktig i høve til ønske om auka varigheit av grasmarka. Til open åker treng vi meir kunnskap om kor god evne ulik reiskap til redusert jordarbeiding har til å molda inn gjødsla slik at ein reduserer/unngår ammoniakktap.

Spreiing av husdyrgjødsel inneber ofte mykje og tung transport, som kan gje mykje jordpakking. Undersøkingar har vist at lystgasstapet aukar sterkt med jordpakking, men talmaterialet er lite og vi treng betre grunnlag for t.d. å samanlikne ulike løysingar for spreieing av husdyrgjødsel.

Biogassproduksjon frå husdyrgjødsel er drege fram som eit viktig tiltak. Her har vi sett mest på korleis vi kan nytta bioresten, og ser at vi treng meir data frå praktisk bruk av denne gjødsla. Særleg gjeld det eigenskapar som næringsinnhald (i høve til ulikt materiale brukt i prosessen), gjødselverknad inkl. etterverknad (verknad følgjande år av organisk bunde nitrogen) og spreieeigenskapar/krav til spreieteknikk. Vi treng og meir kunnskap om verknad på klimagasstap ved å nytta husdyrgjødsel til biogassproduksjon i staden for ubehandla gjødsel, sidan svenske undersøkingar syner langt lågare metantap frå lager enn IPCC har rekna.

5. Vedlikeholdssåing og fornying av grasmark

5.1. Definisjon av vedlikeholdssåing og metodar for fornying av grasmark

Omgrepet ”vedlikeholdssåing” har truleg vore brukt på litt ulike måtar. Vi meiner at omgrepet skal nyttast om isåing av engvekstar i eksisterande plantedekke, anten kvart år eller anna kvart år for å endre den botaniske samansetninga i ønska retning. Omgrepet ”fornyng av grasmark” omfattar både vedlikeholdssåing og metodar for fornying der plantedeppet vert fjerna, anten ved kjemisk brakking eller ved pløying.

Vedlikeholdssåing og fornying med kjemisk brakking kan utførast med mange ulike metodar, som overflatesåing med eller utan harving, med direktesåmaskin eller ved våtsåing. Våtsåing inneber at ein blandar frø i husdyrgjødsla og dermed kan så og gjødsle i ein operasjon. Firmaet Agromiljø AS har utvikla ein metode for å blande frø og husdyrgjødsel i eit fordelarhus på spreiareren og blandinga vert lagt oppå jorda i striper eller i furer i jorda. Forsøk har vist at frøspiringa berre i mindre grad vert negativt påverka av husdyrgjødsla.

5.2. Vedlikeholdssåing i grasmark

For nesten tjue år sidan vart det gitt ut eit hefte av Statens fagtjeneste for landbruket om fornying av grasmark utan pløying (Nesheim & Renolen 1992). Der vart det presentert resultat i frå mange forsøksopplegg med direktesåing i grasmark med og utan kjemisk brakking. Resultata var særleg varierende, i nokre tilfelle skuldast manglande avlingsauke at det vart brukt feil metode, eller at veksevilkåra ikkje var gode nok for dei isådde artane. Ein konklusjon var at om eng inneheld ei viss mengd verdfulle artar som er godt tilpassa veksestaden, vil det ofte vere lønsamt å prøve å auke delen av desse artane i staden for å pløye. Aktuelle tiltak på slik eng kan vere å endre driftspresset, sprøyting mot tofrøblada ugras og isåing av artar med større avlingspotensial og betre kvalitet enn dei artane som dominerer. Også dei siste ti åra er det gjennomført fleire forsøk med isåing i eng, særleg på Vestlandet. Også desse forsøka har gitt varierende resultat. Det er ofte slik at det kan vere vanskeleg å finne att såstripene det første året, men i andre og tredje år kan innhaldet av isådde artar vere betydeleg.

Dei siste tre åra har Bioforsk Midt-Norge og Norsk Landbruksrådgiving gjennomført eit brukarstyrt prosjekt som er delfinansiert av Forskningsrådet og Agromiljø AS (Nesheim *et al.* 2010). Eitt av måla var å finne opplegg for effektiv etablering av engvekstar gjennom tilpassa teknikk for våtsåing, med optimal utnytting av husdyrgjødsel. Det var stor variasjon mellom dei ulike forsøksfeltene med omsyn til kor vellukka vedlikeholdssåing med ulike metodar har vore. Våtsåing gav stort sett like gode resultat som andre metodar.

