

UDVIKLINGEN I KVÆLSTOFUDVASKNING OG NÆRINGSSTOF- OVERSKUD FRA DANSK LANDBRUG FOR PERIODEN 2007-2011

Evaluering af implementerede virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning samt
en fremskrivning af planlagte virkemidlers effekt frem til 2015

CHRISTEN DUUS BØRGESEN, POUL NORDEMANN JENSEN, GITTE BLICHER-MATHIESEN OG
KIRSTEN SCHELDE (EDITORS)

DCA RAPPORT NR. 031 · DECEMBER 2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



UDVIKLINGEN I KVÆLSTOFUDVASKNING OG NÆRINGSSTOFOVERSKUD FRA DANSK LANDBRUG FOR PERIODEN 2007-2011

Evaluering af implementerede virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning
samt en fremskrivning af planlagte virkemidlers effekt frem til 2015

DCA RAPPORT NR. 031 · DECEMBER 2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Christens Duus Børgesen¹⁾, Poul Nordemann Jensen²⁾, Gitte Blicher-Mathiesen²⁾ og Kirsten Schelde¹⁾ (Editors)

Aarhus Universitet

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug¹⁾

Blichers Allé 20

8830 Tjele

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi²⁾

Frederiksborgvej 399

4000 Roskilde

UDVIKLINGEN I KVÆLSTOFUDVASKNING OG NÆRINGSSTOFOVERSKUD FRA DANSK LANDBRUG FOR PERIODEN 2007-2011

Evaluering af implementerede virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning samt en fremskrivning af planlagte virkemidlers effekt frem til 2015

Serietitel	DCA rapport
Nr.:	031
Forfattere:	Christen Duus Børgesen, Poul Nordemann Jensen, Gitte Blicher-Mathiesen og Kirsten Schelde (Editors) samt Ruth Grant, Finn P. Vinther, Ingrid K. Thomsen, Elly Møller Hansen, Inge T. Kristensen, Peter Sørensen og Hanne Damgaard Poulsen
Udgiver:	DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk, hjemmeside: www.dca.au.dk
Rekvirent:	NaturErhvervstyrelsen og Miljøstyrelsen
Fotograf:	DCA foto.
Tryk:	www.digisource.dk
Udgivelsesår:	2013
	Gengivelse er tilladt med kildeangivelse
ISBN:	978-87-92869-72-2
ISSN:	2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Videnskabelig rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

Forord

Som opfølgning på midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III (VMPIII), hvor effekten af iværksatte indsatser blev evalueret for perioden 2004-2007, har NaturErhvervstyrelsen (NAER) hos DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug bestilt en evaluering af kvælstofvirkemidler i Grøn Vækst-aftalen for perioden 2008-2011. Desuden har Miljøstyrelsen hos DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi bestilt en evaluering af implementeringen af Nitratdirektivet for samme periode.

Evalueringen skal omfatte de fire år 2008-2011, samt 2007 som et overlappende år til VMPIII. Endvidere ønskes et estimat på udvaskningen af kvælstof frem til 2015, hvor også effekten af randzoner og andre planlagte virkemidler ønskes indregnet, idet Nitratdirektivet foreskriver, at der skal foretages en vurdering af kvælstofudvaskningen frem mod 2015.

Af bestillingen fremgår bl.a., at rapporten ”skal give en vurdering af den opnåede effekt af de enkelte virkemidler. Endvidere ønskes en vurdering af den samlede udvaskning af kvælstof fra rodzonen, som blev beregnet under VMPIII. Afsluttende ønskes en beregning af fosforoverskuddet og virkemidlernes samlede effekt på fosfortabet som under VMP III”.

Indhold

Forord	3
Sammenfatning	7
0.1 Generelle usikkerheder ved opgørelse af kvælstofudvaskning og ændringer på landsplan.....	14
1. Udviklingen i landbrugsarealet.....	16
1.1 Det dyrkede areal	16
1.2 Areal uden kvote	16
1.3 Korn, bælgsæd og rodfrugt.....	19
1.4 Græs og grøntfoder.....	19
2. Udviklingen i husdyrhold og gødningsforbrug 2007-2011.....	20
2.1 Husdyrholdet	20
2.2 Forbrug af husdyr- og handelsgødning.....	21
2.2.1 Kvælstof	21
2.2.2 Fosfor	21
2.3 Anden organisk gødning	23
2.4 Kvælstofkvoten på landsplan.....	23
3. Virkemidler - udvikling og effekt 2007-2011.....	25
3.1 Teknisk justering af normsystemet mht. nedgang i dyrket areal	25
3.2 Energiafgrøder.....	27
3.3 Efterafgrøder.....	28
3.4 Alternativer til efterafgrøder	31
3.5 Slæt i stedet for afgræsning.....	32
3.6 Vådområder med kvælstofeffekt.....	33
3.7 Udvikling i etablering af skovarealet (privat og offentlig)	35
3.8 Udviklingen i det økologisk dyrkede areal.....	36
3.9 Udvikling i landdistriktsprogrammet, plejeordninger mm.....	37
3.10 Biogas - forbrug af forarbejdet husdyrgødning.....	39
3.11 Resumé for perioden 2007-2011.....	41
4. Virkemidler - fremskrivning og effekt 2012-2015	43
4.1 Teknisk justering af normsystemet mht. nedgang i dyrket areal	43
4.2 Energiafgrøder.....	43
4.3 Yderligere efterafgrøder	44
4.4 Alternativer til efterafgrøder	45
4.5 Dyrkningsrelaterede virkemidler	45

4.6 Vådområder med kvælstofeffekt.....	48
4.7 Udvikling i etablering af skovarealet (privat og offentlig)	49
4.8 Udvikling i det økologisk dyrkede areal.....	49
4.9 Biogas - forbrug af forarbejdet husdyrgødning.....	50
4.10 Randzoner	50
4.11 Pleje af græsarealer på prioriterede naturarealer.....	54
4.12 Resumé for perioden 2012-2015	54
5. Kvælstof- og fosforoverskud, balanceberegninger på landsniveau	56
5.1 Kvælstofbalancer	56
5.2 Fosforbalancer	57
6. Kvælstof- og fosfortab	59
6.1 Fosfortab.....	59
6.2 Kvælstoftab	63
6.3 Beregning af kvælstofudvaskning på landsplan 2007-2011	66
Referencer	69
Bilag A. Gruppering af NAER-koder og afvigelser fra Danmarks Statistik	73
Bilag B. Handelsgødningsforbrug, iflg. gødningsregnskaber 2003-2011	75
Bilag C. Vand og naturindsats opnået under ”Miljømilliard” puljen	78
Bilag D. Afgrødefordeling inden for 10 m randzone for årene 2008-2012.	79
Bilag E. Randzonebredde	81
Bilag F. Aftale om Grøn Vækst 2.0	83

Appendix

Baggrundsnotat 1. Efterafgrøder

Baggrundsnotat 2. Jordbearbejdning

Baggrundsnotat 3. Opskalering af kvælstofudvaskning fra Landovervågningsprogrammet til landsplan

Baggrundsnotat 4. Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for 2007-2011

Sammenfatning

Grøn Vækst-aftalen fra 16. juni 2009 (opdateret april 2010; bilag F) udgør en miljø- og naturplan frem mod 2020. Med planen forventes, at Danmark lever op til sine forpligtigelser i EU's Vandramme- og Natura 2000-direktiver, ligesom planen følger op på Vandmiljøplan III og Pesticidplan 2004-2009.

Grøn Vækst-aftalen indeholder en ny målsætning om reduktion i udledningen af kvælstof til havet på i alt 19.000 ton N/år. I aftalen er der skitseret virkemidler til en samlet effekt på 9.000 ton N/år. De resterende 10.000 ton N i reduktion blev henvist til udvikling af et system med omsættelige kvoter.

Med Grøn Vækst-aftalen blev VMPIII virkemidlerne for kvælstof videreført (teknisk justering af norm-systemet; udlægning af 50.000 ha randzoner; skærpelse af de generelle krav til efterafgrøder; øget udnyttelse af husdyrgødning; skovrejsning og MVJ). I Grøn Vækst-aftalen blev målene for vådområder øget til 10.000 ha mod 4.000 ha i VMPIII aftalen.

Desuden indeholder Grøn Vækst-aftalen nye initiativer, som omfatter tilskud til udlægning af 3.000 ha ådale, en skærpelse af tidspunkter for jordbearbejdning og tidspunkt for ompløjning af fodergræs i efteråret, samt neutralisering af kvælstofeffekten ved udtagning af landbrugsjord til veje, byer og natur. For efterafgrøder er der i Grøn Vækst-aftalen foretaget en præcisering i reglerne, hvilket omfatter en afvikling af regel om, at vintergrønne marker kunne erstatte efterafgrøder, introduktion af valg mellem udlæg af efterafgrøder og sænket kvælstofnorm samt vedtagelse af, at der yderligere skal udlægges 140.000 ha med efterafgrøder til opfyldelse af miljømål i oplande til fjorde med for stor kvælstofbelastning.

For fosfor var der i VMPIII-aftalen et mål om, at fosforbalancen for landbrugserhvervet skulle reduceres med 25 % i 2009 og 50 % i 2015 set i forhold til balancen opgjort i 2001/02. Denne målsætning blev ikke videreført i Grøn Vækst. I Grøn Vækst er der et mål om at reducere den årlige fosforudledning til vandmiljøet med 210 ton fosfor.

Denne rapport indeholder en beregning af udviklingen af landbrugets kvælstofudvaskning fra rodzonen i perioden 2007-11, dvs. en overvejende effekt af den generelle udvikling i landbrugets arealanvendelse og kvælstofgødskning og effekten af virkemidlet teknisk justering af normsystemet, samt generelt øgede krav til efterafgrøder fra VMPIII, der blev implementeret i denne periode. Det er kun Grøn Vækst-virkemidlet vedr. afvikling af reglen om, at vintergrønne marker kunne erstatte efterafgrøder, der er implementeret i denne periode. De øvrige virkemidler i Grøn Vækst er først implementeret efter 2011. Rapporten indeholder desuden en prognose for landbrugets kvælstofudvaskning i perioden 2012-15, dvs. primært effekterne af virkemidler i Grøn Vækst.

I rapporten er der, hvor relevant, alene beregnet en effekt af virkemidlerne i rodzonen. Det er der flere årsager til. For det første er virkemidlet efterafgrøder i vandplanerne tænkt udlagt strategisk, dvs. ned-

strøms nederste sø. For dette virkemiddel vil der derfor være en effekt i havet, som er forskellig fra effekten ved at bruge en gennemsnitsretention. For virkemidlet randzoner vil der være en effekt i vandmiljøet, som er højere end beregnet med en gennemsnitlig retention. Endelig er der ved at blive udviklet nye modelredskaber, som kan tage større hensyn til lokale/regionale retentionsforhold end blot en gennemsnitlig landsretention. Nærværende resultater fra rodzoneberegninger kan så fødes ind i det nye modelredskab.

Virkemidlernes effekt kan således ikke umiddelbart sammenlignes med Grøn Vækst-målene (som er udledning til havet). Dog er effekten af vådområder beregnet som en reduktion i tilførslen til vandløb.

Forudsætningerne for beregningen af udviklingen i kvælstofudvaskningen 2008-11 er, at der generelt er anvendt de samme modeller som i Midtvejsevalueringen af VMPIII (Børgesen et al. 2009).

SKEP/Daisy-modelberegninger er foretaget på landsplan, og N-LES4-modelberegninger er foretaget på landsplan og på data fra Landovervågningen i NOVANA (LOOP). Der er dog foretaget enkelte tilpasninger af N-LES-modellen i forhold til bl.a. opdatering af metoder til opgørelse af regionale vandbalancer og nedbør.

I modsætning til Midtvejsevalueringen i 2008 indgår der ikke en økonomisk evaluering.

Generelt er tallene i rapporten angivet som beregnede størrelser for hele landet. Det gælder et samlet tal for kvælstofudvaskning ud af rodzonen og effekten af virkemidler. Lokalt kan rodzoneeffekten af virkemidler være anderledes end gennemsnitligt på grund af variation i landbrugspraksis, jordtypefordeling samt forskelle i klima mellem landsdele. Virkemidlernes samlede effekt ved de to milepæle i hhv. 2011 og 2015 er i rapporten angivet som ton N. Bemærk, at der her er tale om årlige værdier for den kvælstofudvaskningsreducerende effekt, dvs. sparet kvælstofudledning per år i opgørelsesåret og i de følgende år under forudsætning af uændrede virkemidler og produktionsforhold. Tilsvarende er de beregnede belastninger (ton kvælstof- og fosfortab) implicit årlige belastninger.

Rapporten består af en række delelementer, som resumeres i det følgende.

Status 2007-11

Udvikling i landbrugsarealet

I perioden 2006-11 er det dyrkede areal blevet reduceret med gennemsnitligt 12.600 ha/år. Reduktionen skyldes flere faktorer, men primært udtag til infrastruktur (veje, byvækst m.m.). Der er i perioden sket væsentlige forskydninger i arealanvendelsen som følge af ophævelse af brak samt stigning i kravene til efterafgrødeareal på landbrugsbedrifter. Arealet med majs og græsmarker i omdrift er desuden steget.

Udvikling i gødningsforbrug 2007-11 (herunder teknisk justering af landets kvælstofkvote)

Der har været mindre udsving i forbruget af kvælstof (samlet for husdyr- og handelsgødning) over perioden bl.a. som følge af braklægningens ophævelse. Ophør af braklægningen har ligeledes betydet, at normreduktionsprocenten er steget gennem perioden fra 14,5 % til 16 %, (dette skyldes, at den samlede kvote ligger fast men korrigeres for afgrødefordelingen, hvorfor normreduktionen stiger, når den samme mængde gødning skal spredes på et større areal). I beregningen af den samlede, årlige kvælstofkvote udtages a priori 10.000 ha. Justeringen er implementeret for planåret 2010/11, og arealet eksklusiv skovrejsning er indregnet for det sidste år i perioden i tabel 0.1.

Endelig reguleres den samlede kvote årligt (kvælstofprognosen) i forhold til hvor meget kvælstof, der er tilbage i jorden inden vækstsæsonen, påvirket af de aktuelle års forhold (primært nedbørsforhold).

Virkemidler – udvikling og effekt 2007-11

Fra Grøn Vækst-aftalen er det kun virkemidlerne 'teknisk justering af normsystemet' og 'ophør af reduktion i efterafgrøder som følge af grønne marker' (angivet som alternativer til efterafgrøder i tabel 0.1), som har haft effekt i det sidste år af perioden. I tabel 0.1 er vist de potentielt opnåelige effekter af de virkemidler, som er blevet implementeret i perioden 2007-11. For de fleste af virkemidlerne er der tale om en yderligere implementering i forhold til perioden 2003-07 (f. eks. efterafgrøder og vådområder), mens der for andre er tale om nye virkemidler, som er bragt i anvendelse i perioden 2007-11 (f. eks. alternativer til efterafgrøder).

Den samlede effekt i rodzonen ved udgangen af perioden 2007-11 er således en reduceret, potentiel udvaskning på 4.700-6.000 ton N i forhold til udvaskningen i 2007. Knap halvdelen af denne yderligere effekt stammer fra det øgede areal med efterafgrøder. Hertil kommer de virkemidler (vådområder), som har en direkte effekt i vandmiljøet (ca. 800 ton N/år). Effekten af vådområder er angivet særskilt i tabel 0.1, idet deres primære effekt ikke er i forhold til udvaskningen (rodzoneeffekt), men i udledningen til vandmiljøet.

Virkemidler – fremskrivning og effekt 2012-15

Der er foretaget en sammenstilling (tabel 0.1) af de estimerede effekter af en række forskellige tiltag samt virkemidler vedtaget i vandplanerne og Grøn Vækst og implementeret i lovgivningen med forventet virkning fra 2012 til 2015. Nogle af effekterne er refereret fra forskellige kilder, og de er ikke genberegnet i denne sammenhæng. Sammenstillingen angiver en effekt i rodzonen, (hvor dette er relevant), så udviklingen i perioden 2012- 2015 kan sammenlignes med de udvaskningsberegninger, der er lavet for perioden 2007-11.

Tabel 0.1. Arealer for virkemidler samt estimeret effekt i form af reduceret kvælstofudvaskning sket over perioden 2007-2011 og perioden 2012-2015.

	Areal	Effekt: ton N		Overfla- devand	Henvi- sing
	1000 ha	Rodzone Min	Max		
2007-2011					
Teknisk justering af normsystem	8,3	417	417		Afsn. 3.1
Skovrejsning 2011	1,7	83	83		Afsn. 3.7
Energiafgrøder	1,6	63	63		Afsn. 3.2
Efterafgrøder	83,9	2.772	2.772		Afsn. 3.3
Alternativer til efterafgrøder	28,6	945	945		Afsn. 3.4
Slæt i stedet for afgræsning	20	200	1.250		Afsn. 3.5
Økologisk jordbrug	24-28	240	480		Afsn. 3.8
Landdistriktsprogram mm.	5,1	-26	-26		Afsn. 3.9
Bioforgasning /husdyrgødning		0	0		Afsn. 3.10
VMP III vådområder	1,6			218	Afsn. 3.6
Miljømilliard og VMPII vådom- råder 2007-2011				563	1)
Sum 2007-2011		4.694	5.984	781	
2012-2015					
Teknisk justering af normsystem	33,8	1.690	1.690		Afsn. 4.1
Skovrejsning	6,2	310	310		Afsn. 4.7
Energiafgrøder	2,3	72	92		Afsn. 4.2
Yderligere efterafgrøder	140*	-	-		Afsn. 4.3
Forbud mod jordbearbejdning	124	1.200	1.200		Afsn. 4.5
Forbud mod omlægning af fo- dergræs i efteråret	32	1.200	1.200		Afsn. 4.5
Miljøgodkendelser		300	350		2)
Liberalisering af landbrugslov		-80	-80		2)
Slæt i stedet for afgræsning	12	120	750		Afsn. 3.5
Natura 2000		143	143		2)
Økologisk jordbrug	24-28	240	480		Afsn. 4.8
Randzoner	52	1.334	2.477		Afsn. 4.10
Vådområder	10			1.132	Afsn. 4.6
Ekstra vådområder	1,6			180	Afsn. 4.6
Sum 2012-2015		6.529	8.612	1.312	
Effekter i alt 2007-2015		11.223	14.596	2.093	

1) Naturstyrelsen (2011b), 2) Plantedirektoratet (2010), *) Implementeres tidligst ultimo 2015

Den samlede, estimerede effekt af virkemidlerne er en yderligere reduceret udvaskning fra rodzonen i 2015 på 6.500-8.600 ton N ved fuld implementering af virkemidlerne. I estimatet i tabel 0.1 er ikke indregnet effekten af 140.000 ha ekstra efterafgrøder, der yderligere vil bidrage med en reduktion på 4.600 ton N, når virkemidlet er implementeret, formentlig fra ultimo 2015. Hertil kommer en reduktion af nitratkvælstof på ca. 1.300 ton N direkte i vandmiljøet som en effekt af vådområder (tabel 0.1).

Samlet effekt af virkemidler – 2007-2015

Over den samlede periode er der beregnet en reduktion i kvælstofudvaskning i rodzonen som følge af virkemidlerne på 11.200-14.600 ton N. Andre forhold, såsom ændringer i arealanvendelse, gødningsmængder og vejrforhold, kan have betydning for opnåelse af reduktionen i udvaskning fra rodzonen frem til 2015. Hertil kommer en reducerende effekt af vådområder på ca. 2100 ton N.

Udvaskningsberegninger 2007-11

Modelberegningen af kvælstofudvaskning på landsplan med SKEP/Daisy og N-LES4 bygger på en landsdækkende beskrivelse af sædskifte- og gødningsdata på henholdsvis mark- og bedriftsniveau samt en detaljeret kortlægning af jordtyper og klimaforhold (Baggrundsnotat 4). Opgørelsen er baseret på årlige oplysninger fra landsdækkende registre, herunder det generelle Landbrugsregister (GLR), jordbundskort og indberetning af gødningsregnskaber. På baggrund af disse er der opstillet bedriftsspecifikke sædskifter og gødningsplaner for alle landbrug i landet for årene 2007-2011. Udvaskningsberegningerne indeholder både virkemidlerne på dyrkningsjorden implementeret i perioden (som opgjort i tabel 0.1) og den generelle udvikling i det dyrkede areal, herunder ændringer i sædskifter/arealanvendelse og kvælstofgødsning.

Der er desuden gennemført en modelberegning af kvælstofudvaskningen i landovervågningsoplandene. Udvaskningen for perioden 2007 -11 er beregnet med N-LES4- modellen (Baggrundsnotat 3).

Tabel 0.2. Tilført total N og modelberegnet, klimanormaliseret kvælstofudvaskning i rodzonen på landsplan beregnet ved tre forskellige metoder for perioden 2007-2011 (1.000 ton N).

Høst år	N tilført i alt	N-LES4	SKEP/Daisy	Landovervågning	Gennemsnit
2007	470	161	165	164	163
2008	483	165	170	164	166
2009	490	167	174	164	168
2010	473	164	171	169	168
2011	483	165	167	163	165

I gennemsnit (tabel 0.2) giver modellerne en udvaskning i 2007 på 163.000 ton N. Det bemærkes, at dette er meget tæt på de 161.000 ton N (også for 2007), der blev estimeret i Midtvejsevalueringen af VMPIII på baggrund af beregninger (Børgesen et al., 2009).

Det fremgår videre af tabel 0.2, at der ikke er betydelige forskelle i udvaskningsniveau mellem de tre modeller, og at den gennemsnitlige kvælstofudvaskning varierer imellem 163.000 og 168.000 ton N i perioden 2007-2011. Den beregnede kvælstofudvaskning på 163.000 ton N i 2007 og 165.000 N i 2011 og den lidt højere værdi for årene mellem 2007 og 2011 viser, at der ikke kan konstateres nogen entydig ændring i kvælstofudvaskning for perioden.

Der er en række forklaringer på, hvorfor den beregnede effekt af virkemidler (tabel 0.1) ikke slår igennem i den model-baserede beregning af den samlede udvaskning (tabel 0.2). For det første udgør den beregnede effekt af virkemidler ca. 3 % af den model-baserede beregning af den samlede kvælstofudvaskning. Dette er mindre end usikkerhederne på begge typer beregninger. Modelusikkerheden vurderes at være på niveau med usikkerheden estimeret for N-LES3 på 10-30% (Larsen og Kristensen 2007). For det andet er der i perioden sket en række andre dyrkningsmæssige ændringer, som har influeret på udvaskningsberegningerne, men som ikke slår igennem i effektopgørelserne i tabel 17. Her kan nævnes ophævelse af brakforpligtigelsen, der medfører større dyrket areal, og ændrede sædskifter, herunder et større majsareal.

Således kan der samlet set for 2007-11 (tabel 0.2) ikke ses nogen stigning i kvælstofudvaskningen som følge af ophævelsen af brakpligten. Modsat kan der heller ikke ses nogen reduktion i udvaskningen som følge af stigningen i arealet med efterafgrøder. Disse to modsatrettede effekter har tilsyneladende, sammen med andre faktorer (ændrede sædskifter, reduceret dyrket areal, og minimal stigning i kvælstofgødskning), stort set ophævet deres individuelle virkninger på kvælstofudvaskningen fra rodzonen.

Kvælstof- og fosforbalancer og tab

I perioden 2006/07 til 2010/11 skete en reduktion på 30.000 ton N i kvælstofoverskuddet målt som landsbedriftsbalance. Den seneste overvågningsrapport (Nordemann-Jensen 2013) konkluderer endvidere, at kvælstofkoncentrationen i vandløb er ca. halveret i perioden 1990-2011 (opgjort for alle tilførselskilder, både landbrug, punktkilder og baggrundbidrag), og at der for de diffuse udledninger er beregnet et fald på ca. 44 %. Kvælstofkoncentrationerne i vandløb har i de seneste 3 år været de laveste siden målingerne startede.

Udviklingen i de modelberegnete kvælstofudvaskninger (2007-2011; tabel 0.2) viser dermed ikke samme trend som kvælstofoverskuddet og de observerede kvælstofkoncentrationer. Det skyldes flere ting. I beregning af kvælstoftransporten (Nordemann-Jensen 2013) til havet tages der højde for år til år variation i afstrømningen i beregningen af afstrømningsvægtet kvælstofkoncentration og den totale kvælstoftransport. Til disse beregninger er der knyttet en vis usikkerhed, idet nedbørens fordeling over året i det enkelte år også kan påvirke kvælstoftransporten. Dette gælder specifikt i 2011, hvor meget nedbør i august og september bidrog til en høj denitrifikation i rodzonen og dermed lavere kvælstofkoncentrationer i drænvandet. Desuden er der i perioden 2007-2011 sket en ændring i hyppigheden af grødeskæring i vandløbene. Årene 2009-2011 var præget af høj vandstand og oversvømmelse, hvilket formentlig førte til øget denitrifikation under vandets transport gennem vandløb og søer. Endelig kan

der være forsinkelser (transportmæssige og biologiske) mellem tiltag i marken og hvad der kan måles i vandmiljøet.

For årene 2008-2011 er den gennemsnitlige mængde kvælstof, der høstes fra markerne, steget med ca. 20.000 ton N/år i forhold til gennemsnittet de fire foregående år (Blicher-Mathiesen et al., 2013).

Individuelle høstårs kvælstofudbytte påvirker kvælstofbalancen, mens udbytteændringer ikke er inkluderet i udvaskningsberegningerne, hvorved en ændring i høstet kvælstof ikke ses i modelberegningerne. Desuden baseres modelberegningerne på et gennemsnit af 20 års klima, hvor kvælstofbalancen er baseret på 3 års gennemsnit og de observerede vandløbskoncentrationer er årlige afstrømningsvægtede kvælstofkoncentrationer.

Tidligere evalueringer af vandmiljøplan II (Grant og Waagepetersen, 2003) viste en større modelberegnet reduktion i kvælstofudvaskningen (48%), end der kunne påvises i målinger af afstrømningsvægtet kvælstofkoncentration i vandløb, der afvander landbrugsoplande (31%). Således har tidligere udredninger på kvælstofbalance, kvælstofkoncentrationer i vandløb og klimanormaliseret kvælstofudvaskning også vist forskellige trends pga. de faktorer der påvirker opgørelserne.

