

Notat 2008–21

Karbon i norsk plante- og husdyrproduksjon

Helge Bonesmo
Otto Sjelmo



NILF
Norsk institutt for
landbruksøkonomisk forskning

Tittel	Karbon i norsk plante- og husdyrproduksjon
Forfattere	Helge Bonesmo, Otto Sjelmo
Prosjekt	Utredning om klimagasser fra jordbruket (L072)
Utgiver	Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF)
Utgiversted	Oslo
Utgivelsesår	2008
Antall sider	22
ISBN	978-82-7077-731-0
ISSN	0805-9691
Emneord:	Klimagasser, karbondioksid, metan, jordbruksprodukter, produksjonssystemer, historisk utvikling

Litt om NILF

- Forskning og utredning angående landbrukspolitikk, matvaresektor og -marked, foretaksøkonomi, nærings- og bygdeutvikling.
- Utarbeider nærings- og foretaksøkonomisk dokumentasjon innen landbruket; dette omfatter bl.a. sekretariatsarbeidet for Budsjett-nemnda for jordbruket og de årlige driftsgranskingene i jord- og skogbruk.
- Utvikler hjelpemidler for driftsplanlegging og regnskapsføring.
- Finansieres av Landbruks- og matdepartementet, Norges forskningsråd og gjennom oppdrag for offentlig og privat sektor.
- Hovedkontor i Oslo og distriktskontor i Bergen, Trondheim og Bodø.

Forord

Det er for tiden stor interesse for klimaendringer og de enkelte næringers bidrag til utslipp av klimagasser. Beslutninger omkring framtidig struktur og omfang av norsk jordbruk må være basert på kunnskap om jordbruksproduksjonenes netto klimagassutslipp. Jordbruksproduksjonens tap av karbon i form av klimagassen metan og jordbruksproduksjonenes evne til å lagre karbon i jorda varierer mellom de ulike produksjonssystemene. Dette notatet er et forsøk på å klarlegge karbonstrømmene for ulike produksjonssystemer i jordbruket. Notatet er utarbeidet i samband med et oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet og skal brukes i departementets arbeid med en stortingsmelding om klimapolitikk for landbruket. Notatet kan derfor bli et av flere grunnlag for framtidig tilpasning av norsk landbruksproduksjon for å redusere mulige, negative klimaeffekter.

Helge Bonesmo har vært prosjektleder og utført arbeidet sammen med Otto Sjelmo. Anne Bente Ellevold har klargjort notatet for trykking.

Oslo, oktober 2008
Ivar Pettersen

Innhold

SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING.....	3
2 METODE.....	5
3 RESULTATER.....	9
4 DISKUSJON.....	17
LITTERATUR	22

Sammendrag

Beregnet karbondioksid (CO₂) omdannet til organisk materiale av planter tilknyttet norsk jordbruksproduksjon var i 2005 mer enn 10 Mt. Veggen karbon tar fra CO₂ i atmosfæren via organisk stoff og tilbake til CO₂ varierer i forhold til hvilke jordbruksplanter som binder CO₂ og hvordan plantene anvendes i matproduksjonskjeden. I dette notatet presenteres en grov kvantifisering av karbonstrømmen for ulike produksjonssystemer i norsk jordbruk. Vi presenterer også en svært grov beregning av den historiske utviklingen i karbonstrømmene i norsk jordbruk. Data om produksjonssystemene er hovedsakelig hentet fra Budsjettnemnda for jordbruket (BFJ), Statens landbruksforvaltning (SLF), Statistisk sentralbyrå (SSB), Driftsgranskinger i jord- og skogbruk (NILF), Handbok for driftsplanlegging (NILF), K. K. Heje, Håndbok for jordbruket (Heje, 1998) og TINE Norske Meierier (TINE). Karboninnholdet i planter, både til mat og fôr, og i husdyrprodukter ble beregnet ved hjelp av metodikk utviklet i Japan. Karboninnholdet i husdyrgjødsel ble beregnet med utgangspunkt i amerikanske tall for mengde per dyr, tørrstoffprosent, nitrogenprosent og C/N forhold. Svært grove tall for karbontap i husdyras respirasjon ble fastsatt med basis i rapporten *Livestock's Long Shadow*. Metantap fra tarm og vom fra husdyr samt metanproduksjon i husdyrgjødsel ble beregnet etter SSB sitt klimaregnskap. Årlig produksjon av planteresidualer (røtter, stubb, halm) er beregnet ved hjelp av koeffisienter fra IPCC, Swedish Environmental Protection Agency og Umweltbundesamt.

Hovedkategoriene i norsk planteproduksjon er grasmark (flerårig) og åkerbruk (ettårig). Det var 6 549 800 daa grasmark og 3 631 747 daa åkerland i Norge i 2005 (tabell 3.1). Økonomisk avling var 2 741 000 tonn tørrstoff (t TS) for grasmark, i tillegg kommer utmarks- og fjellbeite, og 1 204 000 tonn TS for åkervekster. Planteresidualer ble anslått til å være 807 000 tonn TS i grasmark (røtter og stubb) og 1 424 000 tonn TS for åkervekstene (røtter, stubb og halm). Bare noe i underkant av 10 prosent av økonomisk planteproduksjonsavling gikk i 2005 direkte til menneskemat. I alt 910 000 t kraftfôr ble i 2005 gitt til drøvtyggere, det tilsvarer noe mer enn halvparten av den totale kraftfôrmengden til husdyrholdet i 2005. Den vesentligste delen av karbonstrømmen fra norsk planteproduksjon er derfor kanalisert til drøvtyggerne. Produksjonssystemenes evne til å omsette bundet karbon til produkter er ulik, og den andel av karbon som ikke finnes igjen i produkter eller tapes i ånding og metan, er også ulik. Drøvtyggersystemene tilførte i 2005 vesentlig mer karbon til jorda enn svin- og fjørfeproduksjonssystemene. I tillegg vil røtter og stubb fra grasmark være levende, slik at evnen til bygge opp og vedlikeholde en høy karbontilstand i jord vil være høyere for et grasmark - drøvtyggersystem enn et åkerlystkjøttssystem. Størrelsene på tilført karbon i avling og bortført karbon ble ikke like for 2005, det er verdt å merke seg at alle tall er estimerte størrelser beheftet med stor usikkerhet.