Også i andre land i Europa har vedlikeholdssåing vore forskingstema, og då særleg isåing med raigras. Ei europeisk forskargruppe har konkludert med at tettleiken i grassvoren er eit viktig kriterium for å vurdere om vedlikeholdssåing kan gå bra (Conijn *et al.* 2002; Conijn & Taube 2004). I ei eng med glissent bestand kan det vere lett å få til god etablering av isådde artar, medan i eng med tett bestand er som oftast isåinga mislukka. I forsøk med våtsåing i Irland (Culleton & Murhpy 1987) og i Wales (Jones & Roberts 1989) vart frø av toårig raigras anten blanda i gjødseltanken, eller frøet vart breisådd først og deretter vart gjødsla breispreidd oppå. I Irland gav isåing kvar haust ei årleg meiravling på 18 % over fem år. I Wales var meiravlinga heile 30 % over tre år.

Vedlikeholdssåing med storfrøa artar som raigras, raisvingel og engsvingel, og raudkløver, kan vere eitt meir kostnadseffektivt alternativ til full fornying av grasmark. Men metoden bør berre nyttast i relativt ung eng, med etter måten glissent plantedekke og tynn grassvor. I økologisk drift er det spesielt viktig å oppretthalda tilstrekkeleg med kløver i enga for optimal avling utan mineralgjødning. Vedlikeholdssåinga må gjennomførast anten kvart år eller anna kvart år. Frømengda kan vere noko mindre enn ved vanleg fornying, frå halv til normal mengd. I dei fleste tilfelle er det mest aktuelt å utføre vedlikeholdssåinga tidleg på våren, eller rett etter første slått. Ein enkel metode for slik såing er å bløyte raigrasfrø over natta og tilsetje frøet til gjødseltanken ved spreining av husdyrgjødsel (Austrheim 2010). Ein annan enkel metode er å nytte ugrasharv påmontert såfrøutmatar. Det må vera tilstrekkeleg fuktigheit for spiring og etablering. Det er truleg ein fordel at det ikkje er for varmt og drivande ver, då det etablerte plantedekket veks fort og kveler spirene.

Om ein klarar å auke innhaldet av ønska artar, særleg kløver, med vedlikeholdssåing kan ein halde oppe avlingsnivået og kvaliteten på avlinga over lengre tid. Kostnadene med fullstendig fornying kan såleis fordelast over fleire år. Eit tett bestand av sådde artar kan også halde ugrasmengda nede med lite kjemisk ugraskamp. Vedlikeholdssåing kan vere særleg aktuelt på areal der full fornying er vanskeleg eller særleg kostbart (bratt terreng, steinfull jord, myrjord, erosjonsfare o.l.).

Kor lenge ein kan forlenge omløpstida med å vedlikeholdsa utan full fornying av enga er umuleg å gi eit konkret svar på, det kan variere mykje. Auka engalder vil normalt føre til mindre areal av open åker og det kan gi større utfordringar med omsyn til bruk og utnytting av husdyrgjødsel. At bonden har ein god praksis for bruk av husdyrgjødsel på eng, er nesten ein føresetnad for at lengre engomløp skal vere interessant. Ved å nytte våtsåing med nedfellar eller stripespreiar, kan ein oppnå å kombinere god husdyrgjødselhandtering med vedlikeholdssåing. Og dersom dette spreieutstyret vert kopla til slepeslangeutstyr, kan ein også redusere jordpakkinga.

5.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord

Eng og beite er dei driftsformene som har størst karbonbinding i jord ved tradisjonelle dyrkingsmetodar (Grønlund *et al.* 2010). Innhaldet av karbon i eng på mineraljord er i middel 20 tonn per dekar. Det finst ikkje data i Norge som syner om det skjer ein generell netto karbonbinding i langvarig eller i permanent eng- og beite. I svenske granskingar er det funne at årleg innlagring av karbon i beite kan vere om lag 30 kg C per dekar (Wahlander 2008). Det er grunn til å tru at bindinga av karbon er større i ung eng på grunn av større biomasseproduksjon enn i eldre grasmark. Fornyng av eng skjer vanlegvis etter pløying og anna jordarbeiding, ofte i omløp med åkervekstar. Auka karbonbinding som følgje av fornyinga vert langt på veg motverka av eit tap av karbon i ein periode med åkervekst. For å optimalisere karbonbindinga i eng bør difor fornyinga skje ved direktesåing av frø, utan jordarbeiding (Grønlund *et al.* 2010).