I perioden 2006/07 til 2010/2011 skete en markant reduktion på knap 50 % i fosforoverskuddet målt som bedriftsbalance. Trods den markante reduktion i fosforoverskuddet er der ikke set et sikkert fald i vandløbskoncentrationen, når der tages højde for år-til-år-variationer i klimaet (målinger i vandløb i dyrkede områder uden byer mm.). Dette skyldes, at fosfor ikke i nævneværdig grad tabes som udvaskning, men bindes til jordpartikler og tilføres vandløb mm., primært som partikelbundet fosfor. Efter som der stadig er et fosforoverskud på husdyrbrug, vil jordens evne til at binde fosfor på disse arealer efterhånden aftage med efterfølgende risiko for at fosforudvaskning stiger.

0.1 Generelle usikkerheder ved opgørelse af kvælstofudvaskning og ændringer på landsplan

Opgørelse af kvælstofudvaskning fra det samlede dyrkede areal er tilknyttet en **usikkerhed**, der både stammer fra datatilgængelighed, anvendte modeller samt det valgte aggregeringsniveau. Størrelsen af usikkerhed afhænger af den skala, beregningerne er foretaget på. F.eks. kan der være ret stor usikkerhed på den beregnede kvælstofudvaskning for en enkelt bedrift. Selvom der i modelberegningen af kvælstofudvaskning som datainput anvendes bedriftens samlede forbrug af handelsgødning og husdyrgødning, kan fordelingen af gødning til de enkelte afgrøder på den enkelte bedrift være anderledes end den anvendte, gennemsnitlige fordeling fra landovervågningsoplandene.

Størrelsen af usikkerhed afhænger af, hvorvidt disse inputdata påvirker det modelberegnete resultat i en bestemt retning, dvs. hvor følsomme resultaterne er over for disse inputdata. Et eksempel kan være, at der antages faste gødningsdatoer for udbringning af handels- og husdyrgødning i modelberegningen af udvaskningen for forskellige brugstyper. Denne antagelse er afstemt med aktuell gennemsnitlig, landbrugspraksis, – men det er usikkert, om dette har betydning for niveauet af den årlige nitratudvaskning. Nogle landbrugsdata (specielt udbragte gødningsmængder for husdyrgødning) kan være forbundet med betydelig usikkerhed, da mængderne opgøres ud fra normtal.

Usikkerheden vil dog være væsentligt mindre, når opgørelserne i denne rapport summeres til at dække hele landet.

Der er ikke foretaget en egentlig validering og usikkerhedsvurdering af N-LES4-modellen, som er anvendt til udvaskningsberegninger i rapporten. En analyse af usikkerhed og validering af en tidligere version (N-LES3) er beskrevet i Larsen and Kristensen (2007). Her blev valideringen foretaget ved at estimere modellens parametre på en delmængde af observationer. Det blev fundet, at udvaskningsfunktionen var forholdsvis stabil, og at usikkerheden på en enkelt prædiktion mellem estimeret og målt værdi lå mellem 20 og 40 %, men faldt til mellem 10 og 30 %, hvis beregningen foretages over flere år eller på mange marker.

Ved opgørelsen af virkemidlers effekt er der skønnet arealeffekter i form af reduceret kvælstofudvaskning per arealenhed (kg N/ha). I hvert af rapportens afsnit er der redegjort for disse skøn. Arealeffekterne er i flere tilfælde usikre, men er estimeret på baggrund af den tilgængelige eksperimentelle viden, medio 2013. Der kommer hele tiden ny viden om kvælstofudvaskningseffekter, som foranlediger, at effektestimaterne tages op til fornyet vurdering, og derfor er effektestimaterne ikke nødvendigvis konstante fra én evalueringsrapport til den næste.

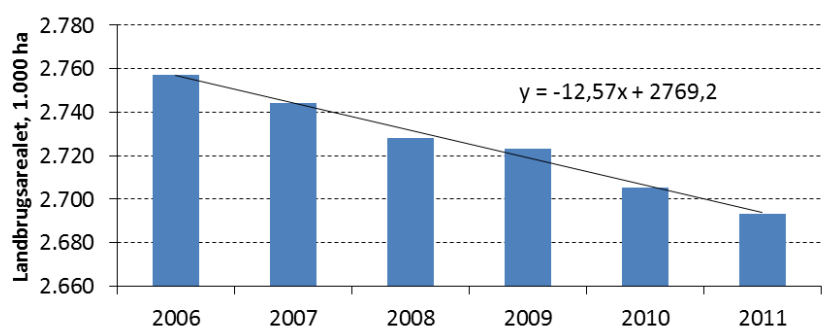
Variation er en mere generel, statistisk term, der oftest refererer til et interval omkring en middelværdi. Her i rapporten vil termen bruges bredere; således vil variation omhandle geografisk variation og år-til-år-forskelle i eksempelvis: nitratudvaskning, kvælstof- og fosforoverskud, arealet med efterafgrøder mv.

1. Udviklingen i landbrugsarealet

1.1 Det dyrkede areal

Det dyrkede areal er opgjort med udgangspunkt i landbrugets indberetning til NaturErhvervstyrelsen (NAER) i forbindelse med ansøgning om EU-landbrugsstøtte (enkeltbetalingsordningen). Afgrøderne er i videst muligt omfang grupperet efter samme liste, som Danmarks Statistik anvender. Dog er der enkelte undtagelser (bilag A). 2005 var det første år med indberetning til enkeltbetalingsordningen, hvorfor dette år kan have været atypisk. For at kunne vurdere på udviklingen i det dyrkede areal er data vist for hvert af årene 2006-2011 i tabel 1.

Det indberettede areal i landbrugsmæssig drift er faldet fra 2.757.036 ha i 2006 til 2.693.238 ha i 2011 (tabel 1), en nedgang på ca. 64.000 ha, hvilket svarer til en gennemsnitlig nedgang i det dyrkede areal på 12.600 ha pr. år. Nedgangen indeholder udtagning til byer, veje, natur, skovrejsning, mm. Faldet varierer over årene, hvilket kan skyldes, dels at der er en reel forskel i udtagning fra år til år, og dels at der er usikkerhed på de indberettede tal. En udvikling i udtagning af landbrugsjordsjord bør derfor ses som en trend over en længere årrække. I figur 1 og tabel 1 er anvendt perioden fra 2006 til 2011, idet der for denne periode foreligger en konsistent dataserie (indberetning til enkeltbetalingsordningen).

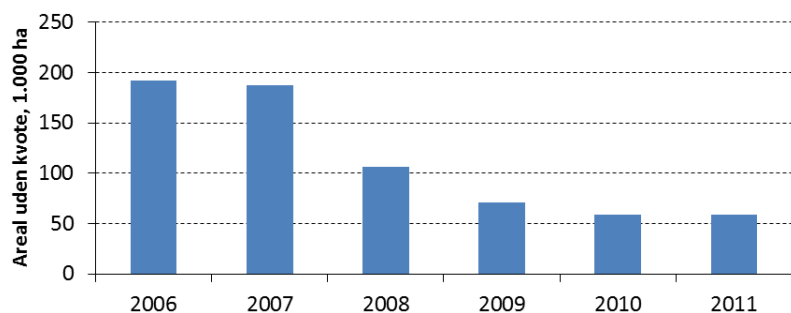


Figur 1. Udviklingen i det samlede landbrugsareal 2006-2011.

1.2 Areal uden kvote

Arealet uden kvote (brak, miljøordninger, udyrkede og naturlignende arealer) udgjorde i 2006 ca. 192.000 ha. Med ophør af krav til braklægning er dette areal faldet til 106.000 ha i 2008, til 71.000 ha i 2009, og yderligere til 59.000 ha i 2010, mens det ser ud til at være stabiliseret i 2011 (figur 2).

Inden for afgrødegrupperne græs og kløvermark i omdriften og varigt græs findes desuden også afgrøder uden kvote. Det er sandsynligt, at nogle af arealerne 'brak, miljøordninger, udyrkede og naturlignende arealer' er flyttet over i kategorien græs uden kvote. Denne kategori er da også steget gennem årene, om end arealet har været noget varierende. Fra 2007 til 2010 og 2011 er arealet i denne gruppe steget med ca. 17.000 ha (tabel 2).



Figur 2. Udviklingen i arealet uden kvælstofkvote, dvs. brak, miljøordninger, udyrkede og naturliggende arealer, 2006-2011.

Tabel 1. Oversigt over landbrugsarealet (ha), indberettet til enkeltbetalingsordningen, 2006-2011.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Korn i alt	1.494.099	1.447.655	1.502.315	1.488.830	1.487.468	1.494.804
Vårbyg	520.393	461.599	586.959	448.782	430.351	472.892
Vårhvede	9.330	8.010	9.596	9.846	13.841	19.696
Havre	60.668	56.158	74.371	55.228	42.449	41.643
Vinterhvede	676.887	680.636	627.154	728.757	749.507	726.965
Vinterbyg	158.542	169.490	128.759	143.751	144.186	129.493
Rug	27.486	30.245	28.893	44.316	52.063	57.549
Triticale	31.589	32.212	35.000	44.433	36.473	26.659
Korn Andet	7.857	7.190	6.643	6.402	9.055	9.357
Bælgsæd til modenhed	10.497	5.773	4.429	6.796	10.415	7.793
Frø til udsæd	100.749	86.902	78.765	91.038	67.320	66.290
Industrifrø i alt	125.638	179.300	172.422	163.722	167.310	151.089
Vårraps	2.168	1.103	451	771	1.381	1.853
Vinterraps	123.173	177.914	171.355	162.128	165.042	148.634
Andre olieafgrøder	460	339	617	824	886	603
Rodfrugter i alt	80.012	80.651	77.150	77.061	77.536	81.534
Kartofler	38.598	41.194	40.647	38.738	38.294	41.556
Sukkerroer	41.414	39.457	36.503	38.323	39.241	39.979

Græs og grøntfoder i omdrift	484.465	494.746	525.696	559.323	576.232	577.688
Helsæd	63.909	60.523	51.949	56.129	59.582	57.425
Foderroer	4.220	3.742	4.476	4.888	4.106	3.998
Majs	137.304	146.629	163.285	179.034	183.250	186.366
Lucerne	4.012	3.842	4.026	5.133	6.577	7.001
Græs og kløvermark i om- driften	276.367	282.126	306.902	321.455	332.260	333.448
Varigt græs	225.774	218.938	214.750	218.988	214.453	207.313
Gartneriprodukter	18.810	18.454	21.332	21.430	20.411	21.173
Juletræer og pynte- grønt	21.295	20.654	20.750	20.298	19.812	20.270
Energiskov, øvrige energi afgrøder	3.279	3.704	3.871	4.403	5.213	6.385
Ukendt	25.006	9	0	0	0	0
Brak, miljøordning, udyrket	192.419	187.499	106.442	71.439	59.321	58.897
Almindelig braklægning	158.359	148.686	64.566	0	0	0
Miljøordninger	9.265	15.167	15.295	16.581	19.375	22.408
Randzoneordning	0	0	0	509	721	697
Udyrkede arealer, vildtagre	16.573	14.083	14.946	38.299	27.331	23.215
Øvrige afgrøder, naturlign	7.957	9.427	11.584	15.796	11.674	12.498
Andre afgrøder	100	82	49	255	221	80
I alt	2.757.036	2.744.279	2.727.922	2.723.329	2.705.490	2.693.238
Skovrejsning, tidl. landbrug	2.875	2.113	2.985	2.792	2.805	4.632
Skovdrift, alm. bæredygtig	7.179	6.371	6.023	5.991	5.736	6.077

Tabel 2. Oversigt over areal med græs uden kvote (ha), indberettet til enkeltbetalingsordningen, 2006-2011.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Græs i omdrift, uden norm	0	2.009	8.090	14.663	15.404	13.484
Varigt græs, uden norm	12.802	16.686	18.504	16.777	21.030	21.667
I alt	12.802	18.695	26.594	31.440	36.434	35.151

1.3 Korn, bælgسæd og rodfrugt

Arealet med korn har været nogenlunde konstant igennem perioden 2006-2011. Derimod har der været en betydelig variation i fordelingen mellem vårkorn og vinterkorn (tabel 3). Således udgjorde det laveste vinterkornareal ca. 820.000 ha i 2008, mens det største areal var i 2010 på ca. 982.000 ha, altså en forskel på ca. 162.000 ha.

Tabel 3. Oversigt over kornarealet, fordelt på vårkorn og vinterkorn (ha), indberettet til enkeltbetalingsordningen, 2006-2011.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Vårkorn	599.595	535.072	682.509	527.574	505.239	554.137
Vinterkorn	894.505	912.583	819.807	961.257	982.229	940.666
I alt	1.494.099	1.447.655	1.502.315	1.488.830	1.487.468	1.494.804

Arealet med bælgسæd og rodfrugter (kartofler og fabriksroer) har været nogenlunde konstant over årene 2006-2011. Derimod er arealet med frø til udsæd faldet betydeligt, fra ca. 100.000 ha i 2006 til ca. 67.000 ha i 2010 og 2011. Arealet med vinterraps var størst i 2008 med ca. 178.000 ha, hvorefter det er faldet til ca. 149.000 ha i 2011.

1.4 Græs og grøntfoder

Arealet med græs og grøntfoder i omdrift er steget med 94.000 ha, fra ca. 484.000 ha i 2006 til 578.000 ha i 2011). Herunder er arealet med helsæd faldet lidt, mens arealet med både majs og græs og kløver i omdriften er steget. Arealet med vedvarende græs er derimod faldet med 19.000 ha, fra 226.000 ha i 2006 til 207.000 ha i 2011. Det er sandsynligt, at en del af den tidligere brak er blevet omklassificeret til græs i omdrift.

2. Udviklingen i husdyrhold og gødningsforbrug 2007-2011

2.1 Husdyrholdet

Husdyrholdets størrelse varierer fra år til år og afhænger af de gældende produktionsbetingelser. Antallet af malkekøer, søer og slagtesvin (kødproduktion) er angivet i tabel 4, hvoraf det fremgår, at antallet af køer har været svagt stigende over de seneste 5 år, hvorimod antallet af søer og antallet af slagtesvin har været faldende over samme periode. Faldet i svineproduktionen skyldes primært, at eksporten af levende smågrise er øget betydeligt over de senere år. Det kan nævnes, at der fortsat ses en markant stigning i denne eksport. Indholdet af kvælstof og fosfor i den husdyrgødning, der produceres på landsplan, beregnes på baggrund af husdyrholdets størrelse og opdaterede normtal (Poulsen, 2012) for husdyrgødning. Normtallene opdateres hvert år, og det betyder, at det er de nyeste produktionsdata, herunder foderforbrug samt indhold af kvælstof og fosfor i foderet til de forskellige husdyrarter og -kategorier, der danner grundlag for beregningerne. Det betyder samtidig, at der er taget højde for ændringer i anvendelsen af f.eks. industrielle aminosyrer i stedet for sojaskrå, raps mv. og mikrobiel fyta-se i stedet for foderfosfat ved beregningen af gødningsproduktionen. Det fremgår af tabel 4, at mængden af kvælstof i husgødning faldt svagt med 3 % fra 2007 til 2010, og at der er en lille tendens til stigning fra 2010 til 2011 på knap 2 %. Det skal nævnes, at ud over produktionseffektivitet og foderets proteinindhold har fokuseringen på ammoniakfordampningen fra stalde betydet, at ammoniakfordampningen er reduceret, og der fortsat forventes et fald. Som en følge af denne reduktion i ammoniaktab, vil der ses en tilsvarende stigning i indholdet af kvælstof i husdyrgødning ab lager. Det er dette, der afspejles i den lille stigning i indholdet fra 2010 til 2011. Det skal nævnes, at beregningen af indholdet af kvælstof ab lager ikke inkluderer effekten af miljøteknologiske tiltag hvor gødningens indhold af kvælstof øges, fordi ammoniakfordampningen reduceres.

Beregningen af ab lager-indholdet følger således beregningsproceduren for normtal for husdyrgødnin-gens indhold af næringsstoffer (Poulsen et al., 2001). Fra 2007 til 2010 ses der et fald i husdyrgødnin-gens fosforindhold på 13 %, men det fremgår også, at dette fald efterfølges af en lille stigning på 3,5 % fra 2010 til 2011. Dette skyldes primært, at udskillelsen af fosfor fra slagtesvin er øget som følge af et højere indhold af fosfor i foderet. Det er vigtigt at påpege, at udviklingen i eksporten af smågrise over de senere år er medtaget i tallene i tabel 4. Eksporten af levende smågrise steg i perioden fra 2007 til 2011 med omkring 75 %, så eksporten i 2011 lå på omkring 8 mio. smågrise.

2.2 Forbrug af husdyr- og handelsgødning

2.2.1 Kvælstof

Den samlede mængde kvælstof i handelsgødning og husdyrgødning udgjorde i 2011 431.000 ton N, mens det i 2007 udgjorde 440.000 ton N (tabel 4), og det er således faldet med 9.000 ton N i denne 5-års periode.

- Kvælstofmængden i husdyrgødningen faldt svagt i perioden fra 2007 til 2010, hvor indholdet lå på 224.000 ton, hvorefter den steg svagt fra 2010 til 2011 til 228.000 ton. Det skal nævnes, at i takt med at ammoniaktabet fra stalde reduceres som følge af de ændrede lovkrav, vil der ses en tilsvarende stigning i indholdet af kvælstof i husdyrgødningen. Denne vurdering omfatter ikke eventuel etablering af on-top miljøteknologi.
- Handelsgødningsforbruget er i tabel 4 opgjort som det indberettede forbrug i Gødningsregnskaberne (se bilag B for baggrunden herfor). Det ses af tabel 4, at gødningsforbruget er steget lidt i 2008 og 2009, formodentligt som følge af opdyrkning af braklagte arealer. I 2010 og 2011 er forbruget faldet igen som følge af øget normreduktion (ormreduktionen er to år bagud i forhold til ændringer i arealanvendelsen – se nedenfor).

2.2.2 Fosfor

Den samlede mængde fosfor i handelsgødning og husdyrgødning er faldet fra ca. 59.300 ton P i 2007 til 52.100 ton P i 2011 (tabel 4):

- Fosformængden i husdyrgødning er samlet set faldet med 6.000 ton P fra 2007 til 2010. Derefter er der sket en lille stigning fra 2010 til 2011, hvor fosforindholdet i husdyrgødningen blev beregnet til 41.000 ton P. Stigningen skyldes primært et forøget indhold af fosfor i slagtesvinsfoder.
- Handelsgødningsforbruget af fosfor er i tabel 4 opgjort på baggrund af data fra Danmarks Statistik, idet Gødningsregnskaberne ikke omfatter fosfor. Det ses, at forbruget faldt drastisk fra ca. 13.300 i årene 2007-2008 til 6.700 ton P i 2009. Herefter er forbruget steget igen til 10.500-10.800 ton P i 2010 og 2011. Dette forbrug ligger stadig på et lavere niveau end forud for 2009.

Tabel 4. Udviklingen i husdyrhold, gødningsforbrug og kvælstofkvote, 2007-2011. Årstallet henviser til høståret.

	DS¹⁾	2007	2008	2009	2010	2011
Husdyrholdet						
Antal malkekvæg, 1000 stk.	HDYR1	545	558	563	568	565
Mælkeproduktion ²⁾ , mio. ton	ANI7	4,52	4,59	4,73	4,83	4,80
Oksekødsproduktion, mio. kg		141,10	137,80	137,30	142,00	145,40
Antal søer, mio. stk.	HDYR1	1,15	1,06	1,09	1,12	1,06
Slagtesvin, mio. stk. (omregnet via kødproduktion)		23,30	21,90	20,7	21,20	21,40
Gødningsforbruget						
Kvælstof		----- 1000 ton N -----				
Handelsgødning		202	205	209	198	203
Husdyrgødning ³⁾		238	231	226	224	228
Total		440	436	435	422	431
Fosfor		----- 1000 ton P -----				
Handelsgødning		13,40	13,30	6,70	10,50	10,80
Husdyrgødning ³⁾		45,90	43,00	42,50	39,90	41,30
Total		59,30	56,30	49,20	50,40	52,10
Kvælstofkvoter						
Normreduktion %		14,40	15,00	14,50	15,60	16,00
Beregnet kvælstofkvote		----- 1000 ton N -----				
Landsplan (beregnet)		382	386	393	380	384
Kvælstofprognosen		+7	+7	+7	-1	+6,50
Eftervirkning af efterafgrøder		-2,80	-4,30	-4,10	-4,80	-4,80
Efterkorrektion for prognosen		386	389	396	375	385

¹⁾ Angiver tabelnummer i Statistikbanken; ²⁾ Indvejet på mejerier; ³⁾ Ab lager inkl. afsat under afgræsning

2.3 Anden organisk gødning

I gødningsregnskaberne er der indberettet et forbrug af anden organisk gødning i 2011 på 6.072 ton N og med et udnyttelseskrav på 2.569 ton N (tabel 5).

Tabel 5. Anvendelse af anden organisk gødning i 2011, gødningsregnskaber.

	Ton N	Krav til udnyttelse, ton N
Spildevandsslam	2.590	1.166
Husholdningskompost	48	10
Kartoffelsaft	636	318
Pressesaft	35	14
Anden type organisk gødning	2.763	1.061
I alt	6.072	2.569

2.4 Kvælstofkvoten på landsplan

I henhold til VMPIII blev der fra planperioden 2005/2006 implementeret en teknisk justering af normfastsættelsessystemet, så normerne fortsat som hovedregel fastlægges uden hensyntagen til proteinværdi, men så normreduktionen maksimalt kan fastsættes til 10 % under det driftsøkonomiske optimum, som besluttet i VMP II. Dog fastlægges normerne således, at den samlede kvælstofkvote ikke kan overstige kvoten fra 2003/2004 reguleret for effekten af afgrødeforskydninger. Kvælstofforbruget vil jf. VMPIII være uafhængig af størrelsen af det dyrkede areal, men vil stige, hvis afgrødefordelingen går i retning af mere kvælstofkrævende afgrøder, og den vil falde, hvis afgrødefordelingen går i retning af mindre kvælstofkrævende afgrøder.

Normreduktionsprocenten var i 2007 på 14,4 % (tabel 4). Stigningen i forhold til det tidligere niveau på omkring 10 % skyldes primært en beslutning om, at de økonomisk optimale normer fra planperioden 2005/2006 skulle indstilles ved det udbytte, der ville have været, hvis der ikke var nogen restriktioner i gødningsforbruget, jf. bemærkningerne ved ændringen af gødskningsloven i 2004. I planperioden 2010/2011 blev den tekniske justering (formuleret i Grøn Vækst som neutralisering af kvælstofeffekten ved udtagning af landbrugsjord til byudvikling, natur mv.) implementeret. Dette indebærer, at kvælstofandelen for de arealer, der ikke længere indgår i landbrugsmæssig drift, vil blive fratrasket den samlede årskvote på landsplan.

Den beregnede kvælstofkvote på landsplan er i tabel 4 opgjort på basis af det dyrkede areal, og den reducerede kvælstofnorm er opgjort af Plantedirektoratet (korrigeret for den aktuelle jordtypefordeling og forbrugt ved indstillingen). I 2008 og igen i 2009 steg det dyrkede areal som følge af ophør af braklægningsordningen.

Normreduktionen er altid to år bagefter ændringer i det dyrkede areal, da der anvendes de senest opdaterede arealanvendelses- og høstdata ved fastlæggelsen af normer i foråret forud for planperiodens start. Normreduktionsprocenten var derfor uændret i 2008 og 2009 i forhold til den foregående periode. Dette medførte, at den beregnede kvælstofkvote på landsplan steg i disse to år. I 2010 begyndte effekten af ompløjning af brakken at vise sig ved en stigning i normreduktions-procenten fra 14,5 i 2009 til 15,5 % i 2010 og til 16,0 % i 2011. Den totale, beregnede kvælstofkvote på landsplan faldt derfor igen til niveauet før 2008.

Kvælstofprognosen er en årlig korrektion af kvælstofkvoten, som landmændene skal indregne i deres gødningsregnskaber. Kvælstofprognosen opgøres hvert forår, og den baseres på den mængde af mineralsk kvælstof, der er tilbage i jorden efter vinteren. Har det været en forholdsvis våd vinter, vil der typisk være meget lidt kvælstof tilbage, og landbruget får lov til at bruge mere kvælstof (positiv kvælstofprognose). Har det været en forholdsvis tør vinter, vil der til gengæld være mere kvælstof tilbage end normalt, og landbruget har pligt jf. gødskningsloven til at bruge mindre kvælstof (negativ kvælstofprognose). I årene 2007-2011 har prognosen været positiv, gennemsnitlig +5.300 ton N pr. år. Det skal dog nævnes her, at de positive prognoser i 2008 og 2009 på hhv. 7.000 og 6.500 ton N skyldes en fejl ved det tyske laboratorium, der foretager analyserne til prognosen, jf. orientering fra Plantedirektoratet 3. april 2009¹. Havde laboratoriet fulgt analyseforskrifterne, som de skulle, ville prognoserne i 2008 og 2009 have været omtrent nul i begge år, hvorved prognosen i gennemsnit af årene 2007-2011 ville blive +2.600 ton N pr. år, men det ændrer dog ikke ved det faktum, at de 7.000 og 6.500 ton N blev udbragt i 2008 og 2009.

Endvidere skal landbruget indregne en eftervirkning af de lovpligtige efterafgrøder. Denne udgør et fradrag i kvælstofkvoten på 2.800 ton N i 2007, og et fradrag på 4.100 - 4.800 ton N i 2008-2011 på grund af øget krav til anvendelse af efterafgrøder.