Jordbrukets sammensetning har blitt endret fra 1875 til 2005 (tabell 3.6). Det har blitt mindre grasmark, men mer åkerland. Økt intensitet, blant annet som følge av bruk av kunstgjødsel og kraftfôr, har resultert i sterk reduksjon i metanutslipp per kg vare eller per energienhet særlig i de drøvtyggerbaserte produksjonene. Valgene i forhold til styring av sammensetningen av norske matproduksjonssystemer er ikke åpenbare. Størrelsen på klimagassutslippene, og forholdet mellom klimagassene og utslippskilder fra jordbruket er bestemt av valg på flere av produksjonssystemets hierarkiske nivåer. Tilgjengelig metodikk som kan synliggjøre kompleksiteten og som kan danne grunnlag for veiledning av beslutningstakere må derfor utvikles for norske produksjonssystemer

1 Innledning

Beregnet karbondioksid (CO₂) omdannet til organisk materiale av planter tilknyttet norsk jordbruksproduksjon var i 2005 mer enn 10 Mt. Ved at CO₂ omdannes til organisk stoff bindes også energi fra sola i plantene. Denne prosessen benevnes som fotosyntesen. Matproduksjon med utgangspunkt i fotosyntesen er nødvendig for menneskelig eksistens. Det innebærer at den energi som er bundet i organisk stoff, må frigjøres til menneskelig vekst og aktivitet. Ved fysiologisk forbrenning for energi til vekst og aktivitet vil organisk stoff brytes ned, og CO₂ tilbakeføres til atmosfæren. Bare en mindre del av det karbon som er bundet i organisk stoff, vil imidlertid bli frigjort ved menneskelig fysiologisk forbrenning. Det meste av karbonet vil brytes ned ved andre organismeres forbrenning. Veggen karbon tar fra CO₂ i atmosfæren via organisk stoff og tilbake til CO₂ varierer i forhold til hvilke jordbruksplanter som binder CO₂ og hvordan plantene anvendes i matproduksjonskjeden. Produksjonssystemenes karbonstrømmer er altså ulike, og akkumulering av organisk stoff over lengre tid kan forekomme i enkelte systemer («carbon sequestration»). Dersom det akkumuleres karbon, altså mer blir bundet i fotosyntesen enn det som blir brutt ned ved ulike typer forbrenning, kan systemet karakteriseres som en karbon sink («carbon sink»). I noen matproduksjonssystemer omdannes imidlertid karbon i organisk stoff til metan (CH₄). Under norske forhold er det i gjødsel fra husdyrproduksjonene og i drøvtyggerne dette skjer. Som klimagass (gasser som bidrar til en høyere temperatur på jorda) er CH₄ vesentlig mer effektiv enn CO₂. I følge IPCC (2001) antas CH₄, i et hundreårsperspektiv, å være 23 ganger mer effektiv som klimagass enn CO₂. Om et jordbruksproduksjonssystem som danner metan skal være CO₂-sink eller CO₂-nøytralt må systemet altså akkumulere karbon tilsvarende minst 23 ganger karbon i det metan som dannes.

I dette notatet presenteres en grov kvantifisering av karbonstrømmen for ulike produksjonssystemer i norsk jordbruk. Effektiviteten til de ulike produksjonssystemene med hensyn til metan er indikert ved beregning av CO₂-ekvivalenter per produktenhet. Produksjonssystemets karbonlagringsevne («carbon pool») er forsøkt klarlagt ved en sammenstilling av karbonstrømmene for hovedsystemene i norsk jordbruksproduksjon. Vi presenterer også en svært grov beregning av den historiske utviklingen i karbonstrømmene i norsk jordbruk.

2 Metode

Utgangspunktet for beregningene er mengdedata knyttet til de ulike produksjonssystemene. Produksjonssystemene ble definert ut fra sluttproduktet: mat til mennesker. Vi har kategorisert systemene slik:

Akervekster til mat, etter planteslag

Matkorn

Potet

Kg velges som enhet, fordi vekt er brukt både for å angi avlingsstørrelse og delvis i forbindelse med mengde fôr.

Egg og mjølk

Eggproduksjon. I den delen av fjørfeholdet som står bak eggproduksjonen, er det liten kjøttproduksjon og svært liten omsetning av kjøtt. Hele karbonstrømmen tas derfor på egg. Også her er det naturlig å bruke kg som enhet.

Mjølkk. Siden mjølkeproduksjonen er avhengig av mordyr med påsett, belastes den også for den kjøttproduksjonen som skjer på mordyr med påsett. Liter mjølk er den måleenheten som til vanlig brukes, og den benyttes derfor også i disse beregningene.

Kjøtt, etter husdyrslag

I de beregningene som er gjort her, tas det ikke hensyn til at husdyrholdet gir mange biprodukter utenom hovedproduktene kjøtt og mjølk. I eventuelt framtidige beregninger kunne det være av interesse å klarlegge karbonstrømmen også til biproduktene. Kg kjøtt velges som enhet i beregningene, men kan lett omregnes etter energiinnhold, proteinmengde etc.

Storfe kjøtt fra mjølkekubesetninger. For å kunne produsere mjølk, trenges det mordyr med påsett. All kjøttproduksjon utenom de individene som trenges for å vedlikeholde mjølkeproduksjonen, regnes som kjøttproduksjon under betegnelsen «oksekjøtt», siden innslaget av kviger er relativt lite, og det er relativt liten forskjell på tilvekstegenskapene for unge okser og unge kviger.

Storfe kjøtt fra ammekubesetninger. Produksjon av storfe kjøtt fra ammekyr er forskjellig fra produksjon av storfe kjøtt fra mjølkekubesetninger, både p.g.a. forskjeller i fôring og i tilvekstegenskaper for kjøtt. For denne driftsformen er det naturlig å regne hele karbonstrømmen per kg kjøtt samlet for avlsdyr og avkom.

Sau- og lammekjøtt. Produksjonen av kjøtt på sau og lam foregår i store trekk som for ammekyr, og det er derfor naturlig å regne kjøtt fra avlsdyr og avkom samlet. I saueholdet er ull et tilleggsprodukt av betydelig mengde, men markedsverdien av ull er svært lav. Det er derfor ikke naturlig å behandle ull på annen måte enn huder og skinn av andre husdyr.

Svinekjøtt. Kjøttproduksjon på svin må kunne sammenlignes med kjøttproduksjon på ammekyr og sau. Også her vil det være naturlig å regne kjøtt fra avlsdyr og avkom samlet.

Fjørfekjøtt. I den delen av fjørfeholdet som står bak kjøttproduksjonen, er det naturlig å betrakte det på samme måte som annen spesialisert kjøttproduksjon.

Svinn

I mjølkeproduksjon brukes produsert mengde, siden TINE har tall også for den produserte mjølka som ikke blir omsatt. Også i kjøttproduksjon er produsert mengde større enn omsatt mengde, blant annet pga dødelighet i besetningene. Dette svinnet har vi ikke noe godt mål for, og det havner derfor i sekkeposten «avvik» i beregningene.

Kraftfor

Det er forskjellig førenhetskonsentrasjon i kraftfôr til forskjellige husdyrslag. Dette kan spille en viss rolle i fordelingen av kraftfôret mellom husdyrslag. Dette er det foreløpig ikke gjort beregninger på.