5.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar

Vedlikeholdssåing kan verke positivt på klimaet ved at ein reduserer behovet for jordarbeiding, og at eit lengre engomløp kan auke innhaldet av karbon i jorda. I klimameldinga frå Landbruks- og matdepartementet vert det lagt opp til premiering av direktesåing og redusert jordarbeiding for å redusere utslepp av klimagassar. Det kan gjere vedlikeholdssåing endå meir aktuelt framover.

Potensialet for utslippsreduksjon i form av karbonbinding kan være 200 - 300 kg CO₂ per dekar ved å utnytte marginale areal til gras og energivekstar (Briseid *et al.* 2008). Grønlund (2010) har vurdert effektar av omlegging frå åker til gras på bakkeplanert jord. Hans konklusjon er at dersom ei omlegging frå korn til gras skal gi reduserte netto klimagassutslepp, må det samstundes gjennomførast ei omlegging frå gras til korn på uplanert jord.

Mulegheita for reduksjon i klimagassutslepp med vedlikehaldsåing og fornying utan jordarbeiding er spesielt stort på myrjord. Klimagasstapet frå dyrka myr har Bioforsk estimert til om lag 3 tonn CO₂ per dekar (Briseid *et al.* 2008). Tapet er svært avhengig av det som veks på myrjorda. Dyrking av permanent eng og beite vil gi mindre tap enn kortvarig eng i omløp. Eit eventuelt krav om å berre nytte myrjord til langvarig grasproduksjon kan kanskje vere eit alternativ til forbod mot nydyrking av myr.

I ein svensk klimarapport står det mellom anna at myrjord står for ein stor del av det svenske jordbrukets utslepp av klimagassar (Kasimir-Klemedtsson & Lilliesköld 2000). Mindre jordarbeiding på slik jord vil kunne redusere utsleppa. I rapporten vert det sagt at utsleppa målt i CO₂-ekvivalentar kan verte dobla ved dyrking av eng og tredoblast ved dyrking av korn i høve til udyrka myr.

5.5. Kunnskapsbehov

Av omsyn til klimagassutslipp kan det være ønskeleg med ein større del langvarig grasmark. I Klimameldinga står det at LMD vil prioritere forskning omkring binding av karbon i eng og beite. Samstundes er det eit ønskje å nytte effektiv og miljøvenleg spreining av husdyrgjødsel, som nemnt i 4.5., som for enkelte spreieteknikkar i seg sjølv kan føra til auka behov for fornying. Vi har funne lite dokumentasjon av verknad på karbonlagring og klimagasstap av auka engalder, knytt til ulike jordartar. Vi treng å kunna rangera kor nyttig/viktig det er å ha ulike jordartar liggjande grasdekte. Det er viktig m.a. å finna knekkpunktet der minkande avling pga trakke- og pakkeskadar veg opp ulempene ved ompløying.

Vi treng meir kunnskap/utprøving av sikre metodar for vedlikehaldssåing og fornying av enga utan pløying, ikkje minst utan kjemisk brakking. Ei særleg utfordring, men og ein føremon om ein lukkast, er å kombinera miljøvenleg spreining og vedlikehaldssåing av engvekstar gjennom våtsåing. Særleg for belgvekstar treng vi kunnskap om verknad på avling/karbonbinding sett i samband med mogleg spart nitrogengjødsling.

6. Såing av åkervekstar etter redusert jordarbeiding

6.1. Definisjon og omfang av redusert jordarbeiding

Skøien (2010) definerer redusert jordarbeiding som jordarbeidingsmetodar utan haustpløying. Det vil seie at hans definisjon også omfattar vårpløying. Etter denne definisjonen vert over 50 % av kornarealet i Norge drevet med redusert jordarbeiding (Gundersen *et al.* 2009). Ein annan definisjon er at redusert jordarbeiding omfattar metodar som ikkje inkluderar pløying. Kor stor del av kornarealet i Norge som ikkje vert pløgd går ikkje fram av statistikk frå Statistisk Sentralbyrå. Eit anna omgrep som vert brukt er "endra jordarbeiding". Det er ofte relatert til endring i jordarbeiding frå haustpløying til meir miljøvennlege metodar og strategiar.