¹<http://1.naturerhverv.fvm.dk/nyhedsvisning.aspx?ID=9992&PID=121993&NewsID=10238>

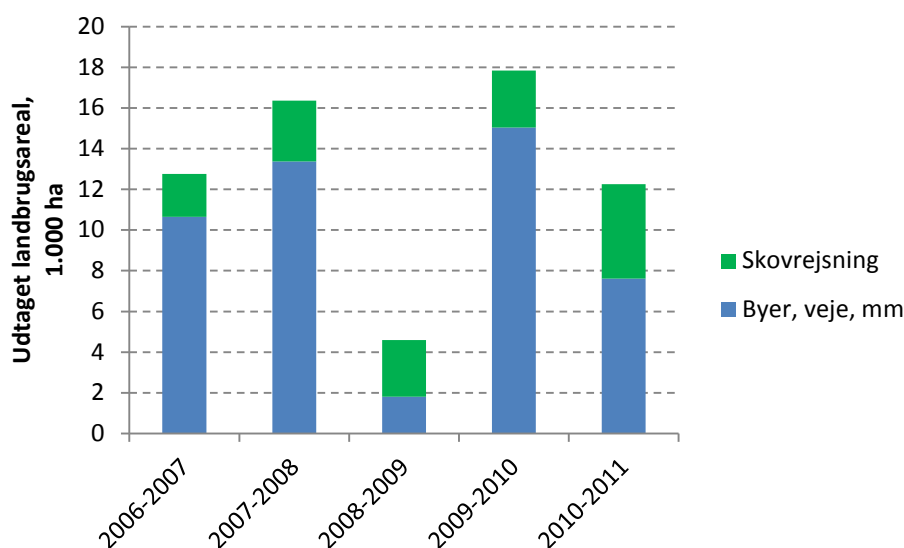
3. Virkemidler - udvikling og effekt 2007-2011

En række virkemidler indebærer, at arealer udgår af landbrugsproduktion og derved overgår til anden anvendelse uden tilførsel af gødning. Det drejer sig først og fremmest om arealer, der anvendes til infrastruktur mm. (afsnit 3.1), men også arealer hvorpå der rejses skov, reetableres vådområder og/eller udlægges til randzoner. En vigtig faktor for den kvælstofudvaskningsreducerende effekt af disse virkemidler er, at arealerne er taget ud af landbrugsanvendelse, og der er ophør med jordbearbejdning og gødskning. Dette vil give en effekt af virkemidlet lokalt, hvor disse arealer er placeret, men de vil blive udhulet, såfremt den "sparede" gødning anvendes på det resterende landbrugsareal. Størrelsen af effekten af virkemidlet er også afhængig af hvilken arealanvendelse, der var forud for ekstensivering. Der er stor forskel på, om der ændres fra permanent græs med lille udvaskning, eller der ændres fra et kornareal med højere udvaskning. Hvis den sparede kvælstofgødskning medfører, at der anvendes mere gødning på det tilbageværende landbrugsareal, vil det give anledning til en øget udvaskning på disse arealer. Det er derfor afgørende for at opnå de effekter ved arealudtagning, der er anvendt i nærværende notat, at den sparede gødningsmængde neutraliseres. En mulig måde til neutralisering kan være, hvis den sparede gødningsmængde fratrækkes den samlede kvælstofkvote. Metoden til dette er beskrevet i den tekniske justering af normsystemet (3.1).

I beregning af afgrødernes kvælstofnormer ligger den samlede kvælstofmængde, der kan anvendes fast, jf. VMPIII; denne mængde kaldes landskvoten. Der foretages en korrektion af referenceårets (2003/2004) landskvote i forhold til ændringer i afgrødefordelingen i den aktuelle arealanvendelse, og dermed ændres størrelsen af landskvoten mellem årene. Afgrødenormerne er varierende, idet nogle afgrøder kan opnå merudbytte ved højere kvælstoftilførsel end andre afgrøder. Justering af kvælstofkvoten i forhold til afgrødefordelingen foretages på baggrund af det senest opgjorte, dyrkede landbrugsareal, der er to år ældre end den periode, normerne gælder for.

3.1 Teknisk justering af normsystemet mht. nedgang i dyrket areal

Det fremgår af tabel 1 og figur 1, at det indberettede dyrkede areal er faldet fra 2.757.036 ha i 2006 til 2.693.238 ha i 2011. Dette er en nedgang på ca. 64.000 ha svarende til en gennemsnitlig nedgang i det dyrkede areal på 12.600 ha pr. år, varierende fra en nedgang på 4.600 ha fra 2008 til 2009 og op til 17.800 ha fra 2009 til 2010 (figur 3). Nedgangen i det dyrkede areal omfatter udtagning til byer, veje, natur, skov, m.m. (tabel 1).



Figur 3. Areal udgået af dyrkning til byer, veje og natur, samt areal til skovrejsning i perioden 2006-2011.

Ifølge den tekniske justering af normsystemet vedtaget i Grøn Vækst skal kvælstofkvoten korrigeres i forhold til en nedgang i landbrugsarealet. I 2009 blev det opgjort, at det dyrkede areal blev reduceret med ca. 10.000 ha pr. år, baseret på data fra Danmarks Statistik for perioden 1980-2004. I afsnit 1.1 er reduktionen i det dyrkede areal opgjort til 12.600 ha pr. år ud fra indberetningen til GLR. Dette datagrundlag er mere fyldestgørende, og der foreligger nu en tidsserie på 6 år. For årene 2007-2010 er der ikke korrigeret i kvælstofkvoten i forhold til nedgangen i det dyrkede areal, hvilket betyder at den sparede gødning tildeles det tilbageblevne landbrugsareal. For disse år bør der derfor ikke indregnes nogen effekt af skovrejsning (Afsnit 3.7). Året 2011 var det første år, hvor kvælstofkvoten justeredes i forhold til en nedgang i det dyrkede areal på 10.000 ha. For at få den fulde effekt af nedgangen i det dyrkede areal, skal der yderligere trækkes gødning ud af kvælstofkvoten fra 2.600 ha pr. år.

Effekt

Udgangspunktet for at beregne reduktionen i kvælstofudvaskning fra rodzonen ved udtagning af landbrugsjord er, at den gennemsnitlige kvælstofudvaskning i denne sammenhæng er estimeret til ca. 62 kg N/ha (gennemsnit for 2007-2011, beregnet som beskrevet i Baggrundsnotat 4), og at arealer, der udtages af landbrugsproduktion, har en baggrundsudvaskning på ca. 12 kg N/ha (Waagepetersen, 1992). Dvs. der kan regnes med at udvaskningen reduceres med ca. 50 kg N/ha ved udtagning af landbrugsjord, under forudsætning af at kvælstofkvoten justeres, som tilfældet er for de 10.000 ha, der regnes med i den tekniske justering af kvælstofnormerne. Udtagning af 10.000 ha har således en samlet effekt i rodzonen på landsplan på ca. 500 ton N pr. år.

Da skovrejsningen foregår på en del af det udtagne areal er effekten af skovrejsning for 2011 inkluderet i de 500 ton N. Trækkes skovrejsningen i 2011 ud som separat effekt, bliver effekten fordelt med 83 ton N til skovrejsning i 2011 (Afsnit 3.7) og 417 ton N for den andel af de 10.000 ha, der ikke skyldes skovrejsning.

3.2 Energiafgrøder

Udvikling

Det samlede areal med energiafgrøder er steget fra ca. 3.700 ha i 2007 til ca. 6.400 ha i 2011, - altså knap en fordobling (tabel 6). Arealet med poppel og pil er henholdsvis ti- og tredoblet, arealet med lavskov er mere end halveret, og de øvrige typer af energiafgrøder har ligget på et konstant, lavt niveau i perioden. Denne stigning i arealet med energiafgrøder svarer til en gennemsnitlig stigning på ca. 670 ha pr. år.

Tabel 6. Arealet (ha) med forskellige typer af energiafgrøder og samlet areal i perioden 2007-2011.

Energiafgrøde	2007	2008	2009	2010	2011
Lavskov	1.824	1.879	1.508	920	708
Pil	1.714	1.832	2.728	4.046	4.794
Poppel	88	80	80	156	773
El	8	6	4	3	18
Elefantgræs	60	64	63	72	73
Rørgræs	9	9	19	16	20
Sorrel	1	0	0	0	0
I alt	3.704	3.871	4.403	5.213	6.385

Effekt

Virkemidlet omhandler erstatning af landbrugsafgrøder med flerårige energiafgrøder som pil, poppel, elefantgræs og andre græsser med en lang kulturperiode (rørgræs). Disse afgrøder har et permanent, dybt rodnet og en lang vækstsæson, der sikrer en effektiv næringsstofudnyttelse (Andersen et al., 2012). Effekten på kvælstoftabet fra et areal ved omlægning til flerårige energiafgrøder afhænger af, hvilken driftstype energiafgrøderne erstatter, men Andersen et al. (2012) vurderer, at for højbundsjord ligger intervallerne for reduktion af udvaskning på 15-35 kg N pr. ha på lerjord og 40-60 kg N pr. ha på sandjord. Dette understøttes af nyere undersøgelser med energipil (Sevel et al., 2013), hvor der på en sandjord gødet med 120 kg N/ha blev målt en udvaskning på 1-7 kg N/ha, svarende til en udvaskningsreduktion på mere end 60 kg N/ha. På lavbundsjord er forholdene mere variable end på højbundsjord, som følge af forskelle i dræningsgrad, mineraliseringspotentiale og hydrologiske forhold, og det er ikke muligt at give et sikkert estimat for en generel effekt. Mere lokalitetsspecifik viden er nødvendig, og Andersen et al. (2012) vurderer, at den udvaskningsreducerende effekt af flerårige energiafgrøder på lavbundsjord vil være mellem 0 og 100 kg N/ha.

Det er vanskeligt på grundlag af ovenstående intervaller at anslå en samlet effekt, men med et groft gennemsnit af effekterne på højbund og lavbund forventes energiafgrøder at reducere udvaskningen fra rodzonen med ca. 40 kg N/ha. Da arealet med energiafgrøder er steget med 2.681 ha fra 2007 til 2011, resulterer det i en samlet reduktion i udvaskningen på ca. 107 ton N eller ca. 27 ton N pr. år. Der skal dog tages hensyn til, at energiafgrøder, som er anvendt som alternativ til efterafgrøder, ikke kan indregnes med en effekt ud over den, der er indregnet i efterafgrødeeffekten. Det kan af gødningsregnskaberne udledes, at der i 2011 blev anvendt energiafgrøder som alternativ til efterafgrøder svarende til 1.385 ha efterafgrøder. Med den gældende omregningsfaktor på 0,8 ha energiafgrøder pr. ha efterafgrøder, svarer det til ca. 1.100 ha energiafgrøder eller ca. ¼ af arealet med energipil i 2011. Dvs. at effekten som er angivet ovenfor, bør reduceres med effekten af de 1.100 ha, der er anvendt som alternativ til efterafgrøder, hvorved den samlede reduktion i udvaskningen på ca. 107 ton N reduceres til ca. 63 ton N.

3.3 Efterafgrøder

Regelgrundlag

I 2007 var der et krav til lovpligtige efterafgrøder på henholdsvis 6 og 10 % af efterafgrødegrundarealet afhængig af, om bedriften anvendte organisk gødning svarende til under eller over 0,8 DE/ha. Der var imidlertid mulighed for at opnå reduktion i kravet til efterafgrøder, såfremt der ikke var plads til fuldt efterafgrødeareal på grund af grønne marker.

I Vandmiljøplan III var det aftalt, at kravet til efterafgrøder skulle øges med 4 % fra 2009. For at imødegå den midlertidige, negative effekt af ophør af krav om braklægning blev stramningen i kravet til efterafgrøder rykket frem til efteråret 2008. Samtidig blev den frivillige randzoneordning indført. Denne ordning indebar, at en bedrift ved udlægning af minimum 1 ha randzoneareal kunne opnå en øget kvælstofkvote på 10 %, såfremt der samtidig blev udlagt 20 % ekstra efterafgrøder. Det var også muligt at differentiere ordningen, således at der ved udlægning af mindre end 1 ha randzone opnåedes en tilsvarende mindre stigning i kvælstofkvoten og krævedes et tilsvarende mindre efterafgrødeareal. Ordningen, der er beregnet at være neutral i forhold til kvælstofudvaskning, er ophørt fra 2013.

Under Grøn Vækst blev det besluttet, at der fra 2011 ikke længere kan opnås reduktion i kravet til efterafgrøder på grund af grønne marker. Samtidig blev det imidlertid indført, at der kan opnås reduktion i kravet til efterafgrøder ved fem alternativer:

- Reduktion i virksomhedens kvælstofkvote
- Udlægning af mellemafgrøder
- Udlægning af efterafgrøder hos anden virksomhed
- Etablering af flerårige energiafgrøder
- Separering og forbrænding af fiberfraktion i husdyrgødning

Udvikling i areal

Datagrundlaget for opgørelse af efterafgrøder er fra Gødningsregnskaberne. I 2007 var der etableret lovpligtige efterafgrøder på ca. 127.000 ha, mens dette areal blev øget til 211.000 ha i 2011, hvilket er en stigning på 84.000 ha (tabel 7). I 2011 var kravet til efterafgrøder før indregning af reduktion pga. de fem alternative virkemidler ca. 239.000 ha, og efter indregning af reduktion ca. 211.000 ha. Det vil sige, at der er anvendt alternative virkemidler for et areal svarende til ca. 28.000 ha efterafgrøder (se afsnit 3.4).

Det etablerede efterafgrødeareal var det samme i 2011 som i 2010. Det vil sige, at stigningen i efterafgrødearealet fra 2007 til 2011 først og fremmest kan tilskrives VMP III-tiltaget ”øget krav til efterafgrøder på 4 %”, mens anvendelsen af alternativer til efterafgrøder, som nævnt ca. 28.000 ha, fortrinsvis kan tilskrives Grøn Vækst-tiltagets ophør af muligheden for reduktion i kravet efterafgrøder på grund af grønne marker’.

Ud over de lovpligtige efterafgrøder blev der i 2011 dyrket efterafgrøder på ca. 8.700 ha i forbindelse med Miljøgodkendelser og på 9.400 ha i forbindelse til Randzoneordningen.

Tabel 7. Analyse af lovpligtige efterafgrøder i gødningsregnskaberne, 2007-11. EA står for efterafgrøder.

År	Dyrket Areal	Fritaget			Krav					Miljøgodk. EA	Randzone EA
		Areal	Grundlag	EA	Areal	Grundareal	Krav før reduk.	Krav efter reduk.	Årets EA		
	1000 ha	----- 1.000 ha -----			----- 1.000 ha -----						
2007	2.647,70	595,90	26,60	0,40	2.051,80	1.573,40*	130,90	112,50	127,20		
2008	2.631,20	171,70	15,70	0,30	2.460,10	1.869,70	232,80	179,20	196,60		
2009	2.625,50	200,80	27,30	1,00	2.424,70	1.812,90	225,90	169,40	183,00	2,80	6,30
2010	2.648,20	205,50	23,20	0,60	2.442,70	1.846,10	233,60	182,80	211,10	5,60	9,10
2011	2.606,70	171,90	26,00	0,10	2.434,70	1.847,00	239,30	210,90	211,10	8,70	9,40

*I 2007 er efterafgrødegrundareal for bedrifter med 100 % grønne marker og deres krav ikke medregnet

Effekt

Effekt af efterafgrøder i henhold til miljøgodkendelser er ikke medregnet i dette afsnit, idet de vedrører neutralisering af kvælstofudvaskning fra bedriftsudvidelser.

Effekten af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt er tidligere anslået af Hansen et al. (2000), og de er evalueret på ny på baggrund af resultater fra markforsøg i Baggrundsnotat 1, hvor de tilgrundliggende forsøgsbetingelser og yderligere vurderinger er beskrevet. Det er anslået, at udvaskningen som gennemsnit over jordtyper kan reduceres med 25 kg N pr. ha ved dyrkning af veletablerede ikke-

kvælstoffikserende efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder tilført anbefalede mængder af handels- eller husdyrgødning. Effekten er desuden opsplittet i sand og ler (tabel 8). Den gennemsnitlige effekt på 25 kg N/ha vurderes at gælde for brug, hvor der tilføres husdyrgødning svarende til mindre end 0,8 DE/ha. Derudover er det skønnet, at udvaskningsreduktionen er 12 kg N/ha større, når efterafgrøder etableres på brug med over 0,8 DE/ha, således at den gennemsnitlige effekt på bedrifter med under 0,8 DE/ha er 25 kg N/ha, og på bedrifter med over 0,8 DE/ha er den 37 kg N/ha (tabel 8).

Tabel 8. Skematisk oversigt over efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt i rodzonen (kg N/ha). Se Baggrundsnotat 1 for de forsøg og vurderinger, der ligger til grund for værdierne.

	<0,8 DE/ha		>0,8 DE/ha	
	Ler	Sand	Ler	Sand
	16	34	28	46
Gennemsnit	25		37	

I årene 2007 til 2011 var ca. 33 % af efterafgrøderne placeret på bedrifter, som anvendte mindre end 0,8 DE pr. ha i husdyrgødning og 67 % på bedrifter med mere end 0,8 DE/ha. Med en sådan fordeling kan den vægtede gennemsnitlige effekt af efterafgrøder beregnes til 33 kg N/ha. For at opnå denne udvaskningsreduktion kræves en god driftsledelse med et rigtigt valg af efterafgrøde samt rettidig såning og ensartet etablering af efterafgrøden (Hansen et al., 2000).

Til belysning af hvordan det forholder sig i praksis, foretog NAER (Børgesen et al., 2009) i efteråret 2007 en fysisk kontrol af efterafgrødernes etablering på 246 bedrifter. Heraf fremgik, at ca. 8 % af efterafgrødearealet dette år havde en så ringe bestand af efterafgrøder, at de måtte betegnes som ikke-veletablerede. På det ikke-veletablerede efterafgrødeareal antager vi, at effekten i forhold til kvælstofopsamling var nul. Det skal dog tilføjes, at der stadig indregnes en eftervirkning i gødningsregnskabet på 17 eller 25 kg N/ha af sådanne efterafgrøder, hvilket vil betyde, at der er en netto reduktion i kvælstofudvaskningen på grund af den lavere kvælstoftilførsel på ca. 7 kg N/ha (Børgesen et al., 2009). Der skal dog tages forbehold for, at opgørelsen af efterafgrødernes etableringssucces alene baserer sig på ét års observationer, og at etableringssuccesen ikke nødvendigvis er den samme hvert år.

For perioden 2007-2011 kan der med et efterafgrødeareal som vist i tabel 7, og en udvaskningsreducerende effekt på 33 kg N/ha på 92 % af arealet og 7 kg N/ha på de resterende 8 %, beregnes en samlet effekt på landsplan (tabel 9).

Tabel 9. Estimeret effekt af efterafgrøder på landsplan i perioden 2007-2011. I den potentielle effekt er alle efterafgrøder veletablerede. I den forventet realiserede effekt er indregnet, at 8 % af arealet med efterafgrøder er ikke-veletableret, hvorfor den udvaskningsreducerende effekt af denne andel alene stammer fra normreduktionen.

År	Efterafgrøde-areal i alt, 1000 ha	Potentiel effekt af efterafgrøder, ton N	Forventet realiseret effekt af efterafgrøder, ton N
2007	127,20	4.203	3.938
2008	196,60	6.496	6.086
2009	183,00	6.046	5.665
2010	211,10	6.975	6.535
2011*	211,10	6.975	3.500‡

* I 2011 skal der tillægges effekt af de alternativer, der er anvendt i stedet for efterafgrøder (se Afsnit 3.4).

‡ For 2011 er effekten vurderet at være halveret som følge af dispensation fra kravet pga. vejrforholdene (L148 Lov om ændring af jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække).

Det fremgår af tabel 9, at den forventet realiserede effekt af efterafgrøder er steget fra ca. 4.000 ton N i 2007 til ca. 6.500 ton N i 2010, idet arealet med efterafgrøder har været stigende. På grund af vejr-mæssige forhold var det i 2010 og 2011 vanskeligt at etablere efterafgrøder tilfredsstillende, og der er givet dispensationer i begge år, hvorfor der må have været en lavere effekt. I 2010 blev der givet ca. 7.000 hele eller delvise dispensationer fra efterafgrødekravet, mens der i 2011 blev givet en general dispensation fra kravet om etablering af efterafgrøder på grund af megen nedbør i august. Effekten af de pligtige efterafgrøder udlagt i 2011 blev på denne baggrund vurderet til at være halveret i forhold til det forudsatte i vandmiljøplanerne (L148 Lov om ændring af jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække). Den forventet realiserede udvaskningsreduktionen i 2011 fra rodzonen er derfor sat til 3.500 ton N (tabel 9). For 2010 er der ikke foretaget en tilsvarende vurdering, og den forventede realiserede effekt er derfor antaget kun at være reduceret med 8 % ikke-veletablerede efterafgrøder (tabel 9).

Effekt

I perioden fra 2007 til 2011 er opnået en potentiel effekt som følge af stigningen i arealet af efterafgrøder svarende til 2.772 ton N.

3.4 Alternativer til efterafgrøder

Udvikling

Som nævnt ovenfor i afsnit 3.3 fremgår det af gødningsregnskaberne hvor stort areal efterafgrøder, der i 2011 er erstattet med alternative virkemidler. Det fremgår dog ikke af gødningsregnskaberne hvilke alternativer, der er anvendt. Den enkelte bedriftsleder skal imidlertid tilmelde sig ordningen vedrørende alternativer til efterafgrøder i forbindelse med den elektroniske indberetning af ansøgning om

enkeltbetaling. I tilmeldingen skal der anføres hvilke af de fem alternativer, der ønskes anvendt. NAER har i efteråret 2012 stillet et udtræk af tilmeldingen for 2011 til rådighed for denne evaluering (tabel 10). Det fremgår, at de alternativer, der har haft størst anvendelse i 2011, var reduktion af virksomhedens kvote og mellemafrøder svarende til henholdsvis 12.720 ha og 14.924 ha efterafgrøder. Tilmeldingen udgjorde ca. 7.000 ha mere, end der blev indberettet i gødningsregnskaberne.

Effekt

For hver af de nævnte alternativer er der udarbejdet en omregningsfaktor, således at effekten svarer til et antal hektar med efterafgrøder. Eksempelvis regnes der med samme effekt fra 2 ha mellemafrøder som 1 ha efterafgrøder (Anonym, 2012). I tabel 10 er alternativerne omregnet, således at effekten af alternativerne svarer til effekten af 28.362 ha efterafgrøder iflg. gødningsregnskaberne.

Med en potentiel udvaskningsreducerende effekt på 33 kg N/ha (jf. afsnit 3.3) giver alternative virkemidler svarende til 28.632 ha en samlet reduktion i udvaskningen på ca. 945 ton N.

Tabel 10. Tilmelding til alternativer til efterafgrøder i 2011 i forbindelse med indberetning til enkeltbetalingsordningen, samt indberetning til gødningsregnskaberne for 2011.

Tilmeldte alternativer	Omregnet til efterafgrødeareal ha
Reduktion af virksomhedens kvælstofkvote	12.720
Udlægning af mellemafrøder	14.924
Udlægning af efterafgrøde hos anden virksomhed	2.163
Etablering af flerårige energiafrøder	5.736
Separering og forbrænding af fiberfraktion i husdyrgødning	20
I alt tilmelding	35.563
Indberetning i gødningsregnskaber	28.632

3.5 Slæt i stedet for afgræsning

Som følge af strukturudviklingen i erhvervet med stadigt større og mere effektive kvægbedrifter er der sket et skift fra at have køerne på græs til i stigende grad at have dem i stald hele året, hvorved der samtidig er sket et skift fra afgræsning til slæt. Der er ofte et betydeligt større kvælstofoverskud ved afgræsning end ved slæt, idet der via dyrenes gødningsafsætning tilbageføres kvælstof ved afgræsning, hvorimod kvælstof fjernes fra marken ved slæt. Desuden er udnyttelsen af gødning afsat under afgræsning ringe, hvorved udvaskningen ved afgræsning oftest er betydeligt højere end ved slæt. Dvs., at skiftet fra afgræsning til slæt har medført en reduktion af kvælstofudvaskningen.

Omfang og udvaskningsreducerende effekt af skiftet fra afgræsning til slæt er vurderet i en række udredninger (Kristensen et al., 2011ab; Søgaard et al., 2011) til Baseline-udvalget, der var nedsat af

Naturstyrelsen med henblik på at vurdere baselineeffekt af kvælstof i relation til vandplanarbejdet (Naturstyrelsen, 2011b). Kristensen et al. (2011b) estimerede således, at det afgræssede areal i 2003 var 129.000 ha, 73.000 ha i 2008, og at det ville falde til ca. 48.000 ha i 2015. Dvs., at strukturudviklingen i erhvervet har medført/medfører et skift fra afgræsning til slæt på ca. 80.000 ha i perioden 2003-2015. Det blev endvidere skønnet, at realistiske intervaller for reduktion i udvaskning fra rodzonen er 0 - 25 kg N/ha på lerjord og 12 – 70 kg N/ha på sandjord, og da ca. 85 % af græs i omdrift ligger på sandjord (JB1-4) og ca. 15 % på lerjord (>JB4), kunne de ca. 80.000 ha fordeles med ca. 68.000 ha på sandjord og ca. 12.000 ha på lerjord, således at den samlede reduktion i kvælstof-udvaskning fra rodzonen for perioden 2003-2015 blev beregnet til intervallet 816 - 5060 ton N.

Effekt

Baseret på den nævnte udvikling i perioden 2003-2015 skønnes det, at strukturudviklingen i erhvervet i perioden 2007-2011 har medført et skift fra afgræsning til slæt på ca. 20.000 ha, eller ca. en fjerdedel af hele perioden 2003-2015, og den samlede udvaskningsreducerende effekt i rodzonen for perioden 2007-2011 kan anslås til intervallet 200 - 1250 ton N.

På samme måde kan det anslås, at det afgræssede areal vil falde med yderligere ca. 12.000 ha fra 2011 til 2015, hvilket vil medføre en yderligere reduktion i udvaskning fra rodzonen på 120-750 ton N.

3.6 Vådområder med kvælstofeffekt

Vådområder kan fjerne nitrat fra gennemstrømmende grundvand, fra drænvand, der overrisler eller gennemstrømmer jordmatrix, eller fra vand, der oversvømmer et areal. Kvælstoffjernelsen foregår hovedsagelig via denitrifikation, hvor bakterier i iltfrie miljøer omsætter nitrat til frit kvælstof. Hertil kommer en effekt fra ophør af dyrkning af de omdriftsarealer, som udlægges som vådområder.