Datakilder

Data om produksjonssystemene er hovedsakelig hentet fra Budsjettnemnda for jordbruket (BFJ), Statens landbruksforvaltning (SLF), Statistisk sentralbyrå (SSB), Driftsgranskinger i jord- og skogbruk (NILF), Handbok for driftsplanlegging (NILF), K. K. Heje, Håndbok for jordbruket (Heje, 1998) og TINE Norske Meierier (TINE). I tabell 2.1 er datakilder vist for de forskjellige beregningselementene for hver epoke det er gjort beregninger for. For 1875 er datatilgangen mangelfull. Tidsrammen for prosjektet har ikke tillatt et større søk etter historiske data. For 1930 er datatilgangen bedre, og spesielt ble det en bedring da Totalkalkylen for jordbruket ble introdusert på midten av 1950-tallet.

Karboninnholdet i planter, både til mat og fôr, og i husdyrprodukter ble beregnet ved hjelp av metodikk utviklet i Japan (Laboratory of Renewable Energy and Resources, 2005). Metoden baseres på data fra standard fôrtabeller og næringsmiddeltabeller, estimeringsfeilen («error») er angitt til 10 til 15 prosent. Karboninnholdet i husdyrgjødsel ble beregnet med utgangspunkt i amerikanske tall for mengde per dyr, tørrstoffprosent, nitrogenprosent og C/N forhold (Klickitat County Solid Waste, 2005). Svært grove tall for karbontap i husdyras respirasjon ble fastsatt med basis i rapporten Livestock's Long Shadow (FAO, 2007). Metantap fra tarm og vom fra husdyr samt metanproduksjon i husdyrgjødsel ble beregnet etter Aasestad (2007). Årlig produksjon av planteresidualer (røtter, stubb, halm) er beregnet ved hjelp av koeffisienter fra IPCC, Swedish Environmental Protection Agency og Umweltbundesamt slik de er gjengitt av Aasestad (2007).

Tabell 2.1 Beregningselementer og datakilder for de utvalgte ara

	1875	1930	1955	2005
Areal- og avlingsdata	SSB (1875a)	SSB (1930a)	BFJ (1957)	BFJ (2007)
Svinn grovfor	Ikke beregnet	Ikke beregnet	BFJ (1957)	BFJ (2007)
Kraftformengde, tonn	SSB (1875b)	SSB (1930b)	BFJ (1957)	SLF (2006a)
Kraftformengde, FEm	Beregnet etter Heje (1998)	Beregnet etter Heje (1998)	BFJ (1957), Heje (1998)	SLF (2006a), Heje (1998)
Fordeling kraftfor etter husdyrslag	Beregnet	Beregnet	Beregnet	SLF (2006b), SLF (2006c)
Fordeling grovfor etter husdyrslag	Beregnet	Beregnet	BFJ (1957)	BFJ (2007)
Balansetall for husdyr	SSB (1875c)	SSB (1930c)	BFJ (1957)	BFJ (2007), SLF (2006)
Antall okser til slakt	Anslag i forhold til 1955	Anslag i forhold til 1955	Beregnet etter Homb (1981)	NILF (2006), Animalia (2006)
Antall kalver levert som slakt	Beregnet etter Homb (1970)	Beregnet etter Homb (1970)	Beregnet etter Homb (1970)	SLF (2006d)
Fordeling antall sau/lam	Fordelingsforhold som i 1955	Fordelingsforhold som i 1955	BFJ (1957)	NILF (2006)
Antall slaktede kyllinger	Ingen oppgaver	Ingen oppgaver	Ingen oppgaver	SLF, (2006c)
Mengde kjøtt	Anslag i forhold til 1930	SSB (1930d)	BFJ (1957)	BFJ (2007)
Mengde melk	Anslag i forhold til 1930	SSB (1930d)	BFJ (1957)	BFJ (2007), TINE (2006)
Fordeling kjøtt, okser/kviger/kalver	Fordelingsforhold som i 1955	Fordelingsforhold som i 1955	Beregnet etter Homb (1981)	NILF (2006)
Antall ungpurker til slakt	Beregnet som for 2005	Beregnet som for 2005	Beregnet som for 2005	NILF (2005)
Forforbruk per husdyrenhet	Beregnet etter fornormer som for 2005	Beregnet etter fornormer som for 2005	Beregnet etter fornormer som for 2005	NILF (2006), NILF (2005)
Antall verpehøner/høner til kyllingoppdrett	Bare verpehøner, ant. anslatt	Bare verpehøner	Bare verpehøner	Samvirkekylling (2008)

3 Resultater

Hovedkategoriene i norsk planteproduksjon er grasmark (flerårig) og åkerbruk (ettårig). Det var 6 549 800 daa grasmark og 3 631 747 daa åkerland i Norge i 2005 (tabell 3.1). Økonomisk avling var 2 741 000 tonn tørrstoff (t TS) for grasmark, i tillegg kommer utmarks- og fjellbeite, og 1 204 000 tonn TS for åkervekster. Planteresidualer ble anslått til å være 807 000 tonn TS i grasmark (røtter og stubb) og 1 424 000 tonn TS for åkervekstene (røtter, stubb og halm). Det er verdt å merke seg at mens åkerveksten er ettårige planter som dør ved høsting, er gras og kløver flerårige vekster som ikke dør ved høsting. Det kan derfor antas en langt lavere nedbrytningsrate for levende røtter og stubb hos gras enn for døde residualer hos åkervekster. Beregnet brutto C som CO₂-ekvivalenter som ble bundet i jordbruksplanter i 2005 var 10 342 000 t. Av dette var 6 134 000 t i gras og kløver, og 4 208 000 t i åkervekster. CO₂ bundet i frukt, bær og grønnsaker kommer i tillegg, men mengden er ikke beregnet.

Tabell 3.1 Areal (daa) og beregnet tørrstoff (TS), C og CO₂e i avling og residualer for ulike kategorier av jordbruksvekster i 2005

	Areal		Avling		Residualer		Totalt	
	daa	TS,t	C,t	CO ₂ e,t	TS,t	C,t	CO ₂ e,t	CO ₂ e,t
Utmarks- og fjellbeite		310 000	134 433	492 025				492 025
Kulturbete. Fulldyrket, natureng og overflatedyrket	2 175 400	485 870	210 700	771 162	242 935	105 350	385 581	1 156 743
Eng på fulldyrka jord, natureng og overflatedyrka eng	4 374 400	2 255 505	980 344	3 588 059	563 876	245 086	897 015	4 485 073
Grønnfor, rotvekster til for og korn til krossing	155 400	30 906	12 957	47 424	7 726	3 239	11 856	59 280
Bygg	1 632 987	506 977	212 928	779 316	608 372	255 513	935 179	1 714 494
Havre	741 557	242 578	110 106	402 988	315 351	143 138	523 885	926 873
Hvete og rug	897 568	342 809	153 727	562 642	445 651	199 846	731 435	1 294 077
Potet	137 300	69 625	29 326	107 335	27 850	11 731	42 934	150 268
Oljefrø	66 935	10 553	6 176	22 604	18 996	11 117	40 687	63 291
Sum	10 181 547	4 254 823	1 850 698	6 773 554	2 230 758	975 019	3 568 571	10 342 124