6.2. Såing av åkervekstar etter redusert jordarbeiding

Såing av åkervekstar etter redusert jordarbeiding kan vere vanskeleg på grunn av faktorar som ugrasmengd, pesticidbruk, jordstruktur, halmmengd og innhald av mykotoksinar i kornet. Riley (2010) har presentert resultat frå fire forsøksfelt med redusert jordarbeiding på Kise, Hedmark. Felta vart etablerte i 1977 og i 1980. Både avlingsresultat og jordanalysar tyder på at ein kan gjennomføre redusert jordarbeiding til korn over lang tid på moreneletteleire på Indre Austlandet utan at det hender drastiske endringar i avlingsnivå eller jordstruktur. Forsøka syner at redusert jordarbeiding har eit potensial for sparing av tidsbruk og investeringar, og at det også truleg er positivt for miljøet. Men ein ufråvikeleg føresetnad for å lukkast med jordarbeiding utan pløying er at ein klarar å halde fleirårige ugras under kontroll. I forsøka på Kise har kvekeproblemet minka med tida, men problemet med tunrapp har auka. I praksis vil det innebere årleg sprøyting med middel som glyfosat.

Også i Østfold og Akershus er det gjennomført langvarige forsøk med redusert jordarbeiding til korn (16-30 år). Utslaga for å ikkje pløye varierer mellom forsøksfelt og mellom periodar (Riley *et al.* 2009). Avlingsnedgangen for direktesåing i høve til haustpløying har vore i storleiksorden 10-15 %. I to forsøk i Trøndelag vart haustpløying, vårpløying og to system utan pløying samanlikna i 12-13 år (Riley *et al.* 2005). Avlingstapet etter dyrking av korn utan pløying var i middel for perioden 7 % på leirjord og heile 19 % på sandjord. I tillegg til avlingstap, kan redusert jordarbeiding, og særleg vårharving og direktesåing, føre til auka nivå av *Fusarium* og mykotoksinar i hausta korn (Brodal & Henriksen 2010).

6.3. Verknad av ulike tiltak på binding og lagring av karbon i jord

Redusert jordarbeiding utan pløying kan føre til auka innhald av organisk materiale i dei øvste jordsjiktet. I to forsøk på Kvithamar var innhaldet av organisk materiale i sjiktet 0-10 cm 4,16 % etter vårharving og direktesåing i 12-13 år mot 3,64 % etter haustpløying (Riley *et al.* 2005). Auke av innhaldet av organisk materiale, og dermed karboninnhaldet i jorda, kan ha positive effektar på jordstruktur og på jorda si evne til å halde på vatn. Også mengda og aktivitet til levande organismar kan auke. Det kan vere positivt for jorda si produksjonsevne, men det kan også bety at omsetjing av organisk materiale går fortare. Fordi det kan vere mange faktorar som påverkar omsetjinga av karbon, kan det vere vanskeleg å fastslå om redusert jordarbeiding til åkervekstar vil gi auka netto binding av karbon.

I Danmark har myndighetene valt å la endringar i jorda sitt innhald av karbon telje med i CO₂-rekneskapen (Kyoto, artikkel 3.3 og 3.4). Det er difor sterkt fokus på å finne kostnadseffektive dyrkingssystem som både kan auke innhaldet av karbon i jorda, og som samstundes har ein nøytral eller positiv verknad på utslepp av andre klimagassar (Munkholm *et al.* 2009). Dei danske strategiane for å auke bindinga av karbon går ut på å auke biomasseproduksjonen på arealet, minke bortføring av halm og planterestar og/eller å redusere omsetjinga av organisk materiale.

6.4. Verknad av ulike tiltak på utslepp av klimagassar

Tapet av CO₂ frå åkerjord på Austlandet er estimert til ca 200 kg dekar per år (Briseid *et al.* 2008). I same rapport er potensialet for utsleppsreduksjon ved endra jordarbeiding sett til 100-200 kg CO₂ per dekar. I danske forsøk med redusert jordarbeiding i vinterbygg vart utsleppet av klimagassar redusert med 56 kg CO₂-ekvivalentar per dekar etter bruk av rotorharv og 184 kg etter direktesåing samanlikna med tradisjonell pløying (Chatskikh *et al.* 2008). Det er viktig å velje metodar for redusert jordarbeiding som ikkje medfører meir jordpakking enn tradisjonell jordarbeiding. Auka pakking av jorda vil kunne gi større utslepp av lystgass. I Danmark er det utarbeidd informasjonsmaterieil om korleis redusert jordarbeiding i åkervekstar påverkar brennstofforbruk, arbeidsbehov og økonomi (Grøn Sørensen & Mortensen; Nielsen *et al.* 2004).

6.5. Kunnskapsbehov

Det er behov for meir kunnskap om korleis ulike former for redusert jordarbeiding i åkervekstar påverkar binding av karbon, og korleis jordarbeidingsmetodane verkar på pakking og dermed på tap av klimagassar.