Reetablering af vådområder medfører en reduktion af kvælstoftilførslen til vandløb og søer og giver dermed en reduktion i kvælstofbelastningen til havet.

Vådområder under Vandmiljøplan III

I aftalen om VMP III indgår særlige tiltag under MVJ-foranstaltningerne, herunder bl.a. vådområder. Kriterier for tilskud til anlæg af disse vådområder var, at ansøger godtgør, at vådområdeprojektet kan fjerne netto mindst 100 kg N/ha inden for projektområdet, beregnet som den gennemsnitligt forøgede denitrifikation plus den reduktion i kvælstofudvaskning, der følger af, at den jordbrugsmæssige anvendelse ændres eller ophører jf. bekendtgørelse nr. 892 af 22. september 2005. Kriterier for tilskud til miljøvenlig drift af vådområder er beskrevet i bekendtgørelse nr. 893 af 22. september 2005.

Tabel 11. Arealer og årlig kvælstoffjernelse for miljøvenlige vådområder under VMP III i perioden 2005-2009. Dataene dækker både etablerede, afsluttede og projekter med tilsagn, men hvor etablering endnu ikke er fulgt op (NAER).

	2005	2006	2007	2008	2009	I alt
Arealer i projekter (ha)	75	101	495	277	603	1.550
N fjernelse i vådområdeprojekter (ton N)	10,1	12,7	74,3	29,9	90,8	217,8

De private vådområder er en del af Grøn Vækst og supplerer de kommunale vådområder. Arealer med vådområder under VMPIII blev for perioden 2005-2007 vurderet i midtvejsevalueringen af VMPIII (Waagepetersen et al., 2008), hvor stort set ingen vådområdeprojekter endnu var etableret, idet der kun var givet tilsagn om bevilling af midler. En opdateret opgørelse for perioden 2005-2009 (tabel 11) viser, at der er givet tilsagn til vådområder under VMPIII på 1.550 ha med en samlet estimeret årlig kvælstoffjernelse på 218 ton (NAER). Projekterne for 2005-2007 er afsluttet. For 2008 og 2009 er projekter svarende til henholdsvis 50 og 75 % af arealet endnu ikke gennemført, men har fået tilsagn om midler til reetablering af vådområde. Gennemførselsprocenten for disse projekter er ikke kendt pt.

Private vådområder

Med det formål at forbedre vandmiljø og natur kunne der gives tilsagn om etablering af private vådområder, jf. bekendtgørelse nr. 952 om tilskud til private virksomheder m.fl. til vådområdeprojekter af 30. juli 2010. For at få tilskud skal ansøger godtgøre, at projektet vil medføre, at der netto fjernes mindst 100 kg N/ha inden for projektområdet, beregnet som den gennemsnitlige forøgede denitrifikation pr. ha inklusiv den reduktion i kvælstofudvaskningen fra projektområdet, der følger af, at den jordbrugsmæssige anvendelse ændres eller ophører. I perioden 2010 - primo 2013 er der givet tilsagn til vådområdeprojekter på 426 ha, som samlet har en forventet kvælstoffjernelse på ca. 57,8 ton N efter implementering (NAER).

Kommunale vådområder

I Grøn Vækst er det aftalt, at der skal reetableres op til 10.000 ha vådområder. For de kommunale vådområder er kriteriet for at få tilskud, at kvælstoffjernelse er lidt højere nemlig gennemsnitlig 113 kg N/ha, jf. bekendtgørelse nr. 853 af 30. juni 2010.

Naturstyrelsen modtog ansøgninger om kommunale vådområder på 615,5 og 991,5 ha i henholdsvis 2010 og 2011 (NST, 2013). Forundersøgelse af projekter i disse arealer skal vurdere, om projekterne opfylder kriterier for tilsagn til realisering. I perioden 2010-primo 2013 er det NSTs erfaring, at ca. 15 % af forundersøgelserne viser, at projektet ikke kan opfylde kriterierne, og projektet må opgives. I perioden 2010-primo 2013 er der afsluttet 4 vådområdeprojekter; resten af de projekter, der har fået tilsagn, er under etablering. Der er således næppe gennemført projekter inden udgangen af 2011, hvorfor denne indsats kun indregnes i den fremadrettede opgørelse, se afsnit 4.6.

Vand og naturindsats opnået for Miljømilliard

I 2008 blev der afsat en Miljømilliardpulje til at forbedre vand- og naturindsatsen. Indsatsen blev rettet mod 11 geografiske områder, hvor genoprettelse af søer, ådale, vandløb og engarealer blev udmøntet i 40 specifikke projekter (se bilag C). Den samlede effekt af projekter etableret inden for Miljømilliardpuljen er estimeret til 563 ton N (NST, 2013).

Effekt

Den samlede effekt af vådområdeindsatsen i 2007-2011 kan estimeres til 839 ton N (tabel 12).

Tabel 12. Samlet oversigt over vådområdeindsats og -effekt i perioden 2007-2011

	Antal ha	Effekt i ton N/år (regnet for 2011)
VMPIII	1.550	217,8
Private vådområder (tilsagn)	426	57,8
Kommunale vådområder	0	0
Miljømilliard	Ikke opgjort	563
I alt		839

3.7 Udvikling i etablering af skovarealet (privat og offentlig)

Udvikling

For perioden 2008-2011 er der rejst skov på 5.753 ha (tabel 13). For denne periode udgør den private skovrejsning med tilskud 4.809 ha (NST), mens den statslige skovrejsning udgør 944 ha (NST). Det er en forudsætning for at få tilskud til privat skovrejsning, at jorden er landbrugsjord inden tilplantning med ny skov.

Tabel 13. Arealer (ha) med opnået skovrejsning for perioden 2008-2011.

	2008	2009	2010	2011	2008-2011
Statslig skovrejsning	242	183	10	509	944
Kommunal skovrejsning	0	0	0	0	0
Privat skovrejsning med tilskud	1.094	1.096	1.460	1.159	4.809
I alt	1.336	1.279	1.470	1.668	5.753

Den kommunale skovrejsning har formentlig været tæt på 0 de sidste 6-7 år. Årsagen har formodentlig været kommunernes pressede økonomi, høje jordpriser samt bortfald af en EU-støtteordning til offentlig skovrejsning (NST, 2012).

Effekt

Skov og Landskab, Københavns Universitet har vurderet, at rodzoneudvaskning af kvælstof fra skov rejst på tidligere landbrugsarealer på langt sigt udgør ca. 12 kg N/ha pr. år (Gundersen, 2008; pers. medd.).

Effekten af skovrejsning opgøres som den gennemsnitlige kvælstofudvaskning fra det dyrkede areal fratrasket udvaskning fra skov rejst på landbrugsjord. Kvælstofudvaskning fra det dyrkede areal udgør ca. 62 kg N/ha (Baggrundsnotat 4). Reduceret kvælstofudvaskning ved skovrejsning udgør derfor årligt ca. 50 kg N/ha.

I normreguleringssystemet til kvælstofkvoten for hele landet vil udtagning af et landbrugsareal betyde en reduktion i kvælstofudvaskning, såfremt den gødning, der spares på det udtagne areal, trækkes ud af kvælstofkvoten for hele landet. For perioden 2008-2010 er der ikke trukket gødning ud af kvælstofkvoten. Der er derfor ikke trukket gødning ud af kvælstofkvoten for de landbrugsarealer, hvorpå der er rejst skov for perioden 2007-2010. Nedgangen i det dyrkede areal medfører derfor et øget kvælstofforbrug på det øvrige landbrugsareal. Den samlede kvælstofudvaskning for hele landet vil derfor være omtrent uændret, selvom der er rejst skov på udtagne arealer i perioden 2008-2010.

For 2011 blev der trukket gødning ud af kvælstofkvoten svarende til 10.000 ha, som dækker det landbrugsareal, der er gået til byudvikling, veje og evt. skov. De 10.000 ha pr. år blev estimeret i tilknytning til den tekniske justering af normsystemet i Grøn Vækst-aftalen og blev vurderet på det dyrkede areal fra Danmarks Statistik. Som omtalt i afsnit 1.1 om udviklingen i det dyrkede areal har den reelle nedgang i det dyrkede areal som gennemsnit udgjort 12.600 ha for perioden 2006-2011, hvilket er baseret på opgørelser af det indberettede areal i GLR.

Effekten af skovrejsning på 1.668 ha i 2011 udgør 83,4 ton N og er en del af den effekt der tilskrives den tekniske justering af normsystemet med hensyn til nedgangen i det dyrkede areal for dette år.

3.8 Udviklingen i det økologisk dyrkede areal

Udvikling

Antallet af økologiske bedrifter er steget lidt i 2008 og 2009, men er herefter faldet igen til 2007-niveauet på ca. 2.600 bedrifter (tabel 14). Ifølge Danmarks Statistik har antallet af økologiske bedrifter været næsten uændret set over hele perioden. Det økologiske areal, inkl. arealet under omlægning, er derimod steget fra ca. 145.000 ha i 2007 til ca. 170.000 ha i 2011. Den største stigning fandt sted mellem 2007 og 2008. Samlet set har der i perioden været en stigning på ca. 1 % i det økologiske areal i forhold til det samlede landbrugsareal, eller en stigning i det økologiske areal på ca. 14 % i perioden (tabel 14).

Tabel 14. Udviklingen i det økologiske areal, 2007-2011 (NAER).

	2007	2008	2009	2010	2011
Antal autoriserede bedrifter	2.607	2.682	2.626	2.602	2.601
Økologiske arealer og omlægningsarealer ha)	145.393	160.789	162.995	168.994	169.591
Inkl. arealer, der endnu ikke er omlagt (ha)	150.207	166.738	170.346	173.513	177.838
Økologisk areal i % af det samlede areal	5,4	5,9	6,1	6,3	6,5
Inkl. arealer, der endnu ikke er omlagt	5,6	6,3	6,4	6,6	6,7

Effekt

I forbindelse med midtvejsevaluering af VMPIII blev effekten af omlægning til økologisk drift revurderet til 17 kg N/ha i forhold til 33 kg N/ha ved VMPII-evalueringen (Waagepetersen, 2009). Nedjusteringen fra 33 til 17 kg N/ha er baseret på skøn, men den primære årsag til denne reduktion i effekten var, at der i den mellemliggende periode var sket væsentlige stramninger i gødningsanvendelsen, hvorved udvaskningen fra konventionelt jordbrug var reduceret i forhold til udvaskningen fra økologisk jordbrug. I perioden efter 2007 er der endvidere sket det, at efterafgrødekravet er øget, hvor der dog for økologer i en periode var lempeligere krav. Desuden er der indført regler vedrørende forbud mod jordbearbejdning og opløjning af fodergræs om efteråret, som økologer imidlertid er undtaget fra. Dette vil alt andet lige reducere forskellen mellem økologisk og konventionel jordbrug mht. udvaskning, og den udvaskningsreducerende effekt af økologisk drift skønnes derfor at være i størrelsesordenen 10-17 kg N/ha.

Andre opgørelser, f.eks. Holsten et al. (2012) angiver effekten af økologisk jordbrug til 0-50 kg N/ha og i gennemsnit 20 kg N/ha, og Loges et al. (2005) fandt i en undersøgelse fra Schleswig-Holstein en reduktion i udvaskningen fra rodzonen på 2-9 kg N/ha i forhold til udvaskningen fra konventionelt jordbrug.

Det økologiske areal er steget med 24.000-28.000 ha i perioden 2007-2011 (tabel 14), afhængig af om der kun ses på økologiske arealer og omlægningsarealer, eller om endnu ikke omlagte arealer inkluderes; og den samlede udvaskningsreducerende effekt i rodzonen i 2011 kan estimeres til i størrelsesordenen 240-480 ton N.

3.9 Udvikling i landdistriktsprogrammet, plejeordninger mm.

Udvikling

Inden for Særligt Følsomme Landbrugsområder (SFL) kan der ved frivillig deltagelse opnås tilskud til forskellige Miljøvenlige Jordbrugsforanstaltninger (MVJ) beskrevet i Bekendtgørelse nr. 140 af 10. marts 2005. Ordningerne er efterfølgende opdateret i en række bekendtgørelser. Disse ændringer har dog en begrænset indflydelse på kvælstofudvaskningen.

Landmænd kan få støtte til pleje af permanente græsarealer. Ordningen er beskrevet i bekendtgørelse nr. 98 af 28. januar 2010 om særlig støtte til landbrugere til pleje af permanente græsarealer. Ordningen er 1-årig og foreskriver, at der ikke må tilføres gødning bortset fra den gødning, der efterlades af græssende dyr. Ordningen gælder kun permanente græsarealer, og der er ikke oplysninger om, hvilken drift det permanente græsareal havde inden overgangen til ordningen, hvorved det ikke er muligt at vurdere, om ordningen har haft en effekt på kvælstofudvaskningen. Ordningen blev anvendt på 5.000 ha både i 2010 og 2011. For en række ordninger er tilsagn stadig gældende, men tilsagnene dækker stort set det samme areal i perioden 2008-2011, fordi der kun er begrænset bortfald eller tilkomst af nye arealer. Dette gælder tilsagn om udtagning af agerjord, udtagning af græs, ændret afvanding, etablering af vådområder og miljøvenlig drift af vådområder. De tre nævnte tilsagn er indgået for en periode på 20 år. Desuden gælder det etablering af efterafgrøder, der dækker en periode på 10 år samt opretholdelse af ændret afvanding, der dækker en periode på 5 år. Opretholdelse eller fastholdelse af afvanding eller vådområder er ændringer i arealanvendelse, der er indgået før 2008.

Af tilsagn med betydning for kvælstofudvaskning udgør nedsættelse af kvælstofkvote en nedgang i aftaleareal på 1.234 ha, og for arealer med miljøvenlig drift af græs på udgør ophør af aftaler en nedgang på 2.995 ha i perioden 2007-2011.

Tabel 15. Ændringer og effekt på kvælstofudvaskning fra rodzonen af MVJ-ordninger med støtte fra Landdistriktsprogrammet for perioden 2007-2011, opgjort ud fra gældende aftaler. Det antages, at miljøvenlig græsdrift hovedsageligt overgår til vedvarende græs.

LDP-tilsagn, miljøordninger	Indgået år	Sidste år	2007 (ha)	2011 (ha)	Ændring (ha) 2007-2011	Effekt (kg N/ha/år)	I alt (ton N)
Nedsættelsen af tilførslen af N, 5 -10 år	1997-2004	2013	1.614	380	-1.234	17	-21
Miljøvenlig drift af græs, 20 år,	1997-2002	2022	4.310	4.140	-170	9	-1.5
Miljøvenlig drift af græs, 5 - 10 år	2003-2005	2013	10.615	7.620	-2.995	9	-27
Pleje af græs- og naturarealer, 5 år			15.116	63.437	48.321	0	0
Etablering af braklagte randzoner, 5 år	2007-2011	2016	256	644	388	50*	19
Opretholdelse af ændret afvanding, 5 år	2009	2012	0	300	300	14	4.2
Samlet effekt							-26

*) Jævnfør afsnit 3.1 vedr. udtagning af landbrugsjord

Effekt

For nedsat kvælstofgødning til 60 % af behovet reduceres gødningstilførslen med 56 kg N/ha, idet den gennemsnitlige kvælstofnorm inklusiv korrektion for eftervirkning af efterafgrøder men uden korrektion for kvælstofprognosen udgør ca. 140 kg N/ha i 2007. Udvasningen reduceres med 17 kg N/ha ud fra den antagelse, at kvælstofudvaskningen er reduceret med 1/3 af gødningsforbruget (Børgesen et al. 2009). Miljøvenlig drift af græs kan både indgås med en aftalt reduktion i gødningsforbrug, eller at der ikke må tilføres gødning. Stort set alle arealer med miljøvenlig drift af græs (97 %) blev indgået såle-

des, at der ikke tilføres gødning (opgjort ud fra indgåede aftaler i perioden 1997-2002). Effekt på kvælstofudvaskning er beregnet til en nedgang på 28.5 ton N (tabel 15) ved at antage, at arealet overgår til permanent græs samt, at udvaskningen efter omlægning svarer til landsgennemsnittet i 2011 for permanent græs.

Miljøvenlig drift af græs har en baggrundsudvaskning på ca. 12 kg N/ha svarende til kvælstofudvaskning fra braklagte marker (Waagepetersen, 1992). Kvælstofudvaskning ved opdyrkning af arealer, hvor der tidligere har været tilsagn om miljøvenlig drift af græsarealer, estimeres til ca. 21 kg N/ha (gældende for permanent græs; beregnet som beskrevet i Baggrundsnotat 4), svarende til en øget udvaskning på 9 kg N/ha.

Stigningen i kvælstofudvaskning pga. ophør af tilsagn for miljøvenlig drift udgør sammenlagt 26 ton N for perioden 2007-2011 (tabel 15).

3.10 Biogas - forbrug af forarbejdet husdyrgødning

Udvikling

Energistyrelsen har på basis af biogasproduktionen på gård- og fællesanlæg skønnet, at ca. 7 % af husdyrgødningen blev afgasset i 2009 (Søren Tafdrup, Energistyrelsen, pers. medd.). Antages udviklingen fra de foregående år at fortsætte, kan ca. 8 % af husdyrgødningen estimeres til at være afgasset i 2011. Vurderingen er baseret på udviklingen vist i tabel 16, hvor det skal nævnes, at nedgangen i energiproduktion fra 2010 til 2011 iflg. Søren Tafdrup, Energistyrelsen sandsynligvis skyldes, at tilgængeligheden af letomsætteligt industriaffald (glycerol mm) er faldet mærkbart i 2011 i forhold til 2010. Faldet vurderes derfor ikke at være relateret til et fald i gyllemængden.

Tabel 16. Forbrug af gylle til biogas estimeret af Energistyrelsen frem til 2009 (Energistyrelsen; pers. medd.). For 2010 og 2011 (markeret med grå kursiv) er mængden estimeret på grundlag af foregående års udvikling.

År	Fælles-anlæg	Gård-anlæg	I alt	%-ændring pr. år	Estimeret mængde gylle anvendt til biogas Mio. ton
1990	211	19	230		0,19
1991	369	19	388	69	0,32
1992	449	24	473	22	0,39
1993	529	27	556	18	0,46
1994	632	26	658	18	0,54
1995	745	27	772	17	0,64
1996	803	27	830	8	0,69
1997	973	32	1.005	21	0,83
1998	1.166	56	1.222	22	1,01
1999	1.183	70	1.253	3	1,04
2000	1.279	129	1.408	12	1,16
2001	1.345	179	1.524	8	1,26
2002	1.403	344	1.747	15	1,44
2003	1.508	625	2.133	22	1,76
2004	1.531	745	2.276	7	1,88
2005	1.593	745	2.338	3	1,93
2006	1.678	907	2.585	11	2,14
2007	1.699	904	2.603	1	2,15
2008	1.739	907	2.646	2	2,19
2009	1.839	1.046	2.885	9	2,39
2010	1.907	1.107	3.014	4	2,51
2011	1.843	1.052	2.895	-4	2,64

Effekt

På langt sigt er der en større udvaskning af kvælstof fra organisk bundet N i husdyrgødning end fra mineralsk N. Ved bioforgasning reduceres organisk bundet N i gødning, og der kan derfor forventes en lidt lavere udvaskning på langt sigt (Sørensen & Vinther, 2012). Effekten på udvaskning vil være afhængig af, om der tages højde for den højere tilgængelighed af N i den afgassede gødning ved gødningsplanlægning, hvilket ikke sker i dag. Der må derfor forventes omtrent uændret udvaskning set over en kortere horisont (5-10 år), idet der sker en uændret tilførsel af total N. På meget langt sigt (100-200 år) kan der forventes en lidt lavere udvaskning efter bioforgasning. Den langsigtede reduktion ved afgasning af ren svinegylle kan beregnes til 2,3 kg N/DE ud fra en antagelse om, at udvaskningen af mineralsk N er 30 %, hvorimod den er 45 % for organisk N i gødning (Sørensen og Vinther, 2012). Der er således ikke indregnet en effekt af bioforgasning af gylle på udvaskningen.

3.11 Resumé for perioden 2007-2011

I tabel 17 sammenfattes de beregnede reduktioner i rodzoneudvaskningen for perioden 2007-11. Tabellen gengiver således en beregnet forskel i årlig rodzoneudvaskning mellem årene 2007 og 2011, hvor det antages, at andre forhold omkring dyrkning af øvrige landbrugsarealer er uændrede (uændret N gødsning, sædskifter og jordbearbejdning).

Tabel 17. Arealer vedrørende de omtalte virkemidler samt estimeret akkumuleret effekt i form af reduceret kvælstofudvaskning sket over perioden 2007-2011.

	Areal	Effekt: ton N		Henvisning
		Rodzone	Overfladevand	
2007-2011	1000 ha	Min	Max	
Teknisk justering af normsystem	8,3	417	417	Afsn. 3.1
Skovrejsning i 2011	1,7	83	83	Afsn. 3.7
Energiafgrøder	1,6	63	63	Afsn. 3.2
Efterafgrøder	83,9	2.772	2.772	Afsn. 3.3
Alternativer til efterafgrøder	28,6	945	945	Afsn. 3.4
Slæt i stedet for afgræsning	20,0	200	1.250	Afsn. 3.5
Økologisk jordbrug	24-28	240	480	Afsn. 3.8
Landdistriktsprogram mm.	5,1	-26	-26	Afsn. 3.9
Bioforgasning / husdyrgødning		0	0	Afsn. 3.10
VMP III vådområder	1,6		218	Afsn. 3.6
Miljømilliard og VMPII- vådområder, 2007-2011			563	1)
Effekter i alt, 2007-2011		4.690	5.980	780

1) *Naturstyrelsen (2011b)*

Den samlede reduktion i årlig rodzoneudvaskning som følge af virkemidlerne er 4.700-6.000 ton N (tabel 17). Der er valgt i tabel 17 at angive det fulde potentiale for efterafgrøder, jævnfør redegørelsen i afsnit 3.3. Effekten af vådområder er vist særskilt i tabellen, idet effekten primært er på kvælstof i overfladevand.

Der kan ikke forventes en direkte sammenhæng mellem ændringer i den modelberegnete netto kvælstofudvaskning som opgjort i afsnit 6.3 og den effekt, der opgøres specifikt for virkemidlerne. Mens de beregnede effekter på rodzoneudvaskningen af virkemidler estimeres til ca. 4.700-6.000 ton N, viste de modellerede udvaskninger ikke nogen udvikling i perioden 2007-11 (se afsnit 6.3).

Der er en række forklaringer på, hvorfor den beregnede effekt af virkemidler ikke slår igennem i den model-baserede beregning af den samlede udvaskning. For det første udgør den beregnede effekt af virkemidler ca. 3 % af den model-baserede beregning af den samlede kvælstofudvaskning. Dette er mindre end usikkerhederne på begge typer beregninger. Modelusikkerheden vurderes at være på

niveau med usikkerheden estimeret for N-LES3 på 10-30% (Larsen og Kristensen 2007). For det andet er der i perioden sket en række andre dyrkningsmæssige ændringer, som har influeret på udvaskningsberegningerne, men som ikke slår igennem i effektopgørelserne i tabel 17. Her kan nævnes ophævelse af brakforpligtigelsen og ændrede sædskifter, herunder større majsareal.

4. Virkemidler - fremskrivning og effekt 2012-2015

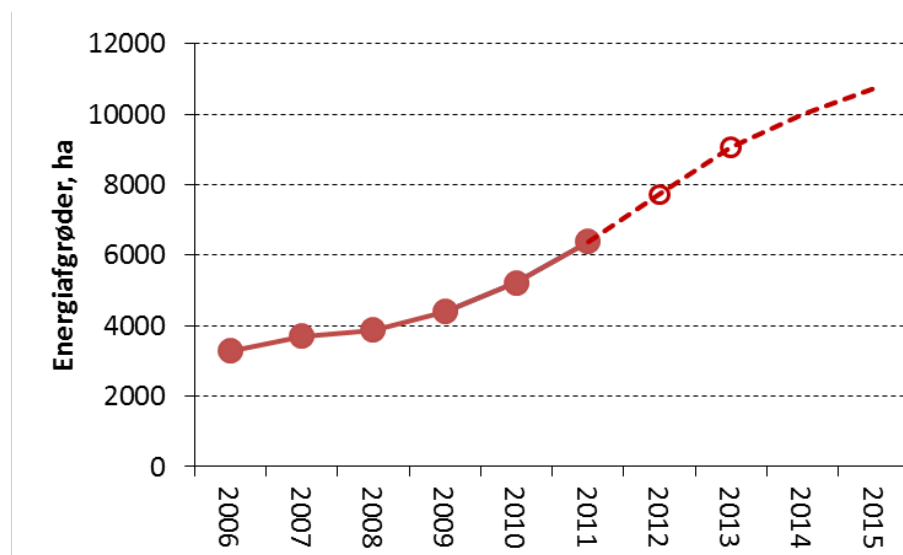
4.1 Teknisk justering af normsystemet mht. nedgang i dyrket areal

Der henvises til afsnit 3 og 3.1 med hensyn til effekt af virkemidler, hvor der sker en udtagning af omdriftsarealer. Den tekniske justering af normsystemet blev indført i 2010/2011, og med en udvaskningsreducerende effekt på ca. 500 ton N pr. år vil virkemidlet over fire år (2012-2015) have reduceret udvaskningen fra rodzonen med ca. 2.000 ton N. Da skovrejsningen foregår på en del af det udtagne areal, er effekten for skovrejsning inkluderet heri. Estimeres effekten af skovrejsning separat, bliver effekten fordelt med 310 ton N til skovrejsning (afsnit 4.7) og 1690 ton N til de øvrige udtagne arealer.

Såfremt udviklingen fra 2006-11 fortsætter i 2012-15, vil der blive udtaget i gennemsnit ca. 12.600 ha pr. år. Der vil således være et udtag på ca. 2.600 ha, hvor der ikke vil være en effekt på kvælstofudvaskningen af udtagningen.