Bare noe i underkant av 10 prosent av økonomisk planteproduksjonsavling gikk i 2005 direkte til menneskemat (cash crop). All avling fra grasmark og grønnfôr og to tredjedeler av resterende åkervekster gikk til dyrefôr. Det norske matproduksjonssystemet kan derfor kategoriseres som husdyrbasert. I motsetning til enmaga dyr (gris og fjørfe) kan drøvtyggerne (storfe og sau) ved hjelp av bakterier i vomma nyttiggjøre seg energi og karbon i eng- og beitevekster til aktivitet og vekst. All karbon i grasmark går derfor til drøvtyggerbaserte matproduksjonssystem, med unntak av den del som går til fôring av hester. Drøvtyggerne fôres imidlertid ikke bare med engvekster, det har vist seg hensiktsmessig å tilleggsfôre drøvtyggerne med kraftfôr basert på åkervekster og andre råvarer. I alt 910 000 t kraftfôr ble i 2005 gitt til drøvtyggere, det tilsvarer noe mer enn halvparten av den totale kraftfôrmengden til husdyrholdet i 2005 (tabell 3.2). Den vesentligste delen av karbonstrømmen fra norsk planteproduksjon er derfor kanalisert til drøvtyggerne.

Tabell 3.2 Kraftfor etter ravarekategorier og kraftfor etter fordeling mellom dyregrupper i t, FEm, og C (t) og CO_{2e} (t) for 2005

	t	1000 FEm	C, t	CO_{2e},t
Fra norsk planteproduksjon	1 060 977		393 294	1 439 456
Fra andre norske ravarer	142 284		55 849	204 407
Fra importerte ravarer	494 236		226 656	829 561
Sum	1 697 497		675 799	2 473 424
Til drøvtyggere	909 964	919 345	365 226	1 336 728
Til svin	446 777	451 383	179 320	656 311
Til fjørfe	293 178	296 201	117 671	430 675
Til geit, kaniner, pelsdyr etc.	33 838	34 187	13 581	49 708
Sum	1 683 757	1 701 116	675 798	2 473 421

Av det karbon som ble tilført de husdyrbaserte matproduksjonssystemene i 2005, finnes den største andelen igjen i husdyrgjødsel, 724 000 t C, og ånding, 405 000 t C (tabell 3.3). Alminnelig agronomisk praksis er, etter nødvendig oppsamling og lagring, å tilføre husdyrgjødsel til produksjonsjorda, enten som overflatespredning på grasmark eller som nedmolding i åker. Denne praksis er hensiktsmessig i forhold til karbonstrømmen fordi den som gjødsel kan bidra til økt karbonbinding og fordi den kan bidra til et høyere karboninnhold i jorda (carbon sequestration). Husdyrprodukter til menneskeføde (194 000 t C) var den tredje største av de kvantifiserte kategoriene, men det er mulig at svinn i fôring og slakteavfall etc. kunne være større enn produktkategorien. Som den fjerde av de kvantifiserte karbonkategoriene i 2005 kom karbon i metan (85 000 t C). Metangass produseres av alle dyr i forbindelse med fordøyelsen av organisk materiale, av bakterier i vom og tarm hos drøvtyggere, og av bakterier i tarm hos enmaga dyr. Metangass dannes også i husdyrgjødsel, men mer i gjødsel fra de enmaga dyra enn i gjødsel fra drøvtyggerne. Etersom metangass har et svært høyt «global warming potential» (GWP), var imidlertid metangasskategorien beregnet som CO₂-ekvivalenter (2 603 000 t CO_{2e}) tilnærmet like stor som husdyrgjødselkategorien (2 650 000 t CO_{2e}), og også nesten 4 ganger større enn produktkategorien (710 000 CO_{2e}).

Tabell 3.3 Beregnet «output» av ulike kategorier av karbon som C (t) og CO₂e (t) fra ulike dyregrupper

	Dyr antall	Anding		Metan		Gjødsel		Produkt		Sum			
		C,t	CO ₂ ,t	CH ₂ ,t	CO ₂ ,t	TS,t	C,t	CO ₂ e,t	t	C,t	CO ₂ e,t	C,t	
Hester	27 250	8 637	31 637	1 189	27 354	51 994	24 957	91 343	465	64	233	34 550	
Okser, melkebuskap > 1	128 029	39 950	146 338	11 716	269 479	163 207	80 951	296 280	37 897	7 610	27 851	137 298	
Kviger, melkebuskap	141 946	44 293	162 244	11 429	262 859	180 947	89 750	328 485	4 781	1 107	4 053	143 721	
Kalver, melkebuskap < 1	265 347	19 559	71 644	4 994	114 862	61 501	30 504	111 646	2 067	287	1 051	54 096	
Melkekyr	265 927	84 940	311 135	40 189	924 340	462 264	229 283	839 176	26 183	5 258	19 243	349 622	
Melk									1 653 217	113 080	413 873	113 080	
Okser, kjøttfe > 1	31 835	9 934	36 388	2 913	67 008	37 068	16 903	61 864	9 869	1 982	7 253	31 003	
Kviger, kjøttfe	29 504	9 206	33 723	2 700	62 101	34 353	15 665	57 334	1 249	289	1 059	27 186	
Kalver, kjøttfe < 1	55 153	4 065	14 891	1 038	23 874	11 676	5 324	19 487				10 168	
Ammkyr	55 273	17 247	63 177	7 610	175 038	64 357	29 347	107 409	5 330	1 070	3 917	53 372	
Sauer < 1	302 252	21 536	78 888	4 738	108 977	27 580	11 915	43 608	20 574	4 814	17 620	41 819	
Sauer > 1	769 298	54 815	200 787	14 118	324 723	140 397	60 651	221 984	5 522	1 433	5 245	127 488	
Avlsgriser	100 000	15 479	56 700	494	11 355	19 812	8 598	31 470	7 812	2 328	8 520	26 776	
Slaktegriser	1 474 923	47 111	172 566	4 790	110 170	148 584	64 485	236 016	105 006	31 292	114 528	146 480	
Høner, egg	3 422 100	3 737	13 688	458	10 537	12 491	5 996	21 944	500	110	401	10 186	
Egg									50 702	11 449	41 902	11 449	
Høner, kjøtt	300 000	328	1 200	40	924	1 095	526	1 924	780	176	645	1 059	
Kyllinger, slaktede	41 819 570	22 833	83 639	4 390	100 967	91 585	43 961	160 896	40 816	7 469	27 338	77 556	
Ender, kalkuner og gjess	1 000 217	1 092	4 001	370	8 521	10 952	5 257	19 241	7 221	1 877	6 871	8 505	
Sum		404 762	1 482 646	113 178	84 883	2 603 090	1 519 864	724 073	2 650 108	1 979 991	191 695	701 603	1 405 413