7. Forslag til demonstrasjons- og pilotprosjekt

Noko av det vi saknar kunnskap om vil krevja undersøkingar som må gjerast av forskingsinstitutt, både pga behov for avanserte målingar og for kontroll med dyrkings-tilhøva slik at ein kan få pålitelege målingar. Våre forslag meiner vi kan gjennomførast innafor rammene av "Nasjonalt utviklingsprogram for klimatililtak i jordbruket", og tek sikte på å spreie kunnskap og motivera til å ta i bruk dyrkingsteknikk som kan gje reduserte klimagasstap.

- Storskalafelt med demonstrasjon av spreieteknikk for husdyrgjødsel, med fokus på jordpakking. Stripespreiing med tankvogn i to storleiker og slangetilførsel. Registrering av avling og jordpakking (målt med penetrometer). Slike felt kan leggast ut mange plassar.
- Pilotprosjekt med registrering av skade på plantedekke etter ulike spreieteknikk: stripespreiing, nedfelling med skålar og DGI. Tank må vera av lik storleik. Ein føremon om ein kan køyre både med og utan husdyrgjødsel. Tilgang til spreiestyr og fyrste gongs prøving av slike registreringar tilseier få felt, t.d. 2-3.
- Demonstrasjon av god/tilrådd teknikk for vedlikehaldssåing og fornying av eng utan pløying. Det er ein føremon om ein kan leggja det ut som storskala felt med registreringar av spiring/tilslag og avling, og såleis så både med og utan husdyrgjødselspreiing attåt. Husdyrgjødselspreiinga standardiserast som stripespreiing. Slike felt bør leggast ut mange stader, og ein bør koordinera utlegg slik at ein får prøvd opplegga på fleire jordartar.
- Storskala-/demonstrasjonsfelt med bruk av biogjødsel i nærleiken av aktuelle anlegg: Romerike/Oslo, Åna kretsfengsel, Lillehammer, Tomb i Østfold. Ein bør ha samanlikning med vanleg husdyrgjødsel, og vise spreining med breispreiar, stripespreiar og nedfellar. Med tanke på både demonstrasjonseffekt og enkel avlingsregistrering bør ein konsentrera seg om spreining til korn, og bør vurderer om ein og skal leggja inn ulike nedmoldingstid etter breispreiar. Storskalafelta kan/bør kombinerast med smårutefelt for betre kartlegging av gjødselverknad.
- Utprøving/demonstrasjon av såteknikk og husdyrgjødselspreiing ved redusert jordarbeiding til åkervekstar (redusert = utan pløying). Ein vel inntil to variantar av såteknikk og spreier husdyrgjødsel med stripespreiar og nedfellar. Attåt dette Agromiljø sin våtsångsteknikk. For å skilje ut jordpakkingseffekt køyrer ein både stripespreiing med tankvogn og med slangetilførsel (dvs Agromiljø utan såing). Enkel avlingsregistrering. Slike felt kan leggast ut fleire plassar.
- Energi- og tidsbruk med slangetilføring av husdyrgjødsel. Registreringar på to stader, ved spreining på eng. Éin vanleg gard med normal arrondering og transportavstand etter norske forhold, dvs noko leigejord. Éi eining med fleire lager og/eller mellomtransport i samband med spreininga.
- Storskala-/demonstrasjonsfelt i korn med ulike jordarbeidingsreiskap for redusert jordarbeiding etter husdyrgjødselspreiing, inkludert svartjordsnedfellar (nedmoldingsaggregat på tankvogna). Dette kan med fordel kombinerast med brei- og stripespreiing av husdyrgjødsel, og er mogleg å kombinera med småruteforsøk.