4.2 Energiafgrøder

Det er vanskeligt at forudsige hvor store arealer med flerårige energiafgrøder, der kan forventes tilplantet frem mod 2015, da det i høj grad vil afhænge af både marked og miljøpolitik, og nok især af om der fortsat vil kunne gives etableringstilskud til flerårige energiafgrøder. Figur 4 viser udviklingen i arealet med energiafgrøder i perioden 2006-2013, samt et estimat af arealet i 2015. Da det pt. ikke er afgjort, hvorvidt etableringstilskuddet vil bortfalde i 2013, vurderer vi, at lodsejere vil være lidt tilbageholdende med nyetableringen, så det samlede areal i 2015 forventes at være 10.000 – 11.000 ha (figur 4).



Figur 4. Udviklingen i arealet med energiafgrøder i perioden 2006-2011, samt estimat for udviklingen frem mod 2015.

Hvis det antages, at arealet med energiafgrøder udgør 10.000-11.000 ha i 2015, og det endvidere antages, at energiafgrøder som et groft gennemsnit af højbundsjord (ler og sand), og lavbundsjord reducerer udvaskningen fra rodzonen med 40 kg N/ha, jf. afsnit 3.2, svarer det til, at energiafgrøder i 2015 vil

reducere udvaskningen fra rodzonen med 400-440 ton N i sammenlignet med ca. 255 ton N i 2011, hvor arealet med energiafgrøder var ca. 6.400 ha; dvs. en yderligere reduktion på 145-185 ton N fra 2011 til 2015.

Som nævnt i afsnit 3.2 kan energiafgrøder imidlertid anvendes som alternativ til efterafgrøder, og de har derved ikke nogen effekt ud over den, der er indregnet i efterafgrødeeffekten. Andelen af energiafgrøder der vil blive anvendt som alternativ til efterafgrøder, er vanskelig at anslå. Afhængig af eventuelle etableringstilskud, forventet øget krav til efterafgrøder, samt mulighed for at handle med overskud af efterafgrøder eller alternativer i forhold til det lovpligtige areal, vurderer vi at mindst halvdelen af det nye energiafgrødeareal vil blive etableret med henblik at kunne anvendes som alternativ til efterafgrøder. Skønnes det derfor, at 50 % af det nyetablerede (i løbet af 2012-2015) energiafgrødeareal bliver anvendt som alternativ til efterafgrøder, medregnes i denne sammenhæng kun den udvaskningsreducerende effekt for de resterende 50 % af arealet. Herved vil nye energiafgrøder i 2015 reducere udvaskningen fra rodzonen med yderligere 72-92 ton N i forhold til forrige periode.

I takt med at kravet til efterafgrøder stiger, jvf. afsnit 4.3, er vurderingen fra landbrugskonsulenter, at op imod 80 % af energiafgrødearealet vil blive etableret med henblik på at kunne anvendes som alternativ til efterafgrøder.

Oprindeligt var målsætningen i Grøn Vækst, at arealet med flerårige energiafgrøder ville være ca. 30.000 ha i 2015. En beregning af hvad effekten vil være, hvis Grøn Vækst-målsætningen ved etablering af yderligere 30.000 ha flerårige energiafgrøder er tidligere gennemført med en række forskellige forudsætninger (DJF/DMU, 2011). Det blev her beregnet, at 30.000 ha flerårige energiafgrøder vil kunne reducere udvaskningen fra rodzonen med mellem 180 og 979 ton N/år afhængigt af jordtype, hvilken afgrøde energiafgrøderne erstatter og hvilken andel, der bliver anvendt som alternativ til efterafgrøder.

4.3 Yderligere efterafgrøder

I Noget for Noget (Anonym, 2008) blev det antaget, at effekten af efterafgrøder blev vurderet i forhold til en landbrugspraksis, hvor jord uden efterafgrøder blev jordbearbejdet om efteråret. I forbindelse med indførelsen af reglerne om Ingen Jordbearbejdning om Efteråret i 2011 er det derfor nødvendigt med en vurdering af, hvor meget udvaskningen reduceres ved dyrkning af dels 'gamle' efterafgrøder og dels de 'nye' yderligere efterafgrøder på 140.000 ha. Med 'gamle' og 'nye' henvises der til efterafgrøder henholdsvis før og efter 2011, hvor referencebetingelserne lovgivningsmæssigt blev ændret.

Som det fremgår af Baggrundsnotat 1, var referencen til forsøgsled med efterafgrøder i de oprindelige forsøg jord, der blev holdt sort vha. herbicider og altså *ikke* jordbearbejdet. Det vil sige, at forsøgsbetingelserne var omtrent sammenlignelige med betingelserne i 2012, hvor de nye regler om jordbearbejdning betød, at man må nedvisne ukrudt og spildfrø 1. oktober. På baggrund af dette samt efterføl-

gende vurderinger antages virkningen af de yderligere efterafgrøder på 140.000 ha at have samme effekt som hidtil antaget for de 'gamle' efterafgrøder (se Baggrundsnotat 1). Ved en fortsat fordeling af efterafgrødearealet med 33 % på bedrifter mindre end 0,8 DE/ha og 67 % på bedrifter over 0,8 DE/ha, vil de 140.000 ha yderligere efterafgrøder potentielt resultere i en samlet udvaskningsreduktion på ca. 4.600 ton N. Hvis det antages, at etableringssuccesen for efterafgrøder er den samme som bedømt af NAER i 2007 (se Afsnit 3.3) med 8 % ikke-veletablerede efterafgrøder, og hvor effekten af de ikke-veletablerede efterafgrøder alene relateres til indregning af eftervirkningen i gødningsregnskabet for den følgende afgrøde, vil effekten af de yderligere efterafgrøder være ca. 4.300 ton N. Der tages dog forbehold for, at etableringssuccesen for efterafgrøder ikke nødvendigvis er den samme hvert år (Afsnit 3.3). Etablering af 140.000 ha yderligere efterafgrøder forventes imidlertid tidligst at træde i kraft fra efteråret 2015 med implementering af vandplanerne. Derfor får tiltaget ikke den ovennævnte effekt i fremskrivningsperioden 2012-2015, men alene efter 2015.

4.4 Alternativer til efterafgrøder

Der vil ikke være en yderligere udvaskningsreducerende effekt af alternativer til efterafgrøder, da effekten bliver indregnet i efterafgrødeeffekten.

4.5 Dyrkningsrelaterede virkemidler

Dyrkningsrelaterede virkemidler omfatter:

- 1) Forbud mod jordbearbejdning forud for forårssåede afgrøder, hvor der ifølge lovgivningen ikke må foretages jordbearbejdning (pløjning eller harvning) forud for forårssåede afgrøder fra høst af forfrugt til den 1. november på ler- og humusjord (JB5-11) og til den 1. februar på sandjord (JB1-4). JB12-jorde skal indplaceres som den jordtype, den i tekstur minder mest om. Kemisk nedvisning af ukrudt og spildfrø er dog tilladt fra 1. oktober. I det følgende kaldes dette virkemiddel Ingen Jordbearbejdning om Efteråret.
- 2) Forbud mod omlægning af fodergræs, hvor der ifølge lovgivningen ikke må omlægges fodergræsmarker til andre afgrøder i perioden fra 1. juni til 1. februar. I det følgende kaldes dette virkemiddel Ingen Omløjning af Fodergræs.

I Grøn Vækst er der sat fokus på ændret jordbearbejdning om efteråret som et virkemiddel til at reducere kvælstofudvaskningen fra landbrugsjord. Mekanisk jordbearbejdning vil forøge kvælstofmineraliseringen, og en mindre kvælstofmineralisering om efteråret betyder alt andet lige en mindre risiko for kvælstofudvaskning. Effekten af at minimere jordbearbejdningen er størst på jord, som betinger høj kvælstofmineralisering. Tidspunktet for omløjning af græs har særligt stor betydning for risikoen for udvaskning af kvælstof, fordi græs opbygger en stor rodbiomasse, som efter omløjning mineraliseres, og hvis dette sker i efteråret uden afgrødedække, vil der ske en stor udvaskning af nitrat med overskudsnedbøren i efteråret/vinteren.

De to virkemidler blev implementeret i lovgivningen fra efteråret 2011, hvor der samtidig blev indført en række undtagelser, således at det fortsat i visse tilfælde er tilladt at foretage jordbearbejdning om efteråret. Det drejer sig om økologiske arealer, og på arealer hvor der dyrkes kartofler, må der foretages jordbearbejdning fra 1. november uanset jordtype. Endvidere er arealer med roer, kolbe- eller kernemajs undtaget.

1) Ingen Jordbearbejdning om Efteråret

Jordbearbejdningens effekt på udvaskningen er under danske forhold kun belyst i få forsøg og hovedsagelig kun i forsøg med ensidig dyrkning af vårbyg (Hansen & Djurhuus, 1997). De tilgrundliggende forsøgsbetingelser og yderligere vurderinger er beskrevet i Baggrundsnotat 2. I notatet er ligeledes begrundet, hvorfor det skøn på 10 kg N/ha i udvaskningsreduktion for både ler og sand anses for at være mere i overensstemmelse med de forsøgsmæssige data end vurderingen i rapporten Noget for Noget (Anonym, 2008), hvor der regnes med 10 og 18 kg N/ha for henholdsvis ler og sand. Beregningen i Noget for Noget er udelukkende et udtryk for forskellige tidspunkter for pløjning på sand og ler, idet det forudsattes, at der ikke var forsøgsmæssigt grundlag for at skelne mellem ler og sand. I Noget for Noget har det ikke været muligt at vurdere effekten af, at der under det nuværende virkemiddel "Ingen Jordbearbejdning om Efteråret" må nedvisnes ukrudt og spildfrø fra 1. oktober.

De anslåede 10 kg N/ha, som er nævnt i Baggrundsnotat 2 for både ler og sand, er betinget af, at lerjorden må pløjes efter 1. november og sandjorden efter 1. februar, og det er således en samlet vurdering for virkemidlet "Ingen Jordbearbejdning om Efteråret". Efter gældende regler må der hverken jordbearbejdes eller herbicidbehandles indtil 1. oktober, men der er ikke forsøgsmæssigt belæg for at splitte effekten op i en effekt af selve jordbearbejdningen og en effekt af ukrudt og spildfrø.

I landovervågningsoplandene er en interviewundersøgelse fra 2009 udvidet til at omfatte tidspunkter for såvel pløjning som anden efterårsbearbejdning (harvning), dvs., der foreligger data for jordbearbejdning i efteråret for årene 2008-10; alle tre år ligger forud for virkemidlets ikrafttræden (tabel 18).

Tabel 18 viser, at efterårsjordbearbejdning, dvs. før 1. november på lerjord og før 1. februar på sandjord forud for forårssåede afgrøder, næsten udelukkende har været begrænset til de to lerjordsoplande LOOP1 og LOOP7, hvor henholdsvis 31 % og 30 % af arealet er bearbejdet. I de to øvrige lerjordsoplande (LOOP 3 og 4) og i de to sandjordsoplande (LOOP 2 og 6) forekommer efterårsjordbearbejdning mindre hyppigt, dvs. på 4-18 % af arealet med forårsafgrøder. I gennemsnit for hele interviewundersøgelsen er der gennemført jordbearbejdning om efteråret på ca. 14 % af arealet, der efterfølges med forårssåede afgrøder. Der vil med andre ord kunne opnås en effekt på ca. 14 % af arealet. I tabel 18 ses, at efterårsjordbearbejdningen sker enten som harvning eller pløjning og kun i ganske få tilfælde ved både harvning og pløjning.

Tabel 18. Efterårsjordbearbejdning (dvs. harvning og pløjning før 1. november på lerjord og før 1. februar på sandjord) forud for forårssåede afgrøder, gennemsnit for efterårene 2008-11.

	Areal	Harvning	Pløjning	Harvet og	Jordbearbejdning i alt	
	Ha	Ikke pløjet	Ikke harvet	pløjet	ha	%
		ha	ha	ha		
<i>Lerjordsoplande</i>						
LOOP1. Lolland	482	21	111	19	151	31
LOOP7. Vestsjælland	429	92	24	12	128	30
LOOP4. Fyn	203	10	23	3	36	18
LOOP3. Østjylland	147	4	2	0	6	4
<i>Sandjordsoplande</i>						
LOOP2. Nordjylland	854	15	23	0	38	4
LOOP6. Sønderjylland	749	46	9	0	55	7
I alt	2.864	188	192	34	414	14

2) Ingen Ompløjning af Fodergræs

På baggrund af Søegaard (2004) inklusive forsøg af Olsen (1995) og Olsen & Djurhuus (1996)/Djurhuus & Olesen (1997) vurderes det i rapporten Noget for Noget (Anonym, 2008), at der ved at udsætte ompløjning af græs fra efteråret til foråret kan opnås en udvaskningsreduktion på 36 kg N/ha. Rapporten anfører, at der mht. ompløjning af græs om efteråret ikke er forsøgsmæssige data til at skelne mellem ler og sand.

Ompløjningstidspunkt for græs er ligeledes evalueret på baggrund af de sidste tre års data fra ovennævnte interviewundersøgelse. I tabel 19 er det således vist, at knap 30 % af omdriftsarealet med græs i 2008-2010 blev omlagt i det følgende planår. Det svarer til, at græsmarkene i gennemsnit bliver omlagt ca. hver tredje år. Græs med en vis omlægningsgrad er kun en betydelig afgrøde i sandjordsoplandene i LOOP2 og LOOP6. Tabellen viser, at omlægning af græsmarkerne i lerjordsoplandene og i sandjordsoplandet LOOP2 er blevet foretaget både om efteråret, hvor græsmarkene blev efterfulgt af vinterafgrøde samt om foråret. I LOOP6 skete omlægningen derimod langt overvejende om foråret. I gennemsnit for hele interviewundersøgelsen blev der omlagt 276 ha til anden afgrøde. Heraf er 36 % (eller 99 ha) omlagt om efteråret, hvilket svarer til ca. 10 % af hele arealet med omdriftsgræs. Det vil sige, at der hvert år blev ompløjet ca. 10 % af græsarealet om efteråret.

Tabel 19. Arealet med omdriftsgræs i årene 2008-2010, og omlægning efter høst, samt fordelingen på henholdsvis efterårs- og forårsompløjning (gennemsnit for de tre år).

	Omdriftsgræs	Omlægning efter høst	Omlægning efterår	Omlægning forår
	ha	ha	%	%
<i>Lerjordsoplande</i>				
LOOP1. Lolland	8	0,6	-	-
LOOP7. Vestsjælland	73	28	55	45
LOOP4. Fyn	12	3	-	-
LOOP3. Østjylland	51	18	47	53
<i>Sandjordsoplande</i>				
LOOP2. Nordjylland	442	110	43	67
LOOP6. Sønderjylland	366	117	23	77
I alt	952	276	36	64

Som gennemsnit af perioden 2008-2011 var der på landsplan i alt ca. 885.000 ha med forårssåede afgrøder og ca. 323.000 ha med græs i omdrift. Hvis data fra landovervågningsoplandene anvendes på hele landet, svarer det til, at der blev foretaget jordbearbejdning om efteråret forud for forårssåede afgrøder på ca. 124.000 ha, og at ompløjning af græs om efteråret blev foretaget på ca. 32.000 ha. Ved anvendelse af de effekter, der er beskrevet ovenfor (dvs. 10 kg N/ha for Ingen Jordbearbejdning om Efteråret og 36 kg N/ha for Ingen Ompløjning af Fodergræs), svarer det til en årlig reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen på ca. 1.200 ton N i begge tilfælde, og samlet ca. 2.400 ton N.

4.6 Vådområder med kvælstofeffekt

Der er i finansloven for 2012 afsat midler til etablering af ca. 1.600 ha statslige vådområder med en forventet effekt på 113 kg N/ha, hvilket giver en samlet effekt i overfladevand på ca. 180 ton N årligt, når projekterne er fuldt etableret.

Desuden indgår der i vandplanerne en målrettet indsats mod etablering af 10.061 ha vådområder med en samlet effekt på 1132 ton N/år (NST, 2011). Disse vådområders effekt er medtaget i Tabel 24, under forudsætning af at alle vådområder er i funktion ved udgangen af 2015.

4.7 Udvikling i etablering af skovarealet (privat og offentlig)

Tabel 20. Arealer (ha) med opnået skovrejsning for perioden 2008-2011, samt prognose for 2012-2015

	2008	2009	2010	2011	2008-2011	2012-2015
Statslig skovrejsning	242	183	10	509	944	1.200
Kommunal skovrejsning	0	0	0	0	0	200
Privat skovrejsning med tilskud	1.094	1.096	1.460	1.159	4.809	4.800
I alt	1.336	1.279	1.470	1.668	5.753	6.200

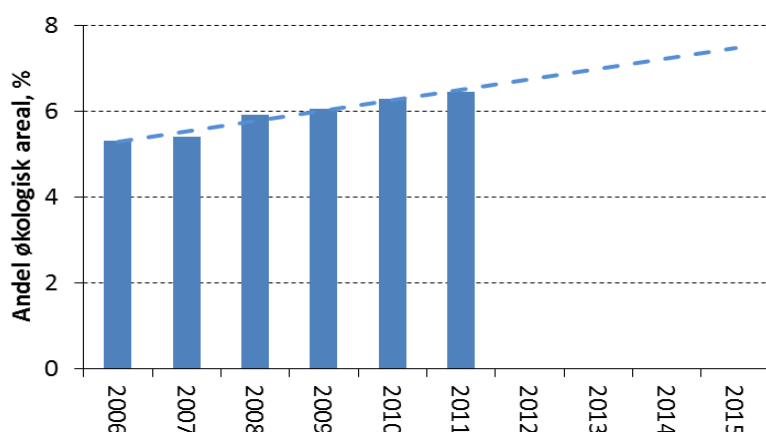
Den kommunale skovrejsning har formentlig været tæt på 0 de sidste 6-7 år. Årsagen har formentlig været kommunernes økonomi, høje jordpriser samt bortfald af en EU-støtteordning til offentlig skovrejsning. Denne EU-støtteordning genoptages dog nu igen. Derfor vil den kommunale skovrejsning fremover formentlig stige i omegnen af 50 ha/år. Også den statslige skovrejsning forventes at ville stige grundet ændret EU-støtteordning til ca. 300 ha pr. år for perioden 2012-2015 (NST, 2012).

Til prognosen for privat skovrejsning for perioden 2012-2015 anvendes en gennemsnitlig etablering for perioden 2008-2011 på ca. 1.200 ha pr. år. Herved opnås en forventet, privat skovrejsning på 4.800 ha for perioden 2012-2015. En skovrejsning på i alt ca. 6.200 ha frem til 2015 (tabel 20) vil reducere udvaskningen med $6.200 \times 50 \text{ kg N/ha} = \text{ca. } 310 \text{ ton N}$ (jf. dog bemærkning i afsnit 3 vedr. udtagning af landbrugsjord).

4.8 Udvikling i det økologisk dyrkede areal

Det økologiske areal er steget med 24.000-28.000 ha i perioden 2007-2011 afhængig af, om der kun ses på økologiske arealer og omlægningsarealer, eller om endnu ikke omlagte arealer inkluderes, jf. afsnit 3.8, og hvis udviklingen fortsætter som hidtil (figur 5), forventes arealet at stige med yderligere 24.000-28.000 ha frem mod 2015. Med en effekt i rodzonen på 10-17 kg N/ha kan det beregnes, at den samlede udvaskningsreduktion som følge af økologi vil være 240-480 ton N større i 2015 end i 2011.

Fødevareministeren offentliggjorde i november 2011 det økologipolitiske udspil "En ny stærk økologipolitik – på vej mod en grøn omstilling", hvori det bl.a. fremgår, at regeringens målsætning er en fordobling af det økologiske areal i 2020 i forhold til 2007 (FVM, 2012). Dvs., at målsætningen er at øge andelen af det økologiske areal fra ca. 5 % i 2007, jf. figur 5, til ca. 10 % i 2020. Fortsættes den i figur 5 viste trend, vil andelen af det økologiske areal i 2020 være ca. 9 %, hvilket må siges at være tæt på en fordobling, når det samtidig tages i betragtning, hvor usikkert det er at forudsige udviklingen 10 år frem i tiden.



Figur 5. Udvikling i andelen af det økologiske areal i perioden 2006-2011, samt estimeret andel i 2015.

4.9 Biogas - forbrug af forarbejdet husdyrgødning

Baseret på en antagelse om at udviklingen forsætter som i perioden 2007-2011 med en gennemsnitlig stigning pr. år på 0,12 mio. ton afgasset gylle (tabel 16), kan det beregnes, at mængden af afgasset gylle i 2015 vil være ca. 3,1 mio. ton. Der er ganske vist igangsat nye initiativer, der skal øge biogasproduktionen, men det er meget usikkert, hvilken effekt de får på mængden af behandlet husdyrgødning. Da effekten på kvælstofudvaskning først vil vise sig over en længere årrække, forventes der ingen effekt af nye initiativer frem til 2015.

Effekten på udvaskning vil være afhængig af, om der tages højde for den højere tilgængelighed af N i den afgassede gødning ved gødningsplanlægning. Det er ikke tilfældet i dag, og der forventes derfor ikke at være nogen udvaskningsreducerende effekt af øget bioforgasning frem til 2015, jf. afsnit 3.10.

4.10 Randzoner

Arealanvendelse i 10 m randzoner

Langs naturlige og højt målsatte vandløb og søer blev der i 1992 udlagt 5.698 ha dyrkningsfrie bræmmer af 2 m bredde. Bræmmerne er udlagt langs 22.156 km vandløb og 19.600 søer større end 100 m² beregnet ud fra NAERs kortgrundlag (NAER, 2012).

I henhold til Grøn Vækst skulle landmænd etablere 10 m sprøjtefrie, gødningsfrie og dyrkningsfrie randzoner langs alle vandløb og omkring søer med et overfladeareal på mere end 100 m². I Grøn Vækst blev det forventet, at randzonerne ville inddrage ca. 50.000 ha landbrugsjord. Udlægningen af randzoner er vedtaget ved Lov nr. 591 af 14. juni 2011 (senest ændret ved lov nr. 563 af 18. juni 2012), og de trådte i kraft pr. 1. september 2012. Hvis det samlede randzoneareal, både dyrkede og ikke dyrkede zoner samt hegn, udgør mere end 5 % af bedriftens samlede areal, kan landmanden søge om tilladelse til forholdsmæssigt at reducere bredden af randzonen, så det samlede randzoneareal kun udgør 5 % af bedriftens samlede areal. Denne reduktion kaldes § 5 reduktion af randzonebredden.

Udgangspunktet for at opgøre reduktion i kvælstofudvaskning ved udlægning af landbrugsarealer i 10 m randzoner er afgrødefordelingen oplyst til enkeltbetalingsordningen, inden arealet overgår til randzoneudlægning. Det har været overvejet, om landmænd har prioriteret at ændre omdriftsarealer i randzonen til permanent græs i årene, før lov om randzoner trådte i kraft. Derfor har NAER beregnet størrelsen af det kompensationsberettigede landbrugsareal, der er placeret inden for 10 m randzoner omkring alle åbne vandløb og søer større end 100 m² for hvert af årene i perioden 2008-2012. Det beløber sig til 72.000 ha (tabel 21 og bilag E).

Det opgjorte landbrugsareal i randzonen fratrækkes dernæst arealer med 2 meter bræmmer, arealer dækket af marsk eller af marsklignende strukturer, hvor intensiteten af vandløb og grøfter svarer til den, der forekommer i marsk (tabel 21). Redegørelsen for beregningen fremgår af bilag E. Opgørelsen er foreløbig, idet sagsbehandlingen for § 5 reduktion af randzonebredden og dispensationer efter § 6 i lov om randzoner endnu ikke er afsluttet. Desuden arbejdes der stadig med at kvalitetssikre randzonekortet. Afgrødefordeling for randzonearealet er derfor udarbejdet på randzonearealet uden korrektion for § 5 reduktion i randzonebredden og § 6 dispensation (tabel 22). Arealfordelingen for denne periode fremgår af bilag D.

Andelen af randzonearealer i omdrift og udlagt som varigt græs er nogenlunde konstant i perioden 2008-2012 (tabel 22). Afgrødekode 0 udgør afgrøder, der er fejlanmeldte i det digitale indberetnings-system og udgjorde et forholdsvis stort areal i 2008-2010, mellem 6.246 og 10.916 ha, men kun 1.002 og 800 ha i henholdsvis 2011 og 2012. Afgrødeindberetningen og markkortene, som anvendes til at opgøre arealfordelingen, har en bedre kvalitet i de sidste to år 2010/11 og 2011/12. Derfor anvendes et gennemsnit af disse to års afgrødefordeling til beregning af reduceret kvælstofudvaskning.

Tabel 21. Landbrugsareal, der udlægges som randzone beregnet efter korrektion for 2 meter bræmmer, marsk, marsklignende vandløb og grøfter samt areal vedr. estimeret korrektion for § 5 reduktion af randzonebredden og § 6 dispensation (NAER, 2012, bilag E)

	Areal i randzone (ha)
Randzoner ud fra EB og juletræer før korrektioner*	72.000
2 meter bræmmer for højt målsatte vandløb og søer	2.300
2 meter bræmmer langs naturlige vandløb og søer	700
Marsk	1.450
Marsklignende vandløb og grøfter	2.500
Estimat af § 5 reduktion af randzonebredde	11.000
Dispensation (§6)	2.000
I alt	52.050

*EB udgør enkeltbetalingsindberetning

Tabel 22. Fordeling af afgrøder i hektar og procent for landbrugsarealer, der udlægges som 10 m randzoner, opgjort for landbrugsarealer indmeldt til Enkeltbetalingsordningen i 2008-2012. Arealet er korrigeret for 2 m bræmmer og marsk samt marsklignende strukturer, men er ikke korrigeret for § 5 reduktion af randzonebredden og dispensation efter § 6 (Data leveret af NAER, 2013).