Fordi metangass har et høyt GWP, altså er årsaken til at produksjonssystemet skaper flere CO₂e enn det binder, kan tilsynelatende CH₄-utslipp angitt i CO₂e per produktenhet være en indikator på produksjonssystemets klimapåvirkning. Egg gav på grunnlag av 2005-tallene lavest metanutslipp per produktenhet både som kg vare og på energibasis (tabell 3.4). Deretter fulgte melk om en regner per kg vare og på tredje plass kom de lyse kjøttslagene. Om det regnes på energibasis ble metanutslippene fra melk og lyst kjøtt omtrent like. Kjøtt fra drøvtyggere har et betydelige høyere metanutslipp enn lyst kjøtt. Kjøttproduksjon med utgangspunkt i melkebuskapsbesetninger vil imidlertid kunne gi rødt kjøtt med langt lavere metanutslipp per produktenhet enn spesialisert produksjon av drøvtyggerkjøtt. Dersom både melk og kjøtt fra melkekyr og ikke-påsatte kviger og oksekjøtt fra melkebuskaper tildeles metanutslipp i forhold til kg vare eller på energibasis, vil storfekjøtt fra melkebuskaper ha vesentlig lavere metanutslipp per produktenhet enn sauekjøtt og kjøtt basert på ammekusystemer. På kg varebasis hadde melk og kjøtt i kombinert produksjon faktisk lavere metanutslipp enn de lyse kjøttslagene i 2005.

Tabell 3.4 Beregnet metan i CO₂e (t), energi (Mcal) og mengde (t) for ulike kategorier av norske husdyrprodukter i 2005, samt metanproduksjon i CO₂e per energienhet og mengdeenhet

	Metan CO2 ekv	Mcal i produkt kjøtt, melk, egg	tonn produkt kjøtt, melk, egg	Metan CO2 ekv kg / kcal prod	Metan CO2 ekv kg / kg produkt
Oksekjøtt	326 910	77 206	39 964	4.23	8.18
Melk	1 244 629	1 107 655	1 653 217	1.12	0.75
Alt storfekjøtt i komb med melk		139 260	70 928	2.35	4.61
Kjøtt og melk fra melkeprod	1 571 540	1 246 915	1 724 145	1.26	0.91
Ammekjøtt	328 021	32 511	16 448	10.09	19.94
Sauekjøtt	433 701	67 498	26 096	6.43	16.62
Svinekjøtt	121 525	349 736	112 818	0.35	1.08
Egg	10 537	78 588	50 702	0.13	0.21
Kyllingkjøtt	82 531	69 387	40 816	1.19	2.02
Ender, kalkuner og gjess	8 521	21 663	7 221	0.39	1.18

Produksjonssystemenes evne til å omsette bundet karbon til produkter er ulik, og den andel av karbon som ikke finnes igjen i produkter eller tapes i ånding og metan er også ulik (tabell 3.5). Drøvtyggersystemene tilførte i 2005 vesentlig mer karbon til jorda enn svin- og fjørfeproduksjonssystemene. I tillegg vil røtter og stubb fra grasmark være levende, slik at evnen til bygge opp og vedlikeholde en høy karbontilstand i jord vil være høyere for et grasmark - drøvtyggersystem enn et åker - lystkjøttssystem. Størrelsene på tilført karbon i avling og bortført karbon ble ikke like for 2005, det er verdt å merke seg at alle tall er estimerte størrelser beheftet med stor usikkerhet.

Tabell 3.5 Beregnete verdier for karbonstrømmen i C (t) for jordbruksproduksjonen totalt og utvalgte produksjonstyper for 2005

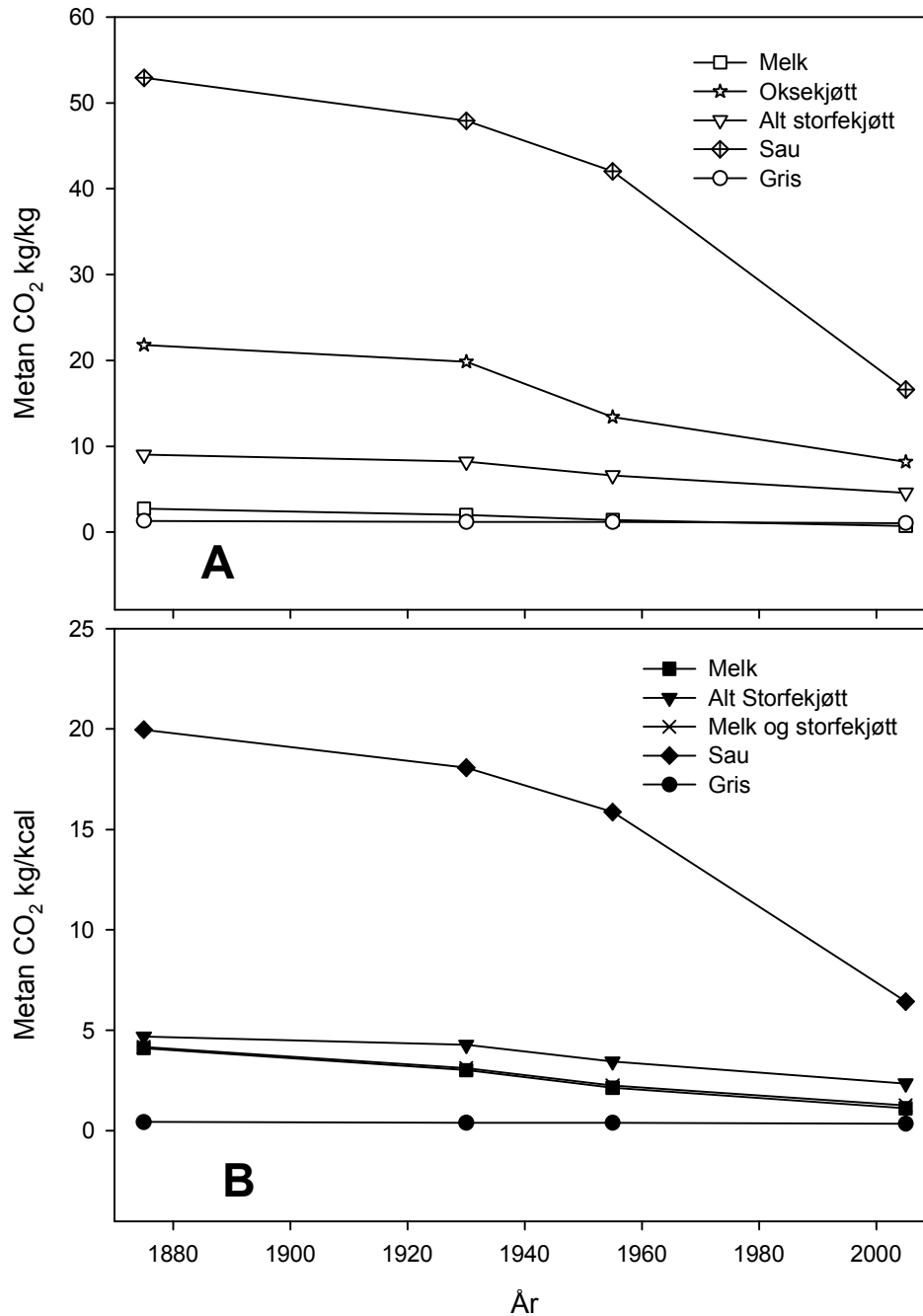
Alle tall: C, t		Totalt	Drøv- tyggere	Svin	Fjørfe	
Tilført	«Cash crop»	avling	118 970			
		residualer	141 721			
	Grovfor	avling	1 353 762	1 289 111		
		residualer	350 436	333 700		
	Kraftfor	avling	393 294	212 560	104 359	68 481
		residualer	468 506	253 198	124 316	81 577
		andre norske	55 849	30 183	14 819	9 724
		import	226 656	122 493	60 142	39 466
Sum, avling		2 148 530	1 654 337	179 320	117 671	
Bortført		Husdyrgjødsel	724 073	570 293	73 084	55 739
		Svinn grovfor	203 064	193 367		
		Produkt	312 897	136 930	33 620	21 081
		Anding, anim	404 762	305 545	62 590	27 990
		Metan, tarm	69 196	66 358	1 772	698
		Metan, gjødsel	15 687	9 726	2 191	3 246
		Avfall og biprod.	370 000	250 000	5 000	7 000
	Sum		2 099 680	1 532 220	178 256	115 754
Planteresid	(røtter, stubb,		960 663	586 898	124 316	81 577
Tilbakeført	halm)		724 073	570 293	73 084	55 739
	(husdyrgjødsel)					
Til nedbryting i jord			1 684 736	1 157 192	197 400	137 316