8. Referansar

- ALFAM. 2001. Ammonia Losses from Field-applied Animal Manure. Prosjektrapport. 110 s.
- Andersson, R., Bång, M., Frid, G. & Paulsson, R. 2010. Minskade växtnäringsförluster og växthusgasutsläpp til 2016 - forslag til handlingsprogram för jordbruket. Jordbruksverket. Rapport 2010:10. 52 s.
- Austrheim, L. 2010. Fleire metoder for direktesåing.
<http://hordaland.lr.no/nyhetsarkiv/2010/5521>
- Briseid, T., Grønlund, A., Harstad, O. M., Garmo, T., Volden, H. & Morken, J. 2008. Klimagasser fra landbruket. Utslippsreduksjoner, forslag til mål, tiltak og virkemidler. Bioforsk Rapport 3 (9). 41 s.
- Briseid, T., Morken, J. & Grønlund, A. 2010).Klimatiltak i jordbruket. Behandling av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall med mer i biogassanlegg. Bioforsk Rapport 5 (2).
- Brodal, G. & Henriksen, B. 2010. Moderne korndyrking - en trussel for trygg mat? Bioforsk FOKUS 3 (1): 60-61.
- Burton, C. H. & Turner, C. (eds.). 2003. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Silsoe Research Institute 2003. 451 pp.
- Chatskikh, D., Olesen, J. E., Hansen, E. M., Elsgaard, L. & Petersen, B. M. 2008. Effects of reduced tillage on net greenhouse gas fluxes from loamy sand soil under winter crops in Denmark. Agriculture, Ecosystems & Environment 128 (1-2): 117-126.
- Conijn, J. G., Velthof, G. L. & Taube, F. (eds.). 2002. Grassland resowing and grass-arable crop rotations. International Workshop on Agricultural and Environmental Issues, Wageningen. Report no. 47 Plant Research International B. V., Wageningen. 128 pp.
- Conijn, J. G. & Taube, F. (eds.). 2004. Grassland resowing and grass-arable crop rotations. Consequences for performance and environment. Second workshop of the EGF-Working Group "Grassland resowing and Grass-arable Rotations". Report no. 807 Plant Research International B. V., Wageningen. 78 pp.
- Culleton, N. & Murphy, W. E. 1987. Maintenance of Productivity Lolium multiflorum by Slurry Seeding. Irish Journal of Agricultural Research 26: 34-43.
- Cuttle, S. P. (ed.). 2007. An inventory of methods to control diffuse water pollution from agriculture (DWPA). IGER and ADAS 2007.
- Det Kongelige Landbruks- og matdepartement. 2008. Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen. St.meld. nr. 39(2008-2009). 176 s.
- Ehrnebo, M. 2005. Spridning av flytgjødsel. Jordbruksinformasjon 15-2005, Jordbruksverket. 24 s.

Eltun, R., Romstad, E. Øygarden, L. (red.). 2010. Kunnskapsstatus "Bedre agronomi". Bioforsk Rapport 5 (66).

Fogelberg, F. 2008. Flyttingselsådd høstraps kan ge 25 procent mer. www.jti.se

Grøn Sørensen, C. & Mortensen, H. S. 2004. Reduseret jordbearbejdning. Metoder og økonomi. Danmarks JordbrugsForskning. Grøn Viden Markbrug.

Grønlund, A., Knooth de Zarruk, K. & Rasse, D. 2010. Klimatiltak i jordbruket - binding av karbon i jordbruksjord. Bioforsk Rapport 5 (5).

Grønlund 2010). Omlegging fra åker til gras på bakkeplanert jord. Karbonlagring og klimagassutslipp. Bioforsk Rapport 5 (78). 32 s.

Gundersen, G. I. og Rognstad, O. 2001. Lagring og bruk av husdyrgjødsel. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Rapport 2001/39.

Gundersen, G. I., Snellingen Bye, A., Berge, G., Hoem, B. & Skjei Knudtsen, S. 2009. Jordbruk og miljø. Tilstand og utvikling 2009. Statistisk Sentralbyrå. Rapport 2009/37.

Halling, M. A. & Rodhe, L. 2010. Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment - benefit or crop damage. Grassland Science in Europe 15: 175-177.

Hansen, S., Bleken, M. A. & Sitaula, B. K. 2008. Effect of soil compaction and fertilization practise on N₂O and CH₄ oxidation. Publisher: Centre National de Ressources en Agriculture biologique, ENITA Clermond Ferrand.

Hansen, S., Morken, J., Nesheim, L., Koesling, M. & Fystro, G. 2009. Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel. Bioforsk Rapport 4 (188). 47 s.

Hatch, D. J., Chadwick, D. R., Jarvis, S. C. & Roker, J. A. (eds.). 2004. Controlling nitrogen flows and losses. Wageningen Academic Publishers. 624 pp.

Illerup, J. B. (ed.). 2007). Denmark's National Inventory Report 2007. Emission Inventories. National Environmental Research Institute. University of Aarhus. NERI Technical Report no. 632.

Jarvis, S. C. & Pain, B. F.(eds.). 1997). Gaseous nitrogen emissions from grasslands. CAB International. 452 pp.