	Arealer i randzonen (ha)					%				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
I omdrift	15.888	25.680	35.111	38.831	37.798	62,1	65,2	64,4	61,8	61,8
Varig græs	6.906	10.800	15.471	18.373	18.286	27,0	27,4	28,4	29,2	29,9
Gartneriprodukter	76	87	122	154	152	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Juletræer og pyntegrønt	262	193	275	245	273	1,0	0,5	0,5	0,4	0,4
Energiafgrøder	70	118	209	348	411	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7
Skov og udtagne arealer	2.050	1.852	2.178	2.879	2.059	8,0	4,7	4,0	4,6	3,4
Randzoneordning	0	104	155	366	361	0,0	0,3	0,3	0,6	0,6
Særlige afgrøder: miljøordninger	191	327	640	1.324	1.359	0,7	0,8	1,2	2,1	2,2
Skov, med norm	11	8	62	56	86	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Skov, uden norm	149	218	264	294	371	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
I alt	25.604	39.387	54.487	62.870	61.156	100	100	100	100	100
Afgrødekode 0	6.246	9.145	10.916	1002	800					

Reduceret kvælstofudvaskning for landbrugsarealer, der er udlagt i 10 m randzoner

I randzonerne er der forholdsvis mere græs end gennemsnitligt for hele landet. Det gælder både græs i omdrift, græs og kløver uden norm, permanent græs med og uden norm samt arealer, der indgår i miljøordninger. Det er første gang, arealanvendelsen i randzonen opgøres med dette meget detaljerede datagrundlag (vist i bilag D), hvilket har betydning for den beregnede effekt på kvælstofudvaskning, som arealerne får ved overgang til randzone. En oversigt over hovedtyper af arealanvendelse, der er relevant for beregning af kvælstofudvaskning, ses i tabel 23. Rater for kvælstofudvaskning er baseret på modelberegningerne gennemført for 2011 i nærværende evaluering (Baggrundsnotat 4). Det antages, at gennemsnittet for kvælstofudvaskningen opdelt på de relevante hovedtyper for hele landet svarer til den kvælstofudvaskning, der forekommer for de tilsvarende hovedtyper af afgrøder i randzonerne. Der er således forudsat normal dyrkningspraksis i randzonearealerne før overgang til randzone.

Arealer, der udtages af landbrugsproduktion, har en baggrundsudvaskning på ca. 12 kg N/ha (Waagepetersen, 1992). En stor andel af varigt græs anvendes i forvejen meget ekstensivt og er derfor indmeldt som permanent græs uden norm. Disse arealer vil kun have en lille effekt ved omlægning til 10 m randzone, hvilket også gælder for skov og udtagne arealer. En forholdsvis stor andel af randzonearealet indgår i forskellige miljøordninger, primært miljøgræs med MVJ-tilsagn (0N). Disse arealer vil ligeledes have en begrænset effekt af at overgå til randzoneordningen.

For hovedtyper af afgrøder fratrækkes baggrundsudvaskningen for at finde den resulterende effekt på kvælstofudvaskningen. Herved reduceres den årlige kvælstofudvaskning med ca. 55 og ca. 8 kg N/ha for henholdsvis arealer i omdrift og varigt græs. Arealer med produktion af juletræer og pyntegrønt

vurderes tidligere at have en kvælstofudvaskning på ca. 50 og ca. 30 kg N/ha på henholdsvis sand og lerjord (Gundersen, 2008). Ny praksis med graderet gødskning i forhold til træernes alder og tæthed giver imidlertid et mindre niveau af kvælstofudvaskning på ca. 30 og ca. 20 henholdsvis for sand og lerjord (Pedersen et al., 2012; Personlig meddelelse L.B. Pedersen, Dansk Juletræsdyrkerforening). Et jordtypevægtet gennemsnit fratrasket baggrundudvaskningen giver en effekt i randzonen på ca. 12 kg N/ha for juletræer og pyntegrønt. Eksisterende energiafgrøder må opretholdes og udnyttes i randzonen, men de må ikke tilføres gødning. Herved opnås en effekt af arealer dyrket med energiafgrøder i randzonen på ca. 9 kg N/ha.

Den samlede kvælstofudvaskning fra rodzonen reduceres med ca. 1.900 ton N ved udlægning af 52.050 ha landbrugsjord i 10 m randzoner (tabel 23). Der er knyttet en usikkerhed til dette estimat, idet behandling af dispensationer (henholdsvis § 5-reduktion af randzonebredden og § 6-dispensation) endnu ikke er afsluttet, og det ikke umiddelbart kan forventes, at den procentvise afgrødefordeling af landbrugsarealet inden for randzonen er på samme niveau før og efter disse korrektioner. Hvis det fulde landbrugsareal på 65.050 ha udlægges uden kompensationer, bliver effekten 2.420 ton N.

Der er ikke foretaget en egentlig validering og usikkerhedsvurdering af N-LES4-modellen, som er anvendt til udvaskningsberegninger i nærværende evaluering. En analyse af usikkerhed og validering af en tidligere version, N-LES3, er beskrevet i Larsen og Kristensen (2007). Herved blev der fundet en usikkerhed på mellem 10 og 30 %, hvis der anvendes beregninger for flere år eller mange marker. Anvendes det højeste estimat af usikkerheden på 30 %, vil effekten af at udlægge 52.050 ha randzoner ligge mellem 1334 og 2.477 ton N. Effekten ligger mellem 1.694 og 3.146 ton N, ifald der udlægges 65.050 ha, fordi der ikke foretages kompensation i randzonebredden iflg. § 5 og ikke foretages § 6-dispensationer.

Tabel 23. Fordeling af 52.050 ha randzoneareal på hovedtyper af arealanvendelse opgjort ud fra en gennemsnitlig afgrødefordeling i randzonen for årene 2010/11 og 2011/12 og reduceret kvælstofudvaskning ved udlægning til 10 m randzoner.

Afgrødefordeling for	2010/11- 2011/12 %	Randzone- areal (ha)	Reduceret udvaskning	
			(kg N/ha)*	ton N
I omdrift	61,8	32.159	55	1.769
Varigt græs	29,6	15.387	8	123
Gartneriprodukter	0,2	128	56	7
Juletræer og pyntegrønt	0,4	217	12	3
Energiafgrøder	0,6	319	9	3
Skov og udtagne arealer	4,0	2.068	0	0
Randzoneordning	0,6	305	0	0
Særlige afgr.: Miljøordninger	2,2	1.126	0	0
Skov, med norm	0,1	60	0	0
Skov, uden norm	0,5	280	0	0
I alt	100	52.050		1.905

**) Effekten for kvælstofudvaskning er kun gældende for arealer i randzonen, idet afgrødefordelingen er specifik for randzonerne. Reduktionsraterne kan ikke anvendes på arealer udenfor randzonerne.*

4.11 Pleje af græsarealer på prioriterede naturarealer

Landmænd kan søge tilskud til pleje af græs og naturarealer både uden for og inden for Natura 2000-områder med det formål at beskytte og forbedre landskabselementer, biotoper og biodiversitet, herunder potentielle yngle- og rasteområder for visse arter omfattet af habitatdirektivets bilag IV.

Ordningen er beskrevet i bekendtgørelse nr. 83 af 30. januar 2013 om tilskud til pleje af græs- og naturarealer. Der ydes tilskud til pleje af eksisterende græsarealer men også arealer, der omlægges til græsarealer. Ifølge bekendtgørelsen prioriteres ansøgningerne i forhold til arealernes naturværdi, og om arealerne i forvejen indgår i et Natura 2000-projekt, er et § 3-areal, gentegning af græstilsagn eller arealer, der er særligt udpeget som yngle- og rasteområde for tudser. Der er ikke oplysninger om størrelsen af arealet, der går fra omdrift til denne ordning, men ud fra de prioriterede kriterier vil det formentlig overvejende være eksisterende natur eller permanente græsarealer, der opnår tilskud.

4.12 Resumé for perioden 2012-2015

Med henvisning til afsnit 4.1-4.11, samt til vandplanarbejdet er der i nærværende afsnit sammenstillet de beregnede effekter af en række forskellige tiltag og virkemidler vedtaget i vandplanerne og Grøn Vækst samt implementeret i lovgivningen med virkning fra 2012 til 2015. Nogle af effekterne er refereret direkte fra andre kilder og har ikke undergået en genberegning i denne sammenhæng.

Sammenstillingen (tabel 24) angiver en effekt i rodzonen, (hvor dette er relevant), så udviklingen frem til og med 2015 kan sammenlignes med de udvaskningsberegninger, der er lavet for perioden 2007 til 2011.

Det har ikke været muligt fra NST at få oplyst udvaskningseffekter af de virkemidler, der indgår i vandplanerne – men alene effekterne i vandmiljøet.

Tabel 24. Reduktionseffekter på årlig N udledning fra rodzone eller i overfladevand i 2015 som følge af indsats i forskellige handlingsplaner, set i forhold til situationen ultimo 2011.

	Areal	Effekt: ton N		Henvi- ning
		Rodzone	Overfla- de-vand	
2012-2015	1000 ha	Min	Max	
Teknisk justering af normsystem	33,8	1.690	1.690	Afsn. 4.1
Skovrejsning	6,2	310	310	Afsn. 4.7
Energiafgrøder	2,3	72	92	Afsn. 4.2
Yderligere efterafgrøder	140*	-	-	Afsn. 4.3
Forbud mod jordbearbejdning	124	1.200	1.200	Afsn. 4.5
Forbud mod omlægning græs/forår	32	1.200	1.200	Afsn. 4.5
Miljøgodkendelser		300	350	2)
Liberalisering af landbrugslov		-80	-80	2)
Slæt i stedet for afgræsning	12	120	750	Afsn. 3.5
Natura 2000		143	143	2)
Økologisk jordbrug	24-28	240	480	Afsn. 4.8
Randzoner	52	1.334	2.477	Afsn. 4.10
Vådområder	10			1.132 Afsn. 4.6
Ekstra vådområder	1,6			180 Afsn. 4.6
Effekter i alt 2012-2015		6.529	8.612	1.312

2) Plantedirektoratet (2010)

*) Yderligere efterafgrøder implementeres tidligst i efteråret 2015

Virkemidler implementeret i 2015 forventes yderligere at reducere rodzoneudvaskningen med omkring 6.500 – 8.600 ton N/år sammenlignet med ultimo 2011 – eller ca. 4-5 % af den nuværende udvaskning. Hertil kommer effekten på ca. 1.300 ton N/år af de virkemidler (vådområder), hvor der ikke er en væsentlig grundvandsreduktion (tabel 24).

Det er ikke umiddelbart muligt at sammenligne reduktionsestimaterne i tabel 24 med målet i Grøn Vækst – eller rettere delmålet i vandplanerne på en reduktion i udledningen til havet på 9.000 ton N i 2015. Dels skal rodzoneudvaskningen ”beregnes” frem til vandløb/havet (retention), dels indgår der et lille bidrag fra forbedret spildevandsrensning.

5. Kvælstof- og fosforoverskud, balanceberegninger på landsniveau

5.1 Kvælstofbalancer

Bedriftsbalancerne for kvælstof på landsplan er vist i tabel 25 for driftsårene 2006/07-2010/11. Balancerne afviger fra tidligere opgørelser, idet tilførsel med organisk affald, slam og lign. fra 2000/01 er ca. 5.000 ton N lavere end tidligere. Hidtil har opgørelsen af dette været baseret på ældre data fra Miljøstyrelsen, men er ændret til at basere sig på indberetninger via gødningsregnskaberne, idet disse i højere grad vurderes at afspejle det aktuelle forbrug. Forbruget af handelsgødning har været noget varierende i perioden med størst forbrug i driftsåret 2008/09, hvilket sandsynligvis hænger sammen med et større dyrket areal i forbindelse med opdyrkning af brak. Mængden af kvælstof indkøbt med fodermidler er faldet i de tre seneste driftsår fra 207.000-209.000 ton N i driftsårene 2006/07-2007/08 til 172.000-188.000 ton N i driftsårene 2008/09-2010/11. En del af forklaringen kan være en øget udnyttelse af foderet, et stigende grovfoderareal samt et højt høstudbytte i høstårene 2008 og 2009, således at der anvendes en større andel af hjemmeavlet foder.

Fraførsel af kvælstof med animalske produkter har været nogenlunde stabilt igennem perioden, hvorimod fraførsel med salgsafgrøder har været mere varierende. Fraførslen er således steget fra 50.000 ton N i 2006/07 til 91.000 ton N i 2008/09, men er så igen faldet til 63.000 ton N i 2010/11. Disse variationer hænger sammen med varierende høstudbytter.

Samlet set betyder det, at kvælstofoverskuddet (glidende treårsgennemsnit) i denne femårsperiode er reduceret med ca. 30.000 ton N fra ca. 280.000 til ca. 250.000 ton N, svarende til en reduktion på 5-10 kg N/ha.

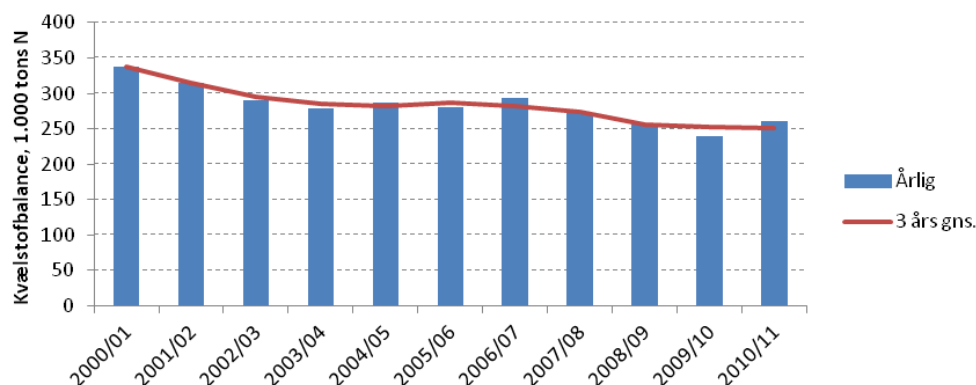
Tabel 25. Kvælstofbalancer (bedriftsbalancer) for driftsårene 2006/07-2010/11. Høståret er det førstnævnte år, idet driftsåret starter 1/7.

Driftsår	Tilførsel			Fraførsel			Kvælstofoverskud	
	Gødning ¹ , atmosfære og N- fiksering	Indkøbte foder- midler	I alt	Vegetabiliske produkter ²	Animalske produkter	I alt	Årlig	3 års gns.
	----- 1.000 ton N -----							
2006/07	252(187)	209	461	50	117	167	293	282
2007/08	255(190)	207	462	69	121	190	272	274
2008/09	284(215)	177	461	91	114	205	256	256
2009/10	267(195)	172	439	84	115	199	240	252
2010/11	255(185)	188	444	63	120	183	261	250

¹⁾ handelsgødning, organisk affald, slam og lign.; ikke husdyrgødning. Indkøbt handelsgødning er vist i parentes.

²⁾ salgsafgrøder.

I figur 6 er kvælstofoverskuddet for driftsårene fra 2000/01 til 2010/11 vist dels som årlige balancer og dels som 3 års glidende gennemsnit. Det ses her, at det gennemsnitlige overskud i denne 10-års periode er reduceret fra ca. 325.000 til ca. 250.000 ton N svarende til en reduktion på ca. 20 %.



Figur 6. Kvælstofoverskud (årlig og 3 års gennemsnit) for driftsårene 2000/01-2010/11.

5.2 Fosforbalancer

Bedriftsbalancerne for fosfor på landsplan er vist i tabel 26 for driftsårene 2006/07-2010/11. Balancerne afviger fra tidligere opgørelser, idet tilførsel med organisk affald, slam og lignende fra 2000/01 er ca. 2.000 ton P lavere end tidligere. Som nævnt ovenfor under kvælstofbalancer er opgørelsen af dette ændret, og opgørelsen er baseret på indberetninger via gødningsregnskaberne, idet disse i højere grad vurderes at afspejle det aktuelle forbrug. Forbruget af handelsgødning har været meget varierende i perioden med et meget lavt forbrug i driftsåret 2009/10. En mulig forklaring kan være et forholdsvist stort slutlager året før, således at der er blevet importeret mindre for at tilfredsstille forbruget til 2009/10. Mængden af fosfor indkøbt med fodermidler har været lidt lavere i 2008/09-2009/10 end de to foregående år, men er steget igen i 2010/11. En del af forklaringen kan lige som for kvælstof være en øget udnyttelse af foderet, samt et stigende grovfoderareal og et højt høstudbytte i høstårene 2008 og 2009, således at der anvendes en større andel af hjemmeavlet foder.

Fraførsel af fosfor med animalske produkter har været nogenlunde stabilt igennem perioden (23.000-25.000 ton P), hvorimod fraførsel med salgsafgrøder har været noget højere i 2008/09 og 2009/10 end i de øvrige år i perioden. Denne stigning i fraførsel af fosfor med salgsafgrøder hænger sammen med høje udbytter i 2008 og 2009.

Samlet set betyder det, at fosforoverskuddet (glidende treårsgennemsnit) i denne femårsperiode er reduceret med ca. 11.000 ton P – fra ca. 23.000 til ca. 12.000 ton P eller fra ca. 9 til ca. 5 kg P/ha, svarende til en reduktion på ca. 4 kg P/ha.

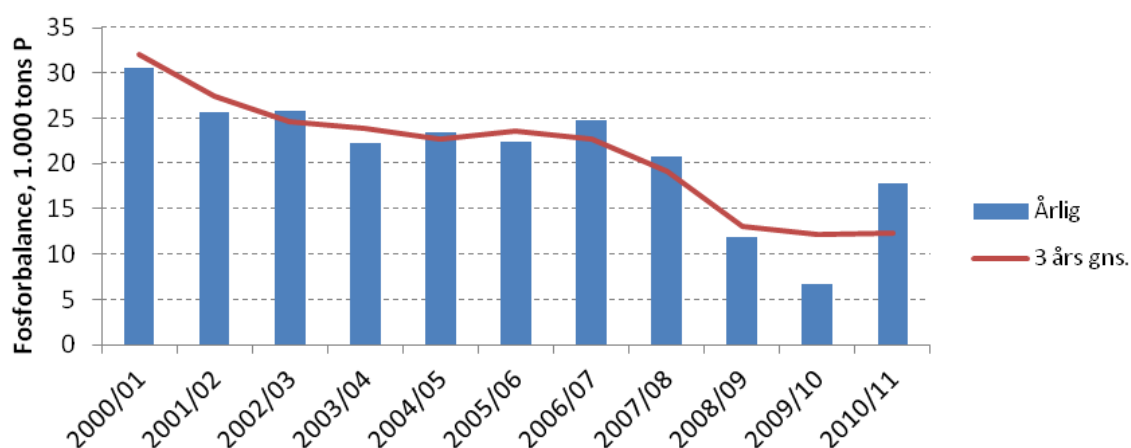
Tabel 26. Fosforbalancer (bedriftsbalancer) for driftsårene 2006/07-2010/11. Høståret er det førstnævnte år, idet driftsåret starter 1/7.

Driftsår	Tilførsel			Fraførsel			Fosforoverskud	
	Gødning ¹ og atmo- sfære	Indkøbte foder- midler	I alt	Vegetabiliske produkter ²	Animalske produkter	I alt	Årlig	3 års gns.
	----- 1.000 ton P -----							
2006/07	16 (13)	42	58	10	24	33	25	23
2007/08	17 (13)	42	59	13	25	38	21	19
2008/09	17 (13)	35	51	16	23	39	12	13
2009/10	10 (7)	36	46	16	23	39	7	12
2010/11	14 (11)	41	54	12	24	37	18	12

¹ Handelsgødning, organisk affald, slam og lign.; ikke husdyrgødning. Indkøbt handelsgødning er vist i parentes.

² Salgsafgrøder.

I figur 7 er fosforoverskuddet for driftsårene fra 2000/01 til 2010/11 vist, dels som årlige balancer og dels som tre års glidende gennemsnit. Det ses her, at det gennemsnitlige overskud i denne tiårsperiode er reduceret fra ca. 30.000 til ca. 13.000 ton N, hvilket svarer til en reduktion på omtrent 40 %. Det skal dog bemærkes, at de seneste års gennemsnit i høj grad er påvirket af det lave overskud i 2009/10, og det er uvist, hvorledes udviklingen vil forløbe fremover. Men det fremgår tydeligt, at der bør anvendes tre års glidende gennemsnit i en vurdering af udviklingen, og således at der ikke lægges for stor vægt på et enkelt års afvigelse.

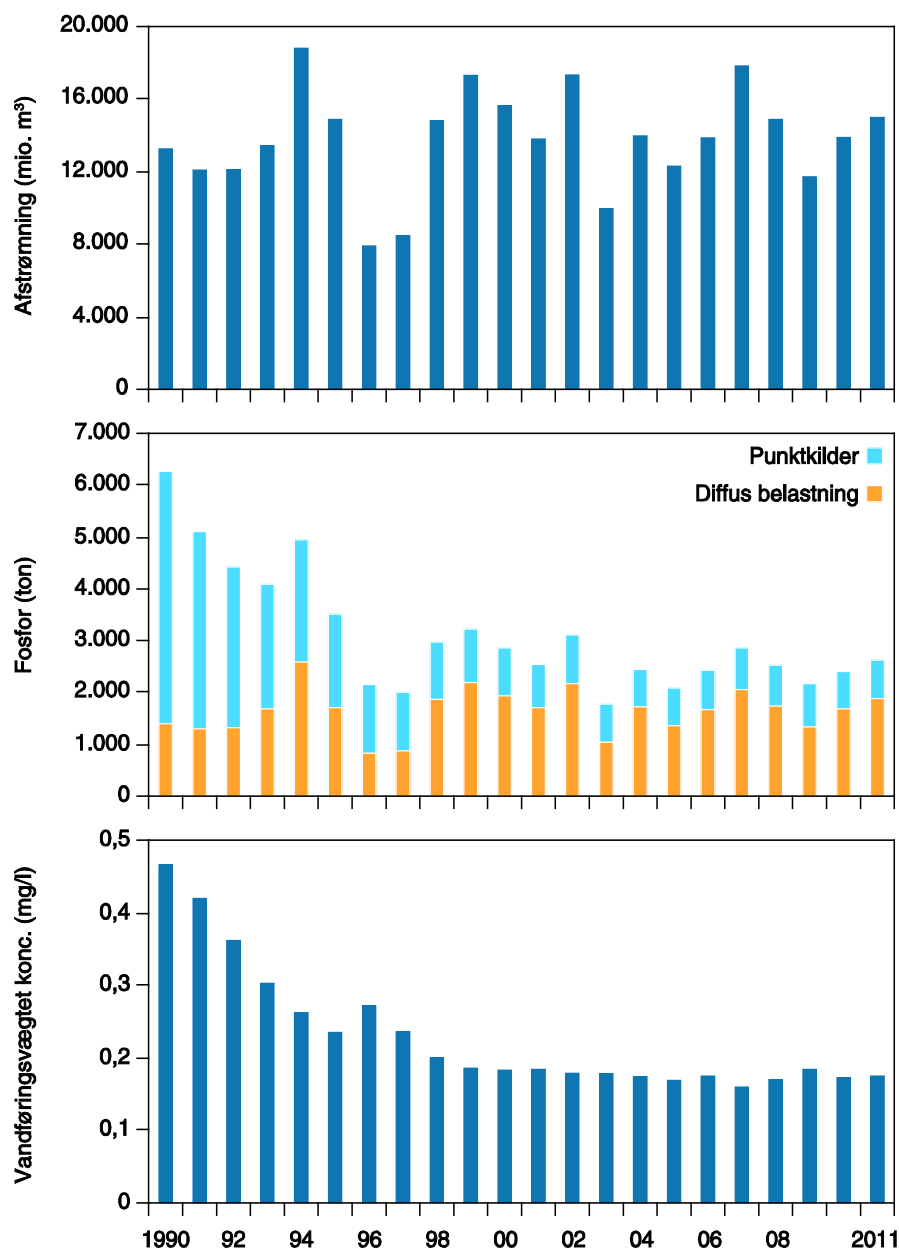


Figur 7. Fosforoverskud (årligt og 3 års gennemsnit) for driftsårene 2000/01-2010/11.

6. Kvælstof- og fosfortab

6.1 Fosfortab

I NOVANA-programmet måles fosfor i vandfasen en række forskellige steder - fra rodzonen til samlet udledning til havet. Det er imidlertid overordentligt vanskeligt specifikt at udskille den del af fosforkoncentrationen eller tabet, der stammer fra dyrkning af jorden – dvs. landbrugsbidraget. En del af overvågningsprogrammet er designet med henblik på at vurdere størrelse og udvikling i landbrugets fosfortab, og denne del af programmet kan give en indikation på størrelsesordenen på fosfortabet.



Figur 8. Ferskvandsafstrømning, samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og vandføringsvægtet fosfor koncentration for 1990 til 2011 (Nordemann Jensen et al. 2012).

Figur 8 viser den samlede udledning af fosfor til havet gennem perioden 1990-2011 fordelt på punktkilder (renseanlæg, dambrug, industri m.m.) og den diffuse. Landbrugsbidraget er indeholdt i den diffuse del af udledningen sammen med spredt bebyggelse og baggrundsbidraget. Af figuren fremgår, at der er sket en meget betydelig reduktion i den normaliserede koncentration i perioden. Denne reduktion skyldes primært en betydelig forbedret spildevandsrensning. Dette har endvidere ændret den relative fordeling mellem punktkilder og diffuse kilder (herunder tabet fra dyrkningsjorden), så de diffuse kilder i dag har en langt større betydning – men ud af en samlet, mindre udledning.

Tabel 27 viser en sammenstilling (Blicher-Mathiesen et al., 2012) af de målinger af fosfor, der gennemføres i landovervågningen og dermed det nærmeste til at vise tabet af fosfor fra dyrkningsjorden (især jord- og drænvand). Overvågningen viser generelt, at der er meget stor variation i fosforkoncentrationen mellem stationerne – både i jordvand og drænvand. Denne variation kan skyldes flere faktorer – arealets historik i forhold til fosfortilførsel (fosfortal) og afgrøder, jordtype, makroporestrømninger m.m.

Variationen i fosforkoncentrationen ses også i det øvre grundvand, hvor 20-30 % af alle målinger har en fosforkoncentration over 0,1 mg P/l. Opløst organisk fosfor eller kolloidalt-bundet fosfor i grundvandet bidrager tilsyneladende til tabet af fosfor.

Tabel 27. Fosforkoncentrationer i de forskellige dele af det hydrologiske kredsløb, 1990/91-2010/11 (Blicher-Mathiesen et al., 2012).