Jordbrukets sammensetning har blitt endret fra 1875 til 2005 (tabell 3.6). Det har blitt mindre grasmark, men mer åkerland. Antall svin og fjørfe har økt siden 1875, antall sauer har også økt siden 1875, mens det har blitt færre storfe siden 1930. Intensiteten i produksjonene har økt; avlinger per dekar har blitt høyere, slaktetilveksten har blitt høyere, og melkeytelsen per årsku har blitt høyere.

Tabell 3.6 Omfang og intensiteter for et utvalg av jordbruksproduksjoner for åra 1875, 1930, 1955, og 2005

		1875	1930	1955	2005
Omfang	Areal grovfor	7 379 000	7 519 000	7 499 122	6 705 200
	Areal korn, potet, oljevekster	2 307 000	2 224 000	2 474 645	3 476 347
	Ant. hester	151 903	177 000	143 800	27 250
	Ant. melkekyr	630 300	755 000	648 900	265 927
	Ant. sauer	893 742	808 000	909 000	1 071 550
	Ant. avlsgris	14 143	40 460	659 000	100 000
	Ant. høner, egg	1 400 000	2 929 000	3 718 000	3 422 100
Intensitet	FEm grovfor/daa	262	298	336	381
	Slaktevekt, okse, kg	120	130	150	296
	Melkeytelse, kg	1 126	1 576	2 456	6 217

Økt intensitet, blant annet som følge av bruk av kunstgjødsel og kraftfôr, har resultert i sterk reduksjon i metanutslipp per kg vare eller per energienhet særlig i de drøvtyggerbasererte produksjonene (figur 3.1).



Figur 3.1 Beregnet metan i CO₂e (t) og metanproduksjon i CO₂e per mengdeenhet (A) og energienhet (B) for åra 1875, 1930, 1955, og 2005

4 Diskusjon

Landbruksproduksjonen er årsak til direkte utslipp av klimagassene metan (CH_4) og lystgass (N_2O), henholdsvis 49 prosent og 48 prosent av Norges totale utslipp av disse gassene. Til sammen var utslippene fra jordbruket i 2006 omlag 9 prosent av Norges totale klimagassutslipp (St.prp. nr. 69 (2007–2008)). Størrelsen på klimagassutslippene, og forholdet mellom klimagassene og utslippskilder fra jordbruket er bestemt av valg på flere av produksjonssystemets hierarkiske nivå: type produksjon («cash crop», drøvtyggere, svin, fjørfe etc.), produksjonsform (bruk av beite, jordarbeidingsteknikk, økologisk etc.) og intensitet (gjødslingsnivå, melkeytelse, tilvekster etc.): Mens CH_4 - og N_2O -utslippene er beregnet til tilnærmet like størrelser i Norge er N_2O -utslippene vesentlig større enn CH_4 -utslippene i Sverige (Wahlander, 2008), antakelig fordi åkervekstproduksjonen i Sverige er mye større i forhold til husdyrproduksjonen enn den er i Norge. Et annet eksempel er at forholdet mellom CH_4 -utslipp fra gjødsel og CH_4 -utslipp fra vom og tarm («enteric») er beregnet lavere i Canada enn i Norge (Janzen et al. 2006). Det er biologiske sammenhenger mellom nitrogen og karbon i jordbruksproduksjonssystemene. Et eksempel er at høyere N-gjødslingsnivå gjerne fører til sterkere plantevekst og derfor mer binding av CO_2 . Karbonkretsløpet og nitrogenkretsløpet kan likevel for enkelhets skyld betraktes som to ulike kretsløp. For karbonkretsløpet i et jordbruksproduksjonssystem gjelder at CO_2 fanges opp i fotosyntesen og CO_2 frigjøres ved forbrenning, dersom ikke noe oppfanget karbon hadde blitt omdannet til CH_4 hadde derfor i utgangspunktet karbonkretsløpet vært klimanøytralt. Det totale CH_4 -utslippet beregnet på grunnlag av våre tall gav et noe lavere tall for enteric CH_4 , 2,1 Mt CO_2e , sammenliknet med svenske tall, 2,8 Mt CO_2e . En årsak kan være at det er flere melkekyr i Sverige enn i Norge. Utslippet av CH_4 fra gjødsellagring er beregnet til å være nokså like i Sverige og Norge, 0,5 Mt CO_2e (Wahlander 2008).