Jones, E. L. & Roberts, J. E. 1989. Sward maintenance of Lolium multiflorum by slurry seeding. Grass and Forage Science 44 (1): 27-30.

Kasimir-Klemedtsson, Å. & M. Lilliesköld. 2000. Vexthusgasflöden från myrar och organogena jordar. Naturvårdsverket 2000. Rapport 5132.

Klima- og energiministeriet. 2010. National handlingsplan. For vedvarende energi Danmark. 115 s.

Klima- og Forurensingsdirektoratet. 2010. Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren. En rapport fra Klimakur 2020. Sektorrapport jordbruk TA-2593. 72 s.

Korsæth, A. (red.). 2010. Bærekraftig landbruk. Utfordringer, muligheter og kunnskapsbehov. Bioforsk Rapport 5 (3).

Lassen, J., Dugstad, I., Eduard, W., Johannesen, G. og Nesheim, L. 2009. Risikovurdering av helsefare ved spreiing av gylle. Uttalelse frå Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet. ISBN: 978-82-8082-340-3. 38 s.

Moorby, J. M., Chadwick, D. R., Scholefield, D., Chambers, B. J. & Williams, J. R. 2007. A review of research to identify best practise for reducing greenhouse gases from agriculture and land management. IGER and ADAS 2007. 75 pp.

Morken, J. 2003. Framskrivning av ammoniakkutslipp. ITF-Rapport nr. 125 (2003). 12 s.

Morken, J. 2007. Spredeteknologi for bløtgjødsel. IMT-Rapport nr. 20/2007. 11 s.

Morken, J. og Nesheim, L. 2004. Utnytting og tap av næringsstoff i husdyrgjødsel - framtidige utfordringer. Grønn kunnskap 8 (3): 51-64.

Munkholm, L. J., Møller Hansen, E., Petersen, B. M., Petersen, S. O. & Mutegi, J. K. 2009. Kulstoflagring i intensive planteproduksjonssystemer. Plantekongres 2009. Århus Universitet og Dansk Landbruksrådgiving. Side 323-324.

Nesheim, L. & Renolen, H. 1992. Fornying av grasmark utan pløying. Faginfo 1992 (24): 1-30.

Nesheim, L., Bakken, I., Jarstad, R., Kval-Engstad, O., Skretting, J., Vagle, A. & Vastveit, K. 2010. Våtsåing av eng- og åkervekstar. Bioforsk RAPPORT 5 (107): 1-27.

Nielsen, V., Mortensen, H. & Sørensen, K. 2004. Reduseret jordbearbejdning. Brændstoff og arbejdsinnsats. Danmarks JordbrugsForskning. Grøn Viden Markbrug.

Nørregaard Hansen, M. 2001. Reduktion af ammoniakfordampning ved nedfældning af gylle i græsafgrøder. Grøn Viden Markbrug nr 234, 2001, 8 s.

Nørregaard Hansen, M. 2008. Udbringning af husdyrgødning til græsmarker. Foredrag/presentasjon for rådgivere i Norsk Landbruksrådgiving.

Nørregaard Hansen, M. 2008. Effect of slurry acidification on emissions of the green-house gases methane and nitrous oxide from slurry storage facilities. AgroTech. 9 pp.

Nørregaard Hansen, M., Sommer, S.G., Hutchings, N.J. & Sørensen, P. 2008. Emmisionsfaktorer til beregning af ammoniakfordampning ved lagring og udbringning af husdyrgødning. DJF Husdyrbrug nr 84. 45 s.

Riley, H. 2010. Langvarige forsøk med redusert jordarbeiding på Kise: Resultater 2005-2009 sammenlignet med tidlige år. Bioforsk FOKUS 5 (2): 26-27.

Riley, H., Bleken, M. A. , Abrahamsen, S., Bergjord, A. K. & Bakken, A. k. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy lom soils in the cool, wet climate of central Norway. Soil & Tillage Research 80: 79-93.

Riley, H., Børresen, T. & Lindemark, P. O. 2009. Recent results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Sectin b - Soil and plant Science* 59: 362-372.

Rodhe, L. & Etana, A. 2003. Ytmyllning av flytgödsel til vall. JTI-rapport 315 2003, 45 s.

Rodhe, L. & Pell, M. 2005. Täckt ytmyllning av flytgödsel i vall - teknikutvekling, ammoniakkavgång, växthusgaser och avkastning. JTI-rapport 337 2005, 30 s.

Rodhe, L., Ascue, J., Tersmeden, M., Ringmar, A. & Nordberg, Å. 2008. Växthusgasemissioner från lager med nötflytgödsel. JTI-rapport 370, 2008, 70 s.