Vandmiljøet	Beskrivelse	Opgørelse	Ortho P mg P l ⁻¹	Opløst Total P ¹⁾ mg P l ⁻¹	Total P mg P l ⁻¹
Jordvand	75 % af stationer	Gns. vandf. vægtet	0,008-0,024	0,009-0,035	
	25 % af stationer (i år med forhøjede koncentrationer)	-	0,10-0,40		
Drænvand (stikprøve) ²⁾	Lerjorde, 4 stationer	-	0,014-0,023	0,022-0,031	0,025-0,045
	Lerjorde, 2 stationer	-	0,033-0,161	0,054-0,185	0,077-0,176
	Sandjord, 1 station, lavbundsjord	-	0,044	0,047	0,108
Øvre grundvand	20-30 % af alle målinger	Median konc. Enkelt-målinger	<0,01-0,02	0,014-0,060 >0,100	
Vandløb		Gns. vandf. vægtet	0,01-0,10		0,08-0,18

¹⁾ For jordvand og drænvand er denne parameter kun målt i 2008-2011

²⁾ Total P kan være undervurderet i forhold intensiv prøvetagning

I vandløbsvand har de gennemsnitlige, årlige koncentrationer af total P ligget på 0,08-0,18 mg P l⁻¹, dvs. væsentligt højere koncentrationer end det typiske for jordvand, drænvand og grundvand. Dette skyldes, at væsentlige kilder til fosfortabene er jorderosion og brinkerosion samt spredt bebyggelse. Det er endvidere dokumenteret, at drænvand i nogle tilfælde også kan bidrage til tab af fosfor. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at også udvaskning fra rodzonen og grundvandsbidrag kan have en ikke

uvæsentlig betydning, jf. de punktvisse høje koncentrationer i disse medier. Omfanget heraf er ikke kendt.

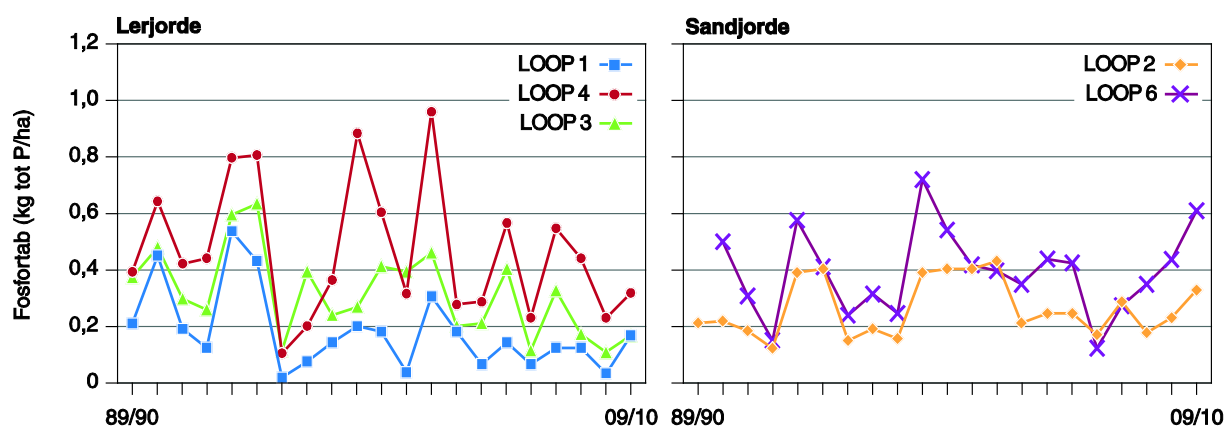
En statistisk test på koncentrationerne af total fosfor i de fem vandløb i landoovervågningen viser, at vandløbskoncentrationerne er faldet signifikant i de tre lerjordsoplande, hvorimod fosforkoncentrationen ikke er ændret signifikant i de to sandjordsoplande (tabel 28). Faldet i fosforkoncentrationerne i lerjordsoplandene kan delvist være relateret til en faldende fosforudledning fra spredt bebyggelse. Det er dog ikke muligt at splitte effekten op i et bidrag fra spredt bebyggelse og landbrug.

Niveauet for fosfortabet i kg/ha er imidlertid ikke forskelligt mellem de to jordtyper og ligger mellem 0,2 – 0,5 kg P/ha (figur 9).

Tabel 28. Trend i vandløbskoncentration af total fosfor i perioden 1989/90-2010/11.

	Total fosfor mg P l ⁻¹ år ⁻¹	Relativ ændring %	Signifikansniveau
Højvads Rende (LOOP 1)	-0,002	-30,7	***
Lillebæk (LOOP 4)	-0,003	-29,6	***
Horndrup Bæk (LOOP 3)	-0,001	-31,1	***
Oddebæk (LOOP 2)	0	11,9	n.s.
Bolbro Bæk (LOOP 6)	-0	-6,3	n.s.

***: 1 %-niveau, **: 5 %-niveau, n.s.: ikke signifikant. (Blicher-Mathiesen, G. et al. 2012).



Figur 9. Tabet af total fosfor fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsvandløb i perioden 1990/91-2010/11 (Blicher-Mathiesen et al., 2012).

En del af vandløbsovervågningen fokuserer på målinger af næringsstoffer, herunder fosfor, i såkaldte typeoplande. I tabel 29 er vist resultaterne af målinger i 2011 for vandløb, hvor oplandet er domineret af hhv. landbrug og punktkilder samt vandløb domineret af landbrug uden punktkilder. Det skal poin-

teres, at der i oplande med landbrug uden punktkilder forekommer udledning af spildevand fra spredt bebyggelse og et baggrundsbidrag – målingerne kan derfor ikke specifikt vise fosfortabet fra landbrugsjorden.

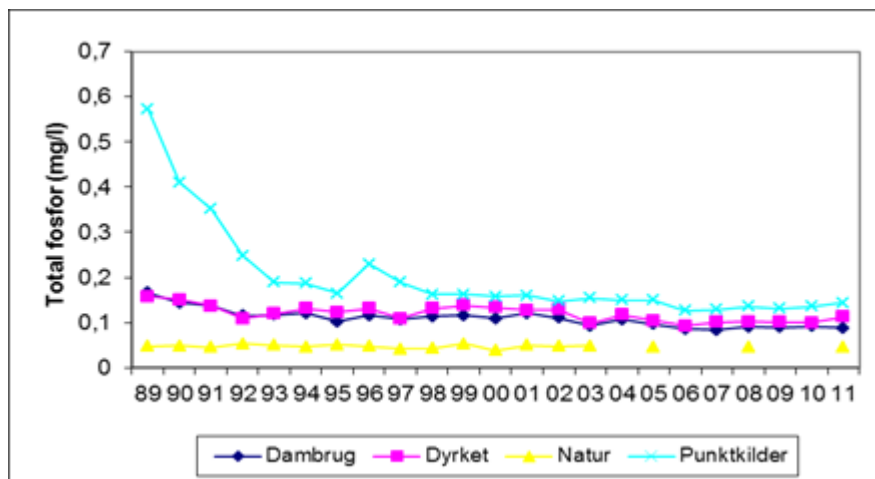
Endvidere indgår målinger i en række naturvandløb med en meget beskeden påvirkning fra f. eks. landbrug i oplandet.

Tabel 29. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2011. Vandføringsvægtede års-middelværdier (Nordemann Jensen et al. 2012).

	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P l⁻¹) Gennemsnit af vandfø- ringsvægtede årsmiddel- værdier	Arealkoefficient (kg P/ha)
Naturvandløb	10	0,05 (0,03)	-
Landbrug og punktkilder	51	0,15 (0,07)	0,52 (0,07)
Landbrug uden punktkilder	76	0,12 (0,03)	0,40 (0,03)

Det fremgår af tabel 29, at fosforkoncentrationen i vandløb i landbrugsoplande i 2011 er en faktor 2,5 højere end i referencevandløbene (naturvandløb), og at det arealrelaterede tab (0,4 kg P/ha) for vandløb i landbrugsoplande ligger i samme størrelsesorden som i landovervågningsoplandene. Det skal understreges, at tidligere analyser har vist, at den anvendte prøvetagningsteknik (punktprøver) generelt underestimerer transporten og dermed også det arealrelaterede fosfortab.

Figur 10 viser udviklingen i typevandløbene i perioden 1989-2011. For vandløbene i landbrugsoplandene ("dyrket" på figur 10) er der ikke nogen markant udvikling, men en analyse af de enkelte vandløb viser, at der er en klar overvægt af vandløb med en faldende fosforkoncentration. Denne udvikling kan som tidligere nævnt skyldes spildevandsrensning i den spredte bebyggelse og/eller et reduceret tab fra dyrkningsjorden.



Figur 10. Udvikling i koncentrationer i forskellige vandløb beliggende i forskellige typer oplande (Nordemann Jensen, 2012).

Opsummering:

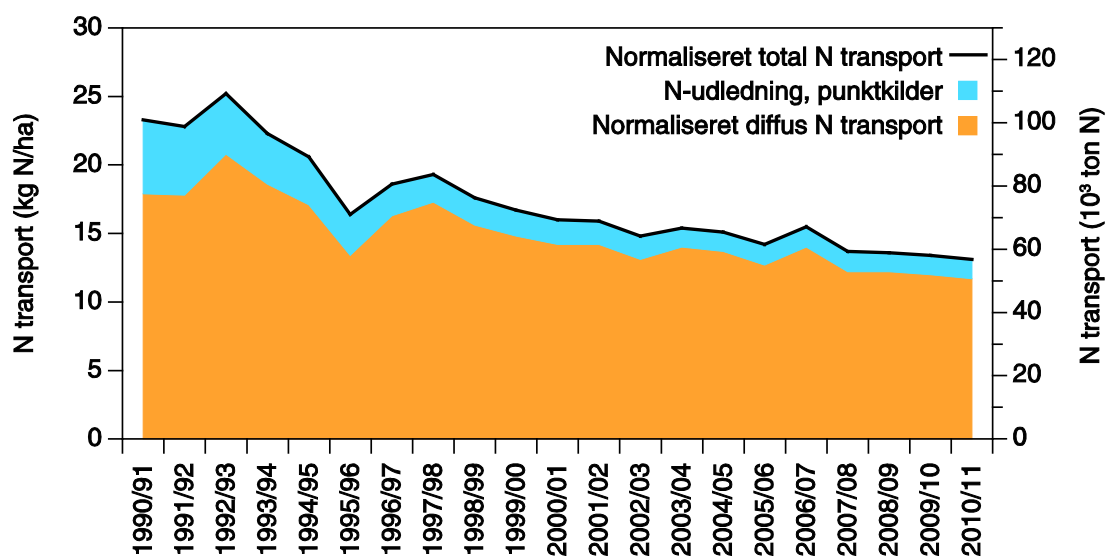
Det er generelt meget vanskeligt specifikt at udskille tabet af fosfor fra landbrugsjorden fra baggrundsbidrag og for overfladevandsmålinger fra spildevand fra spredt bebyggelse. Det nærmeste, der kommer en direkte måling af tabet fra dyrkning af jorden, er jordvandsprøver, men disse er meget afhængige af den landbrugspraksis, der historisk har været på den enkelte mark.

Uanset disse vanskeligheder er der ikke noget, der indikerer en entydig udvikling i landbrugets fosfortab.

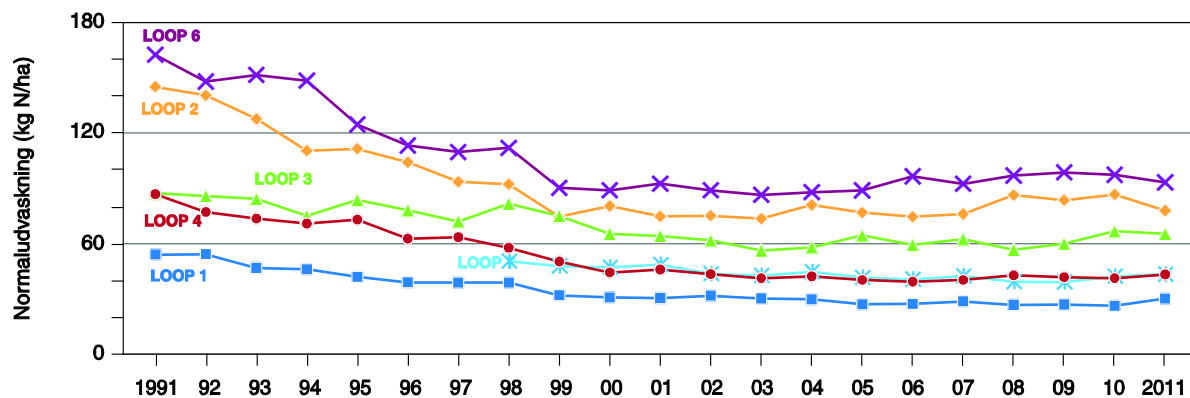
6.2 Kvælstof

Som tilfældet er med fosfor, måles kvælstof også en række forskellige steder i kredsløbet i NOVANA-programmet – fra rodzone til havet. I nogle opgørelser er kvælstoftransporten delt i punktkildebidrag (renseanlæg, industri, dambrug m.m.) og et diffust bidrag (baggrund, landbrug og spredt bebyggelse). I figur 11 er vist den samlede kvælstoftransport til havet for perioden 1990-2011 korregeret for forskelle i klimatiske forhold, primært nedbør. Som det fremgår af figuren er der en meget svag tendens til et fald i perioden 2007/08 til 2010/11. Som det også fremgår af figuren, udgør de diffuse kilder i dag over 90 % af den samlede transport.

I figur 12 er vist udviklingen i rodzoneudvaskning i landovervågningsprogrammet – som for figur 11 korregeret for nedbør. Som det fremgår af figuren, er der generelt ikke nogen udvikling i rodzoneudvaskningen i perioden.



Figur 11. Udviklingen i den samlede normaliserede (vandføringsvægtede) udledning af kvælstof til havet (Nordemann Jensen 2012).



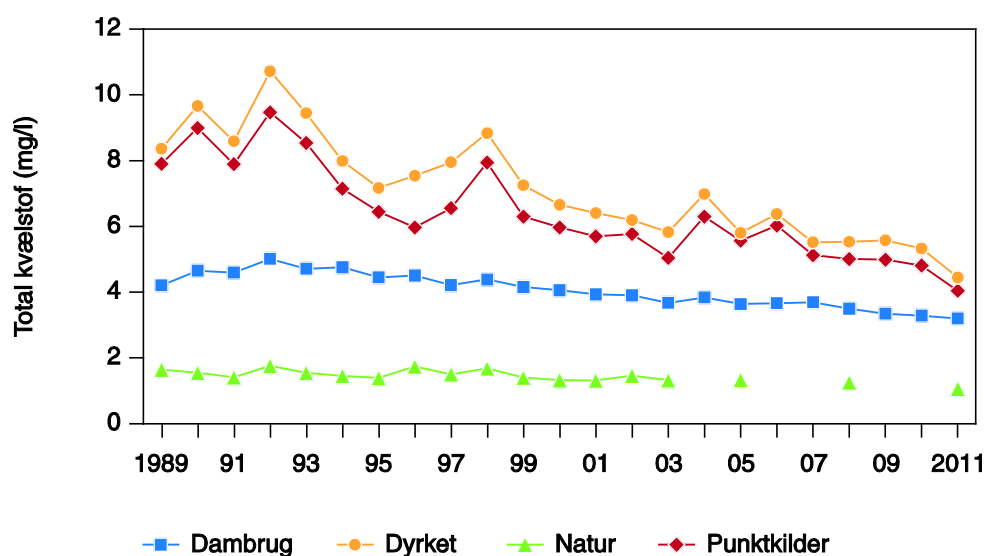
Figur 12. Modelberegnet kvælstofudvaskning (nitrat-N) ved gennemsnitsklima for de 6 overvågningsoplande for høstårene 1991–2011 (Nordemann Jensen et al. 2012).

2007-2011:

Tabel 30 viser resultaterne fra en anden del af overvågningsprogrammet – målinger i typevandløb (f. eks. i landbrugsområder). Det fremgår af tabellen, at forskellen mellem rene landbrugsoplande og oplande med blandet punktkilder og landbrug er forholdsvis lille. Tabel 30 viser også, at koncentrationen af kvælstof er en faktor ca. 4 højere i vandløb med landbrugspåvirkning end i ikke-påvirkede vandløb (naturvandløb).

Tabel 30. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af totalt kvælstof i 2011 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes (Nordemann Jensen et al. 2012).

Belastningstype	Antal vandløb	kvælstofkoncentration (mg N/l) Gennemsnit af vandføringsvægtede de årsmiddelværdier	Areal- koefficient (kg N/ha)
Naturvandløb	10	1,00 (0,55)	-
Landbrug og punktkilder	51	3,83 (1,60)	13,59 (5,54)
Landbrug uden punktkilder	98	4,34 (1,82)	14,29 (9,33)



Figur 13. Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991 (Nordemann Jensen et al. 2012).

Figur 13 viser udviklingen i kvælstofkoncentration i vandløb i forskellige typeoplande. Bemærkelsesværdigt for perioden 2007-11 er den meget lave kvælstofkoncentration i 2011, som formentlig skyldes særlige klimatiske forhold. De øvrige år i perioden ligger helt på linje.

Konklusion

Der er ikke sket væsentlige ændringer i kvælstoftab eller –transport i perioden 2008-11. Set i betragtning af de begrænsede ændringer, der er set i kvælstofanvendelse, -udvaskning og overskud i samme periode, var en ændring heller ikke at forvente.

6.3 Beregning af kvælstofudvaskning på landsplan 2007-2011

Der tages i opgørelsen af udvaskningsberegningerne for perioden 2007-2011 udgangspunkt i tre forskellige modelberegninger: i) landsdækkende modelberegninger med SKEP/Daisy modelsystemet (Baggrundsnotat 4); ii) landsdækkende modelberegninger med N-LES4-modellen (Baggrundsnotat 4); og iii) modelberegninger fra LOOP-oplandene, opskaleret til landsresultater (Baggrundsnotat 3).

Princip for modelberegning af kvælstofudvaskning

Modelberegningen af kvælstofudvaskning på landsplan med SKEP/Daisy og N-LES4 bygger på en landsdækkende beskrivelse af sædskifte- og gødningsdata på henholdsvis mark- og bedriftsniveau samt en detaljeret kortlægning af jordtyper og klimaforhold. Opgørelsen er baseret på årlige oplysninger fra landsdækkende registre, herunder det generelle Landbrugsregister (GLR), jordbundskort og indberetning af gødningsregnskaber. På baggrund af disse er der opstillet bedriftsspecifikke sædskifter og gødningsplaner for alle landbrug i landet for årene 2007-2011 (Baggrundsnotat 4).

På baggrund af gødningsplaner og de bedriftsspecifikke sædskifter blev udvaskningen for hvert af årene 2007-11 beregnet med i) SKEP/DAISY (en database med udvaskningsberegninger for en lang række repræsentative bedriftstyper) og ii) den empiriske udvaskningsmodel N-LES4 beregnet for hele landet samt iii) med N-LES4 for fem oplande i Landovervågningen.

Udvaskningen er beregnet, så den repræsenterer en årlig udvaskning, der reflekterer sædskifte og gødningsforbrug i det enkelte år, men normaliseret i forhold til år-til-år-variation i klima på baggrund af regionale klimadata fra årene 1990-2010. I N-LES4-modellen anvendes klimadata opgjort på 10 x 10 km² gridcelleniveau. For SKEP/DAISY er der anvendt 18 nedbørzoner for landet. I SKEP/Daisy-beregningerne er de høstede udbytter kalibreret til regionale kvælstofudbyttene, der stemmer med Danmarks Statistiks regionsudbytter opgjort som gennemsnit over årene 2007-11. Det er således udviklingen i sædskifter, kvælstofgødsning og dyrket areal, der bestemmer resultatet af den beregnede udvaskning i det enkelte år (2007-2011) og ikke aktuelle årlige variationer i nedbør og temperatur. Perioden 2007- 2011 er for kort til, at en evt. udvikling i udbyttene kan bestemmes og inddrages i vurderingen. Derfor er der til SKEP/Daisy-kalibreringen anvendt regionale gennemsnitsudbytter over perioden 2007- 2011.

N-LES4-modellen er baseret på forholdsvis mange forsøg (1970-2005) med hovedvægten lagt på perioden 1990-2005. De nyeste afgrødesorter og deres effekt i form af øgede udbytter er ikke indregnet i modellen.

Ved den tredje beregningsprocedure (iii) er der taget udgangspunkt i oplysningerne om den aktuelle landbrugspraksis i fem landovervågningsoplande under det Nationale Overvågningsprogram. Der er tale om to sandjords- og tre lerjordsoplande. Udvaskningen blev beregnet med N-LES4, hvorefter beregningerne er opskaleret til landsplan. Disse beregninger er ligeledes normaliseret i forhold til de årlige variationer i klimaet. (Baggrundsnotat 3).

Resultatet af beregningerne med de tre opgørelsesmetoder fremgår af tabel 30. I gennemsnit giver modellerne en udvaskning i 2007 på 163.000 ton N, hvilket er meget tæt på de 161.000 ton N, der blev estimeret i Midtvejsevalueringen af VMPIII (Børgesen et al., 2009).

Tabel 30. Tilført total N og modelberegnet, klimanormaliseret kvælstofudvaskning på landsplan beregnet ved tre forskellige metoder for perioden 2007-2011 (1.000 ton N).

Høst år	N tilført i alt	N-LES4	SKEP/Daisy	Landovervågning	Gennemsnit
2007	470	161	165	164	163
2008*	483	165	170	164	166
2009*	490	167	174	164	168
2010	473	164	171	169	168
2011	483	165	167	163	165

** I disse år medførte årets klima at årets kvælstofprognose var positiv (dvs. det tilladte kvælstofforbrug var større end normen)*

Kvælstofudvaskning og kvælstofbalancer

Det fremgår af tabel 30, at der ikke er betydelige forskelle i udvaskningsniveau mellem de tre modeller, og at den gennemsnitlige kvælstofudvaskning varierer imellem 163.000 og 168.000 ton N i perioden 2007-2011. Den beregnede kvælstofudvaskning på 163.000 ton N i 2007 og 165.000 N i 2011 og lidt højere værdi for årene mellem 2007 og 2011 viser, at der ikke kan konstateres nogen entydig ændring i kvælstofudvaskning for perioden.

Således kan der samlet set for 2007-11 ikke ses nogen stigning i kvælstofudvaskningen som følge af ophævelsen af brakpligten, hvor udtaget areal til brak faldt fra ca. 160.000 hektar i 2007 til ca. 20.000 hektar i 2011. Modsat kan der heller ikke ses nogen reduktion i udvaskningen som følge af stigningen i arealet med efterafgrøder fra 127.200 ha i 2007 til ca. 211.000 ha i 2010-2011. Disse to modsatrettede effekter har tilsyneladende, sammen med andre faktorer (ændrede sædskifter, 2 % reduceret dyrket areal, og minimal stigning i N gødskning (fra 470.000 ton N til 483.000 ton N)), stort set neutraliseret deres individuelle virkninger på kvælstofudvaskningen.

Tabel 31 viser kvælstofoverskuddet sammenholdt med modelberegnet kvælstofudvaskning og beregnet denitrifikation og ammoniakfordampning. Den modelberegne kvælstofudvaskning er vurderet i forhold til en opgørelse af kvælstofbalancen på landsplan (afsnit 5.1).

Tabel 31 Kvælstofoverskud (opgjort som glidende gennemsnit over 3 år) og opgørelse af tabsposterne Kvælstofudvaskning, ammoniakfordampning og denitrifikation i mark og stald (1.000 ton N).

Høstår	Kvælstof- overskud	Udvaskning*	Ammoniak- fordampn.**	Denitrifika- tion, mark og stald***	Difference
2007	282	163	55	48	17
2008	274	166	53	42	13
2009	256	168	51	41	-4
2010	252	168	52	40	-8
2011	250	165	51	41	-7

#Korrigeret kvælstofoverskud beregnet ud fra gennemsnitsudbytter for perioden 2007-2011

*gennemsnit af de tre metoder til opgørelse af udvaskningen fra landbrugsjorden.

** omfatter ammoniakfordampning fra stald, lager og udbragt husdyrgødning samt fra handelsgødning og afgrøder (baggrundsnotat 7)

***Marktabet beregnet med SimDen (Vinther og Hansen, 2004); Stald- og lagertabet udgør 3000 t i 2007, 2.200 t i 2008 2.000 t i 2009; 1900 t i 2010 og 2000 t i 2011 (H. Damgård Poulsen, personlig meddelelse)

Der ses i tabel 31 et fald over tid i kvælstofoverskuddet samtidig med, at kvælstofudvaskningen stiger frem til 2009 og falder igen frem til 2011. Bemærk, at der ikke er nogen direkte sammenhæng mellem de årlige kvælstofoverskud og beregnet kvælstofudvaskning, idet udvaskningen er normaliseret til gennemsnittet for klimaet i perioden 1990 til 2010, hvorimod kvælstofoverskuddet er glidende gennemsnit over en treårig periode. Høje udbytter i 2008 og 2009 (jf. 5.1) er den primære årsag til et mindre kvælstofoverskud i perioden 2008 frem til 2011. For samme periode blev udbytterne i udvaskningsberegningerne holdt konstante på baggrund af gennemsnitsudbytter for perioden 2007-2011. I udvaskningsberegningerne ændres udbytterne derfor kun som følge af ændret arealanvendelse. Differencen (tabel 31) viser desuden forskellen mellem kvælstofoverskud og summen af de enkelte tab. Som gennemsnit for årene ligger differencen på omkring +2.000 ton N, og det vurderes, at summen af tabene ligger inden for usikkerheden af de enkelte tabsposter.

Konklusion

På baggrund af gennemsnit af tre forskellige beregninger af kvælstofudvaskningen kan der ikke påvises nogen entydig ændring i den klimanormaliserede kvælstofudvaskning fra landbrugsarealet set over perioden 2007 til 2011.