Livsløpsanalyse, Life Cycle Assessment (LCA), er en metode som blir brukt ved vurderingen av et produkts totale miljøvirkninger ved en sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer og utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produkt gjennom dets livsløp. LCA-metodikken er ISO standardisert. LCA-tall, med originalkilder, for klimabelastingen for matvareprodukter per kg produktenhet er gjengitt på Framtiden i våre hendes (FIVH) hjemmeside (<http://www.framtiden.no/>). Her er et utvalg: storfekjøtt melkebuskap 16 CO_2e , storfekjøtt ammekubuskap 25 CO_2e , fårekjøtt 17 CO_2e , melk 1 CO_2e . Disse tallene er ikke direkte sammenliknbare med våre tall fordi LCA-tallene inneholder alle klimagassutslipp. En svært grov sammenlikning vil likevel være mulig dersom vi for enkelhets skyld antar at CH_4 -utslippene og N_2O -utslippene er omtrent like store og utgjør hovedtyngden av klimagassutslippene. Med en slik tilnærming vil vårt tall for CH_4 -utslipp per kg oksekjøtt fra melkebuskap være på linje med tallet referert av FIVH. Tallene for storfekjøtt fra ammekubuskap og fårekjøtt avviker imidlertid fra våre tall. Dette kan skyldes ulike driftsopplegg, f.eks. er den typiske kjøttproduksjon fra ammekubuskaper gjerne på kastrater i andre land, mens den i Norge er basert på okser. Okser har raskere tilvekst enn kastrater, og kan føres mer intensivt slik at slaktealderen blir lavere enn hos kastrater som må føres mer ekstensivt for å unngå fett. En kjøttproduksjon på okser vil derfor kunne gi lavere CH_4 -utslipp per kg kjøtt enn kjøttproduksjon på kastrater. Eksempler som dette indikerer at LCA-tall fra andre land ikke kan antas å gjelde for norsk jordbruksproduksjon.

Beregning av klimagasser per produktenhet kan være en indikator på produktets klimabelastning, men kan også maskere sammenhenger. For eksempel viser beregninger for et utvalg på 46 melkeproduksjonsgårder fra alle verdensdeler at storskala, intensiv mel-

keproduksjon med høy avkastning per ku har minst klimapåvirkning (Hemme 2008). Lignende konklusjon kan kanskje også dras under norske forhold dersom det ikke hadde vært behov for storfekjøtt i like stor grad som nå, og at alternative matvarer kunne blitt produsert med lavere klimabelastning. Både våre tall og internasjonale tall referert av FIVH viser at storfekjøtt fra melkebruket har en vesentlig lavere klimabelastning enn ammekubasert storfekjøtt. En intensivering av melkeproduksjonen vil gi færre kyr og dermed også færre kalver for påsett til kjøttproduksjon. Ved et gitt produksjonsomfang av storfekjøtt bør altså den samla gevinsten av nedgang i klimagassutslipp ved høyere melkeytelse og den mer effektive kjøttproduksjonen på ammekubuskaper være større enn gevinsten ved kombinert storfekjøtt- og melkeproduksjon om høyere intensitet i melkeproduksjon skal kunne gi en klimamessig gevinst. Dersom den lavere kjøttproduksjonen kunne bli erstattet av annen og mindre klimabelastende mat, ville intensitetsøkningen i melkeproduksjonen ha en god effekt. En samla vurdering av jordbruksproduksjonenes klimavirkning er derfor nødvendig.

I tillegg til å maskere kompleksiteten i et så sammensatt produksjonssystem som primærleddet i matvarekjeden, hvor det er flere output i samme system, tar heller ikke LCA-beregningene referert av FIVH eller Hemme (2008) sine beregninger hensyn til den positive klimaeffekten i biologiske system som følge av karboninnlagring i jord. En EU-finansiert undersøkelse fant at i ni undersøkte drøvtygger-/grasmarksystemer veide innlagring av karbon i grasmarka opp for klimagassutslipp slik at drøvtyggersystemene var klimanøytrale (Sousanna et al. 2007). Svenske målinger, fra 1992 til 2002, viser også høy karboninnlagring i grasmark (Wahlander 2008); netto karbonbinding i svensk grasmark tilsvarer 0,5 – 1 Mt CO₂e hvert år.

Globalt sett er grasmark en betydelig karbonbinder, Wahlander (2008) oppgir flere vitenskaplige referanser på dette, og mer enn 10 prosent av alt karbon i biosfæren finnes i grasmark. Artikkel 3.4 av Kyotoprotokollen tillater beregninger av karbonlagring i grasmark som en del av GHG-regnskapet, men dette er ennå ikke vurdert på Europeisk nivå. For Frankrike har imidlertid INRA beregnet karboninnlagring i grasmark til å kompensere for halvparten av drøvtyggenes utslipp av CH₄ og N₂O i tillegg til N (Sarzeaud 2008). Brasilianerne har også beregnet at deres storfekjøttproduksjon ikke er klimabelastende fordi det er så store grasarealer bak hver enhet (de Zen 2008). Tilsvarende regnestykker er vanskelig å sette opp for norsk melke- og storfekjøttproduksjon fordi omfattende målinger av karbonlagring i norsk grasmark ikke finnes.

Flerårig grasmark og ettårige åkerkulturer er ulike i forhold til karbonstrømmer. Grasmark har levende røtter og stubb etter høsting, dessuten høstes eller beites grasmark på et «grønt» stadium slik at det ikke er tap av karbon i forbindelse med modning, mens alle åkervekster har betydelige perioder, både etter såing, modning og høsting hvor det er karbontap fra jord (Soegaard et al. 2003). I norsk åkerbruk er det påvist nedgang i karboninnhold, selv etter mange år med åkerdrift (Riley & Bakkegard 2006). Internasjonalt har det vært mye fokus på «ingen jordarbeidings-» /«no-till-»metoder for å redusere karbontap; omfanget av «no till»-praksisen er størst i Nord- og Sør-Amerika (Huggins & Reganold 2008). I Canada er det beregnet en sterk årlig økning i jordbruksjordens karboninnhold på grunn av omlegging til redusert jordarbeiding (Janzen et al. 2006).

Planteproduksjonstyper og driftsformer i planteproduksjonen som har et potensial for økt karboninnhold i norsk jordbruk er grundig drøftet av Singh & Lal (2005): Redusert jordarbeiding, tilpasset gjødsling, riktig behandling av planteresidualer, erosjonsreduserende tiltak, og myrrestaurering ble i sum anslått til å kunne øke karboninnlagring i jord med opptil 1,0 Mt C per år (tilsvarende 3,66 Mt CO₂e).

Endringer i sammensetningen av jordbruksproduksjonen har gitt endringer i klimagassutslippene fra landbruket. Å kjenne den historiske utviklingen kan være nyttig for å kunne tenke seg et framtidig forløp. Kander (2008) har beregnet klimagassutslippene fra svensk jordbruk og skogbruk for åra 1800, 1870, 1930, og 2000. Av de fire åra hadde

1930 høyeste beregna klimagassutslipp fra jordbruket. Både utslipp av CH₄ og N₂O var høyest i 1930. Da var det størst antall drøvtyggere og mest nydyrking av myr. Våre tall viser også at vi har hatt en topp i totale metanutslipp fra jordbruksproduksjonene fra 1930 til 1955. Det var flere storfe i 1930 enn i 1955, men det totale omfanget i produksjonen var større i 1955, slik at for våre undersøkte år får vi en «omvendt U» med oppgang til 1930, så utflating til 1955, og nedgang i utslipp til 2005. Effektiviteten, altså CH₄-utslipp per produktenhet har imidlertid blitt bedre for alle år fra 1875.