Skøien, S. 2010. Redusert jordarbeiding - omfang, fordeler og lempes. *Bioforsk FOKUS* 5 (2): 20-21.

Statistiska Centralbyrån 2010. Gödselmedel i jordbruket 2008/09. 102 s.

Sveinsson, Þ. & Sturlaugsdóttir, H. 2005. Direct Ground Injection of livestock slurry to grassland - the Iceland experience. I *Manure - and agronomic and environmental challenge*. NJF Report vol 1 no 2 2005. 129 s.

Tveitnes, S., Bruaset, A., Bærug, R. og Nesheim, L. 1993. Husdyrgjødsel. Statens fagtjeneste for landbruket. ISBN: 82-90598-10-6. 119 s.

Wahlander, J. (red.). 2008. Minska jordbrukets klimatpåverkan! Del 1. Introduktion och några åtgärder/styrmedel. Jordbruksverket. Rapport 2008:11.

Øygarden, L. Nesheim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., Korsæth, A., Krokann, K. & Stornes, O. K. 2009. Klimatiltak i jordbruket - mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. *Bioforsk Rapport* 4 (175). 78 s.

VEDLEGG 1: Sentrale utgreiingar og relevante dokument

Norge

- Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen. St.meld. nr. 39(2008-2009). (Det Kongelige Landbruks- og matdepartement 2008). 176 sider.
- Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren. En rapport fra Klimakur 2020. (Klima- og Forurensingsdirektoratet. Sektorrapport jordbruk TA-2593/2010). 72 sider.
- Klimagasser fra landbruket. Utslippsreduksjoner, forslag til mål, tiltak og virkemidler. Bioforsk Rapport 3 (9). (Briseid *et al.* 2008).
- Klimatiltak i landbruket - mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. Bioforsk Rapport 4 (175). (Øygarden *et al.* 2009).
- Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel. Bioforsk Rapport 4 (188). (Hansen *et al.* 2009).
- Jordbruk og miljø. Tilstand og utvikling 2009. Statistisk Sentralbyrå. Rapport 2009/37. (Gundersen *et al.* 2009).
- Klimatiltak i jordbruket. Behandling av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall med mer i biogassanlegg. Bioforsk Rapport 5 (2). (Briseid *et al.* 2010).
- Bærekraftig landbruk. utfordringer, muligheter og kunnskapsbehov. Bioforsk Rapport 5 (3). (Korsæth 2010).
- Klimatiltak i jordbruket - binding av karbon i jordbruksjord. Bioforsk Rapport 5 (5). (Grønlund *et al.* 2010).
- Kunnskapsstatus "Bedre agronomi". Bioforsk Rapport 5 (66). (Eltun *et al.* 2010).
- Omlegging fra åker til gras på bakkeplanert jord. Karbonlagring og klimagassutslipp. Bioforsk Rapport 5 (78). (Grønlund 2010).

Danmark

- Denmark's National Inventory Report 2007. Emission Inventories. National Environmental Research Institute. University of Aarhus. NERI Technical Report no. 632. (Illerup *et al.* 2007).
- National handlingsplan. For vedvarende energi Danmark. Klima- og energiministeriet 2010. 115 sider.

Sverige

- Minska jordbrukets klimatpåverkan! Del 1. Introduktion och några åtgärder/styrmedel. Jordbruksverket. Rapport 2008:11 (Wahlander 2008).
- Minskade växtnäringsförluster og växthusgasutsläpp til 2016 - forslag til handlingsprogram för jordbruket. Jordbruksverket. Rapport 2010:10. 52 sider. (Andersson *et al.* 2010).
- Vexthusgasflöden från myrar och organogena jordar. Naturvårdsverket 2000. Rapport 5132 (Kasimir-Klemedtsson & Lilliesköld 2000).

Storbritannia

- A review of research to identify best practise for reducing greenhouse gases from agriculture and land management. IGER and ADAS 2007. 75 pp. (Moorby *et al.* 2007).
- An inventory of methods to control diffuse water pollution from agriculture (DWPA). IGER and ADAS 2007. (Cuttle *et al.* 2007).
- Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Silsoe Research Institute 2003. 451 pp. (Burton & Turner 2003).
- Gaseous nitrogen emissions from grasslands. CAB International. 452 pp. (Jarvis & Pain 1997).
- Controlling nitrogen flows and losses. Wageningen Academic Publishers. 624 pp. (Hatch *et al.* 2004).