Valgene i forhold til styring av sammensetningen av norske matproduksjonssystemer er ikke åpenbare. Størrelsen på klimagassutslippene, og forholdet mellom klimagassene og utslippskilder fra jordbruket er bestemt av valg på flere av produksjonssystemets hierarkiske nivåer. Tilgjengelig metodikk som kan synliggjøre kompleksiteten og som kan danne grunnlag for veiledning av beslutningstakere må derfor tilpasses norske produksjonssystemer. Standard LCA-beregninger gir ikke adekvate svar på slike «what if» spørsmål (Williams & Audsley 2008), men strukturen i en Canadisk GHG-utslippsmodell (Janzen et al. 2006), som er laget for slike formål, kan være et godt utgangspunkt for å kunne framskaffe helhetlige svar.

Litteratur

- Animalia, 2006. *Storfekjøttkontrollen årsmelding 2005*. Oslo
- BFJ, 1957. *Jordbrukets totalregnskap 1955/56 og 1956/57*. Budsjettnemnda for jordbruket, Oslo
- BFJ, 2007. *Jordbrukets totalregnskap 2005*. Budsjettnemnda for jordbruket, Oslo
- De Zen, S. 2008. Country report, Agri Benchmark Beef Conference, Brasilia, http://www.agribenchmark.org/beef_results_sector_country_pres.html
- FAO. 2007. *Livestock's long shadow, environmental issues and options* (<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>)
- Heje, K.K., 1998. *Håndbok for jordbruket*. Landbruksforlaget, Oslo
- Hemme, T. (2008). *Economic perspectives on climate change* (<http://www.sustainabledairyfarming.com/NR/rdonlyres/10C44598-5B22-4409-B4B3-581AA61BC7CF/0/EconomicperspectivesonclimatechangeTorstenHemme.pdf>)
- Homb, T., 1970. *Produksjon av storfekjøtt*. Norges landbrukshøgskole 1970, NLH-Ås
- Homb, T., 1981. *Produksjon av storfekjøtt*. Norges landbrukshøgskole 1981, NLH-Ås
- Huggins, D.R. & J.P. Reganold 2008. No-Till: the quiet revolution. *Scientific American* Vol. 299 No. 1 (juli 2008) s. 50-57.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001. Third Assessment Report: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/248.htm
- Janzen, H.H., D.A. Angers, M. Boehm, M. Bolinder, R.L. Desjardins, J.A. Dyer, B.H. Ellert, D.J. Gibb, E.G. Gregorich, B.L. Helgason, R. Lemke, D. Masse, S.M. McGinn, T.A. McAllister, N. Newlands, E. Pattey, P., Rochette, W. Smith, A.J. Vanden Bygaart, and H. Wang. 2006. *A proposed approach to estimate and reduce net greenhouse gas emissions from whole farms*. *Can. J. Soil Sci.* 86: 401-418.
- Kander, A. 2008. *Is it simply getting worse? Agriculture and Swedish greenhouse gas emissions over 200 years*. *Economic History Review* 61 (4): 773-797.
- Klickitat County Solid Waste. 2005. *Composting livestock manure*. (<http://www.klickitatcounty.org/SolidWaste/ContentROne.asp?fContentIdSelected=313956151&fCategoryIdSelected=965105457>)
- Laboratory of Renewable Energy and Resources. 2005. *Estimation method for the total carbon content of various types of biomass*. (<http://nkk.naro.affrc.go.jp/eng/topics/reseach/2005/15.pdf>)
- NILF, 2005. *Driftsgranskinger i jord- og skogbruk 2005*. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo
- NILF, 2005. *Handbok i driftsplanlegging 2005/2006*. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo
- Riley, H. & M Bakkegard 2006. *Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway*. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56. 217-223
- Samvirkekylling, 2008. Informasjon per telefon, juni 2008. Nortura samvirkekylling.
- Sarzeaud, P., A. Pflimlin, C. Perrot & F. Becherel F. 2008. *Diversity of beef farming systems and grassland use in Europe*. EGF Uppsala Sweden.

- Singh B.R. and R. Lal. 2005. *The potential of soil carbon sequestration through improved management practices in Norway*. Environ.Devel. and Sustainability. 7:161–184.
- SLF, 2006a. <http://www.slf.dep.no/iKnowBase/Content/4967/Råvareforbruk%20til%20kraftfôrproduksjon%202005.doc>. Lastet ned juni 2008. Statens landbruksforvaltning, Oslo
- SLF, 2006b. <http://www.slf.dep.no/iKnowBase/Content/4913/Salg%20kraftfor%202005.xls>. Lastet ned juni 2008. Statens landbruksforvaltning, Oslo
- SLF, 2006c. <http://32.247.61.17/skf/prodrapp.htm>. Lastet ned juni 2008. Statens landbruksforvaltning, Oslo
- SLF, 2006d. <http://32.247.61.17/skf/levregrapp.htm>. Lastet ned juni 2008. Statens landbruksforvaltning, Oslo
- Soegaard, H., N.O. Jensen, E. Boegh, C.B. Hasager, K. Schelde, A. Thomsen 2003. *Carbon dioxide exchange over agricultural landscape using eddy correlation and footprint modelling*. Agricultural and Forest Meteorology 114. 115-173.
- Soussana, J.F., V. Allard, K. Pilegaard, P. Ambus, C. Amman, C. Campbell, E. Ceschia, J. Clifton-Brown, S. Czobel, R. Domingues, et al. 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites Agriculture, Ecosystems and Environment 121, 121–134.
- SSB, 1875a. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/tabeller/14-14-7t.txt. Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- SSB, 1875b. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/aarbok/1880.pdf. Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- SSB, 1930a. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/tabeller/14-14-7t.txt, 1929. Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- SSB, 1930b. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/tabeller/14-14-8t.txt. 1926-30. Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- SSB, 1930c. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/tabeller/14-14-11.txt. 1929. Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- SSB, 1930d. http://www.ssb.no/emner/historisk_statistikk/tabeller/14-14-12.txt. 1927-28 Lastet ned juni 2008. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- St.prp. nr. 69 (2007–2008). *Om jordbruksoppjøret*.
- TINE, 2006. *Kukontrollen 2005*. Tine norske meierier, Ås.
- Wahlander, J. 2008. *Minska jordbrukets klimatpåverkan! Del 1. Introduktion och några åtgärder/ styrmedel*. Jorbruksverket, rapport 2008: 11. 105 pp
- Williams, A., & E. Audsley. 2008. *A systems modelling approach to life cycle inventories of agricultural and horticultural production*. Workshop at the society of chemical industry, London on 6 February 2008, «Measuring green» – does LCA make sense for food?
- Aasestad, K. 2007. *The Norwegian Emission Inventory 2007*. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Report 2007/38. Statistics Norway. ISBN 978-82-537-7262-2.