Referencer

- Andersen, H.E., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.N., Vinther, F.P., Sørensen, P., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Jørgensen, U. & Jacobsen, B. (2012). Virkemidler til kvælstofreduktion – potentialer og effekter. Notat til Kvælstofudvalget fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi og DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
- Anonym (2008) Afrapportering fra arbejdsgruppen om udredning af mulighederne for justering af afgrødenormsystemet med henblik på optimering af gødsknings- og miljøeffekt – ”noget for noget”. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Miljøministeriet, pp. 107.
- Anonym (2012). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2012 til 31. juli 2013. Revideret september 2012. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. NaturErhvervstyrelsen.
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Hansen, E.M., Jørgensen, U., Østergård, H.S. & Grant, R. (2005). Eftervirkning af efterafgrøder. Notat til Normudvalget 31. marts 2005.
- Blicher-Mathiesen, G. & Windolf, J. (2010). Kvælstofreduktion fra rodzonen til kysten for hele landet. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelse, 16. november 2010.
- Blicher-Mathiesen, G., R. Grant, P.G. Jensen, B. Hansen & L. Thorling (2012). Landovervågningsoplande 2011. NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE nr. 31, 2012.
- Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Grant, R., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. (2013). Landovervågningsoplande 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 150 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 74. <http://dce2.au.dk/pub/SR74.pdf>
- Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B. & Elmholt, S. (2009). Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III – hoved og baggrundsnotater. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser. DJF rapport Markbrug 142. 233 s.
- DCA (2012). Notat vedrørende revision og forenkling af reglerne om efterafgrøders eftervirkning. http://pure.au.dk/portal/files/49118513/DCA_efterafgr_ders_eftervirkning_020312.pdf
- DJF (2009). Kommentarer vedr. landbrugets høringssvar på gødskningsloven. Svar til Plantedirektoratet af 22. september og 13. oktober 2009.
- DJF/DMU (2011). Notat nr. 3 vedrørende effekter af forskellige tiltag i forbindelse med Grøn Vækst med fokus på flerårige energiafgrøder, liberalisering af landbrugsloven, energiudnyttelse af husdyrgødningen, ammoniakinitiativer, miljøgodkendelserne, reglerne for efterafgrøder og normreduktionen af 28. juni 2011. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. [http://pure.au.dk/portal/da/publications/notat-nr-3-vedroerende-effekter-af-forskellige-tiltag-i-forbindelse-med-groen-vaekst-med-fokus-paa-fleraarige-energiafgroeder-liberalisering-af-landbrugsloven-energiudnyttelse-af-husdyrgoedningen-ammoniakinitiativer-miljoegodkendelserne-reglerne-for-efterafgroeder-og-normreduktionen\(610258d0-a595-433f-943f-de84c66e541f\).html](http://pure.au.dk/portal/da/publications/notat-nr-3-vedroerende-effekter-af-forskellige-tiltag-i-forbindelse-med-groen-vaekst-med-fokus-paa-fleraarige-energiafgroeder-liberalisering-af-landbrugsloven-energiudnyttelse-af-husdyrgoedningen-ammoniakinitiativer-miljoegodkendelserne-reglerne-for-efterafgroeder-og-normreduktionen(610258d0-a595-433f-943f-de84c66e541f).html)

- Djurhuus, J. & Olsen, P. (1997). Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. *Soil Use and Management* 13, 61-67.
- Fishmann, M. (2013). Personlig meddelelse vedr. Forslag til Lov om ændring af lov om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække. Lovforslag nr. L 148, fremsat den 7. februar 2013. Folketinget. <http://www.folketingstidende.dk/samling/20121/lovforslag/L148/index.aspx Tilgængelig 19. april 2013>.
- FVM (2012). Økologisk Handlingsplan 2020. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, juni 2012.
- Grant, R. og Waagepetersen, J. (2003). Vandmiljøplan II – slutevaluering. Rapport, Danmarks Miljøundersøgelser, december 2003, 32 s.
- Gundersen, P. (2008). Kvælstofudvaskning fra skovarealer – model til risikovurdering (SkovNitrat). Arbejdsrapport nr. 26 fra Skov Og Landskab. Københavns Universitet. 43 sider.
- Hansen E.M., Kyllingsbæk A., Thomsen I.K., Djurhuus J., Thorup-Kristensen K. & Jørgensen U. (2000). Efterafgrøder. DJF-rapport 37, Markbrug, 49 p.
- Holsten, B., Ochsner, O., Schäfer, A., og Trepel, M. (2012). Guidelines for the reduction of nutrient discharge from drained agricultural land. CAU Kiel, 107 p. http://www.ecosystems.uni-kiel.de/bilder/218_150/guidelines.pdf
- Jakobsen, B. (2012). Analyse af landbrugets omkostninger ved implementering af vandplanerne fra 2011. FOI udredning 2012/6.
- Jørgensen U., Hansen J. F. & Kristensen I.T. (2003). Analyse af VMP III Scenarie for Odense Fjord. www.vmp3.dk
- Kristensen, K., Jørgensen, U. & Grant, R. (2003). Genberegning af modellen N-LES. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II – slutevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugs-Forskning.
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G. (2008). Reestimation and further development in the model N-LES – N-LES3 to N-LES4. DJF rapport nr. 139.
- Kristensen, T., Kristensen, I.S. & Vinther, F.P. (2011a). Vedrørende effekten af slæt kontra afgræsning i baseline. Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 9. marts 2011.
- Kristensen, T., Vinther, F.P., Søgaard, K. & Eriksen, J. (2011b). Notat vedrørende skift fra afgræsning til slæt. Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 23. juni 2011.
- Larsen, S. og K. Kristensen (2007). Udvaskningsmodellen N-LES3 – usikkerhed og validering. Aarhus Universitet, DJF rapport, Markbrug 132.

- Loges, R., Kelm, M. & Taube, F. (2005). Vergleichende Analyse der Ertragsleistung und Nitratauswaschung im ökologischen und konventionellen Ackerbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 130 – 131.
- NaturErhvervstyrelsen (2012). Landsdækkende kompensationskort der dækker vandløb og søer med 10 m randzoner samt kort over vandløb og søer med 2 m bræmmer.
http://1.naturerhverv.fvm.dk/kort_over_vandloeb_og_soer.aspx?id=14693
- Naturstyrelsen (2011a). Virkemiddelkatalog. Til brug for vandplanernes indsatsprogrammer for Overfladevand, Grundvand, Sø- og vandløbsrestaurering, Spildevand, Regnvand og Dambrug. Naturstyrelsen, Miljøministeriet, 42 s.
- Naturstyrelsen (2011b). Baseline i vandplanerne. Arbejdsrapport fra Miljøministeriets arbejdsgruppe vedr. fastlæggelse af baseline i vandplanerne. December 2011.
- Nordemann Jensen, P., S. Boutrup, J.R. Fredshavn, L.M. Svendsen, G. Blicher-Mathiesen, P. Wiberg-Larsen, R. Bjerring, J. W. Hansen, K.E. Nielsen, T. Ellermann, L. Thorling & A.G. Holm (2012). Vandmiljø og natur 2011. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Videnskabelig rapport fra DCE nr. 36, 2012. Olsen, P. (1995). Kvælstofudvaskning fra landbrugsjord i relation til dyrkning, klima og jord. SP rapport nr. 15.
- Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R., Hansen, J.W., Ellermann, T., Thorling, L. & Holm, A.G. (2013). Vandmiljø og Natur 2012. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (in prep.)
- Olsen, P. & Djurhuus, J. (1996). Kvælstofudvaskning efter ompløjning af kløvergræsmarker. Grøn Viden, Landbrug nr. 164.
- Pedersen, L.B., Christensen, C.J., Ingerslev, M. & Skov, S. (2012). Gødningsanbefalinger for kvælstof ved aldersgraderet gødskning. Nåledrys 79: 22-29.
- Plantedirektoratet (2010). Notat om baselinen for kvælstofreduktionerne i Grøn Vækst. Sept. 2010. sagsnr. 10-4130-000013.
- Poulsen, H.D. (2012). Normtal for husdyrgødning – 2012. Netpublikation, Aarhus Universitet;
http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/Normtal_2012_august_ny_2012.pdf , 33 sider.
- Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B. & Sommer, S.G. (2001). Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning, DJF rapport nr. 36, Husdyrbrug, 152 pp.
- Scenariegruppen (2003). Vandmiljøplan III, Notat fra Scenariegruppen om reguleringssystemer, valg af virkemidler og eksempler på opstilling af scenarier. www.vmp3.dk

- Schou, J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U., Jacobsen, B.H. (2007). Virkemidler til realisering af målene i EU's Vandramme-direktiv. Faglig rapport fra DMU nr. 625.
- Sevel, L., Ingerslev, M., Nord-Larsen, T., Jørgensen, U., Holm, P.E., Schelde, K. & Raulund-Rasmussen, K. (2013). Fertilization of SRC Willow, II: Leaching and Element Balances. Bioenergy Research, DOI 10.1007/s12155-013-9370-z.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., & Gustafson, A. (1999). Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with catch crops. Soil & Tillage Research 50, 115-125.
- Søegaard, K. (2004). Kløvergræs. I: Jørgensen (red.) Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport nr. 103, Markbrug, side 117-127.
- Søegaard, K., Eriksen, J., Kristensen, T. & Vinther, F.P. (2011). Vedrørende effekten af slæt kontra afgræsning i baseline. Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 3. oktober 2011.
- Sørensen, P., Vinther, F.P. (2012). Notat om udvaskningseffekt af afgasset gylle. Notat til Natur og Landbrugskommissionen fra DCA.
- Thorup-Kristensen, K. (1994). The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. Fertilizer Research 37, 227-234.
- Vinther, F.P., Kristensen, I.S. & Sørensen, P. (2012). Notat om effekt af udnyttelsesprocent for afgasset gylle. Notat til NaturErhvervstyrelsen, 8. oktober 2012. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Waagepetersen, J. (1992). Braklægnings betydning for kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer, s 37-44. I: Mikkelsen S. (red.): Braklægning – planteproduktion og Miljø. Tidsskrift for Planteavl Specialserie, nr. S2224.
- Waagepetersen, J. (2009). Reduktion af kvælstofudvaskning ved omlægning fra konventionelt til økologisk jordbrug. I Børgesen m.fl. (2009), s. 176-179.
- Waagepetersen J., Grant, R., Børgesen, C.D. og Iversen, T.M. (2008). Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet. www.dmu.dk – Vand - Vandmiljøplaner.
- Wiberg-Larsen, P., J. Windolf, A. Baattrup-Pedersen, J. Bøgestrand, N. B. Ovesen, S. E. Larsen, H. Thodsen, A. Sode, E. Kristensen, A. Kjeldgaard (2010). Vandløb 2009. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 804.
- Østergaard, H.S. (2011). Undersøgelser af etablering af mellem- og efterafgrøder i 2011. Planteavlsorientering 065. Videncentret for Landbrug, Skejby, Århus.
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/pl_po_11_065.aspx
 Tilgængelig 29. januar 2013 (kræver adgangskode).

Bilag A. Gruppering af NAER-koder og afvigelser fra Danmarks Statistik

Gruppering af NAER-koder (tidl. FERV) og afvigelser fra grupperingen i Danmarks Statistik i henhold til oversættelseskoder fra DS af april 2011.

Gruppering af NAER koder	NAER koder	Gruppering i Danmarks Statistik, hvis afvigelse fra gruppering i dette notat
Korn		
Vårbyg	1	
Vårhvede	2, 6	
Havre	3	
Vinterhvede	11, 13	
Vinterbyg	10	
Rug	14, 15	
Triticale	16	
KornAndet	4, 7, 17	Kode 7 (Korn og bælgssæd) placeres under Helsæd
Bælgssæd til modenhed	30-36	
Frø til udsæd	101-126, 650-669	Kode 650 (ChrysanthemumG) placeres under Grøntsager i øvrigt
Industrifrø		
Vårraps	21	
Vinterraps	22	
Andre olieafgrøder	23-25, 40-42, 180-181, 777	
Rodfrugter		
Kartofler	150-154, 991	
Sukkerroer	160-162	Kode 161 (Cikorierødder) og 162 (andre industriafrøder) placeres under foderroer
Græs og grøntfoder i omdrift		
Helsæd	210-215, 220-235	
Foderroer	280-283	

Majs	5, 216	Kode 5 (Majs/modenhed) placeret i selvstændig gruppe
Lucerne	171-172, 262, 273-274, 284-285	
Græs og kløvermark i omdriften	170, 173-174, 260-261, 263-270, 282, 286-288	
Varigt græs	250-259, 272-279, 350	
Gartneriprodukter	400-570	kode 500 (Buske og træer) og 503 (et og toårige planter) placeres under "Andre afgrøder"
Juletræer og pyntegrønt	583-584	
Energiskov, særlige kulturer	591-598	kode 591 (Lavskov) placeres under Træer, ikke udtaget, kode 592-597 placeres under andre afgrøder, kode 598 (Sorrel) placeres under Grøntsager i øvrigt
Brak, særlig miljøordning, udyrket, naturlign.		
Almindelig braklægning	300-304, 307	
Særlige afgrøder: miljøordninger	311-333	koderne 330-333 placeres under Andre afgrøder
Randzoneordning	340	Placeres under Andre afgrøder
Udyrkede arealer, vildtagre	271, 310	Kode 271 (Vildtagre) placeres under Varig græs
Øvrige afgrøder, naturlign.	900-903	Placeres under Andre afgrøder
Andre afgrøder	800, 801, 910	
Skov		
Skov med norm	581, 586-587	
Skov uden norm	580, 589	

Bilag B. Handelsgødningsforbrug, iflg. gødningsregnskaber 2003-2011

Ruth Grant og Gitte Blicher-Mathiesen, Aarhus Universitet

Konklusion

Analysen viser, at der igennem de senere år er store udsving i handelsgødningsforbrug opgjort som solgte mængder i Danmarks Statistik (DS). Udsvingene skyldes formodentlig hensættelser til lager. Desuden forekommer der indkøb af handelsgødning fra andre kilder, end hvad der indgår i opgørelser fra DS, formodentlig fra udenlandske kilder. Man skal derfor være varsom med at bruge data for handelsgødning fra DS i en beskrivelse af udviklingen i landbruget inden for en kort årrække. Til evaluering af Grøn Vækst og rapporteringen til Nitratdirektivet vil vi anvende opgørelser af indberettet handelsgødning kvælstof i gødningsregnskaberne frem for at anvende handelsgødningsforbruget fra DS.

1. Baggrund

I 2008 ses en stor stigning i handelsgødningsforbruget opgjort i Danmarks Statistik (DS), hvorefter gødningforbruget igen er faldet meget markant frem til 2010. For at undersøge årsagen til de store udsving i handelsgødningforbruget opgjort i DS har vi i dette notat foretaget en sammenligning til det indberettede forbrug af handelsgødning i gødningsregnskaberne. Analysen omfatter årene 2003-2011.

2. Datagrundlag

NAER har hvert år i perioden 2004 – 2012 leveret udtræk af gødningsregnskaberne for det foregående planår. Udtrækkene omfatter alle indberettede skemaer. Data er oftest leveret i slutningen af december måned, data fra 2007 og 2012 blev dog leveret i august af hensyn til midtvejsevalueringen af VMPIII og evalueringen af Grøn Vækst. På tidspunktet for leveringen kan der stadig være regnskaber, som er under behandling. For 2009-data vurderede NAER, at der var tale om så få sager, at det næppe ville få indflydelse på den statistiske opgørelse.

Der kan være fejl eller mangler i indberetningerne. For at fejlbehæftede skemaer ikke skal slå forkert ud i de statistiske opgørelse er der foretaget følgende frasorteringer:

- Skemaer uden areal- eller kvælstofkvoteangivelse, eller hvor disse parametre er 0.
- Skemaer, hvor kvælstofkvoten er større end 400 kg N/ha, eller forbruget af handels- og husdyrgødningen er større end 600 kg N/ha
- Skemaer, hvor arealet er større end 1000 ha, og kvælstofkvoten samtidig er mindre end 10 kg N/ha
- Skemaer, hvor summen af dyreenheder (DE) er større end 1.000 og normproduktionen samtidig er mindre end 50 kg N/DE.

Betydningen af frasorteringen er vist for 2011-data i tabel 1. Der er i alt indberettet 41.600 skemaer, heraf er der 4.049 skemaer, hvor areal eller kvælstofkvote er nul eller manglende. Det kan være, at der

er tale om husdyrbedrifter uden jordtilliggende, eller at der simpelthen mangler indberetning heraf. Ved at slette disse skemaer bliver det samlede areal reduceret med ca. 1.000 ha. Årsagen til, at disse skemaer ikke medtages i den statistiske analyse, er, at der ikke kan foretages nogen kobling mellem angivelser af areal, kvælstofkvote og N i handelsgødning.

Ved frasortering 'kvælstofkvote > 400 kg/ha el. forbrugt han+hus > 600 kg/ha' bliver der frasorteret 140 skemaer. Disse udgør 1.500 ha og en indberettet kvælstofkvote på 800 ton N og 400 ton N i handelsgødning.

Ved frasorteringerne 'Areal > 1000 ha og kvælstofkvote < 10 kg N/ha' og 'Sum DE > 1000 og normprod. < 50 kg N/DE' sorteres 9 skemaer fra. Disse omfatter i alt 13.000 ha, men har ingen betydning for kvælstofkvoten eller kvælstof i handelsgødning.

Tabel 1. Antal skemaer ved successiv frasortering og antal frasorterede skemaer

	2011			
	Antal skemaer	Areal 1000 ha	N-kvote 1000 t	N-handelsg. 1000 t
<i>Indsendte skemaer</i>	41.600			
<i>Heraf skemaer med både areal og kvoteangivelse</i>	37.551	2.613	384,5	204,4
PLD-kriterier				
Kvælstofkvote > 400 kg/ha el. forbrugt han+hus > 600 kg/ha	37.411	2.612	383,7	204,0
DMU-kriterier				
Areal > 1000 ha og kvælstofkvote < 10 kg N/ha	37.403	2.599	383,7	204,0
Sum DE > 1000 og normprod. < 50 kg N/DE	37.402	2.599	383,7	203,9

Data fra de statistiske analyser fra gødningsregnskaberne sammenlignes med handelsgødningsforbruget offentliggjort af Danmarks Statistik. Dette er baseret på det totale salg fra danske gødningsfirmaer minus 5.000 ton N til golfbaner, kommunale anlæg m.v.

3. Handelsgødningsforbrug

Handelsgødningsforbrug i DS og i gødningsregnskaberne fremgår af tabel 2.

I årene 2003 -2006 er det indberettede forbrug af handelsgødning i gødningsregnskaberne på omkring samme niveau som handelsgødningsmængderne opgjort i DS. I 2007 – 2011 er der større udsving: I 2007 samt i 2009-2011 er det indberettede forbrug således 7.000-14.000 ton højere end angivet i DS, mens det indberettede forbrug i 2008 er ca. 10.000 lavere end angivet i DS.

Opgørelserne viser endvidere, at der i alle årene, bortset fra 2006, er et større indberettet indkøb af handelsgødning i gødningsregnskaberne end vist ved dataene fra DS, forskellen ligger i størrelsesordenen fra 3.100 ton N i 2007 til 28.700 ton N i 2009.

Som gennemsnit for perioden 2008-2011 er det indberettede forbrug og det indberettede indkøb af handelsgødning i gødningsregnskaberne henholdsvis 6.000 ton N og 11.500 ton N højere end angivet i DS.

Data viser, at der igennem de senere år er store udsving i opgjort som solgte mængder i DS. Udsvingene skyldes formodentlig hensættelser til lager. Desuden forekommer der indkøb af handelsgødning fra andre kilder, end hvad der indgår i opgørelser fra DS, formodentlig fra udenlandske kilder. Man skal derfor være varsom med at bruge data for handelsgødning fra DS i en beskrivelse af udviklingen i landbruget inden for en kort årrække.

Det vurderes, at handelsgødningsforbruget i gødningsregnskaberne bedst afspejler det aktuelle forbrug af gødning det enkelte år, hvorfor gødningsregnskaberne anvendes til en evaluering af udviklingen i handelsgødningsforbruget.

Tabel 2. Opgørelser af handelsgødningsforbrug i Danmarks Statistik og gødningsregnskaber (1.000 ton N), 2003-2011.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Danmarks Statistik	196	202	201	186	190	215	195	185	197
Gødningsregnskaber									
Indberettet forbrug	204,2	204,5	198,2	181,4	202,1	205,0	209,3	197,9	203,9
Indberettet indkøbt	204,3	212,9	206,7	181,4	193,1	219,2	223,7	191,0	204,1
Slutlager	4,5	12,1	19,6	20,1	10,9	25,6	39,6	33,5	33,1

Bilag C. Vand og naturindsats opnået under ”Miljømilliard” puljen

Oversigt over indsatsområder, hvor genoprettelse af søer, ådale, vandløb og engarealer blev udmøntet i specifikke projekter, med angivelse af projekttype og estimeret kvælstofreduktion (NST).

Opdateret 24. september 2012

Indsatsområde	Projekt	VMP II	Projekttype	Kvælstofreduktion, ton N/år
Centrale Limfjord	Grynderup Sø	ja	Sø/enge	130
	Thissing Vig		Våde enge, sø	24
	Kastbjerg Ådal		Ådalsprojekt	8
	Haslund – Værum Enge		Våde enge	41
Mariager Fjord				
Gudenådal				
Randers Fjord				
Nissum Fjord, Storå og Lilleå	Uldum Kær		Våde enge	14
	Retablering af Lilleåen og Ådalen.		Ådalsprojekt m.v.	18,5
	Ganer Å og Kirke Å		Ådalsprojekt	2,5
	Vorgod Å syd for Vildbjerg		Ådalsprojekt	8
Ringkøbing Fjord og Skjern Å	Fjederholt Å v Kideris og Kølkær Dambrug		Ådalsprojekt	107,9
Åer med udløb i Vadehavet	Hostrup Sø og moser		Vådområder	3
	Gamborg Nor		Våde enge	2,0
	Kolding Å & Vester Nebel Å		Ådalsprojekt	5,6
	Åkær Å v. Kolding		Ådalsprojekt	7,7
Lillebælt				
Odense Fjord og Å	Silke Ådal	ja	Ådalsprojekt m.v.	22
	REGAIN – Odense Å og Fjord	ja	Ådalsprojekt m.v.	60
Isefjord	Løvenborg Gods		Våde enge	18,5
	Tuse- Mårsø Enge		Våde enge	27
	Tempelkrogen Syd		Våde enge	9,8
Susåen, Sjælland	Øvre Suså Gisselfeld		Ådalsprojekt	19,5
	Holmegård Broksø			
	Mellemste Suså		Ådalsprojekt	34
			Kvælstofreduktion i alt	563

Bilag D. Afgrødefordeling inden for 10 m randzone for årene 2008-2012.

Gruppering af NAER-koder følger samme oversigt som afgrødefordelingen for hele landet (se bilag A)

		Arealer i randzonen (ha)					%				
DS-tekst	DSkode	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Korn i alt											
Vårbyg	1	3.516	4.370	5.589	7.080	10.109	13,7	11,1	10,3	11,3	16,5
Vårhvede	2	123	208	265	482	869	0,5	0,5	0,5	0,8	1,4
Havre	3	790	896	782	934	1.251	3,1	2,3	1,4	1,5	2,0
Vinterhvede	4	3.412	6.743	9.564	9.517	5.789	13,3	17,1	17,6	15,1	9,5
Vinterbyg	5	431	858	1.289	1.103	710	1,7	2,2	2,4	1,8	1,2
Rug	6	127	331	584	687	691	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1
Triticale	7	190	414	477	333	207	0,7	1,1	0,9	0,5	0,3
KornAndet	8	93	144	226	292	313	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Bælgsæd til moden-											
hed											
Markærter til moden-	9	16	39	80	74	38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
hed											
Hestebønner, lupiner	10	7	13	31	36	45	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
mv.											
Frø til udsæd	11	298	513	506	515	600	1,2	1,3	0,9	0,8	1,0
Industrifrø i alt											
Vårraps	12	1	4	30	34	34	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Vinterraps	13	635	887	1.279	1233	938	2,5	2,3	2,3	2,0	1,5
Sennep, valmue og	15	1	4	5	4	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kommen											
OlieAndenPlante	14	5	4	5	6	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rodfrugter i alt											
Kartofler											
Kartofler til melpro-	17	91	122	205	270	243	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
duktion											
Læggekartofler	18	27	36	47	52	57	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Spisekartofler	16	145	189	246	273	232	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
Sukkerroer	19	107	163	246	262	262	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
Græs og grøntfoder i omdrift,											
i alt											
Helsæd	20	653	1.168	1.594	1.653	1.593	2,5	3,0	2,9	2,6	2,6
Foderroer	21	15	30	37	44	44	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Majs	22	962	1.534	2.126	2.290	2.394	3,8	3,9	3,9	3,6	3,9
Lucerne	23	22	41	69	84	74	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Græs og kløvermark i omdrif-	24	4.223	6.970	9.827	11.574	11.297	16,5	17,7	18,0	18,4	18,5
ten											

I omdrift		15.888	25.680	35.111	38.831	37.798	62,1	65,2	64,4	61,8	61,8
Varig græs	25	6.906	10.800	15.471	18.373	18.286	27,0	27,4	28,4	29,2	29,9
Gartneriprodukter											
Væksthus og planteskoler	29	4	8	8	10	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anden frugt og bær	27	22	21	38	48	47	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Blomsterløg og frilandsblomster	28	3	3	4	6	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grøntsager i øvrigt	26	47	55	72	90	84	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Juletræer og pyntegrønt	30	262	193	275	245	273	1,0	0,5	0,5	0,4	0,4
Energiskov mm	31	69	117	207	345	408	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7
Særlige kulturer til energi	32	1	1	2	3	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brak, særlig miljøordn., udyrket, naturlign.											
Almindelig braklægning	34	1.473		9	0		5,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Særlige afgrøder: miljøordninger	35	191	327	640	1.324	1.359	0,7	0,8	1,2	2,1	2,2
Randzoneordning	36		104	155	366	361	0,0	0,3	0,3	0,6	0,6
Udyrkede arealer, vildtagre	37	248	1.250	1.341	1.531	1.893	1,0	3,2	2,5	2,4	3,1
Øvrige afgrøder, naturlign	38	310	575	754	1.339	48	1,2	1,5	1,4	2,1	0,1
Andre afgrøder	39	20	27	73	9	118	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2
Skov, med norm	33	11	8	62	56	86	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Skov, uden norm	43	149	218	264	294	371	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
Ukendt	40				3	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I alt		25.604	39.387	54.487	62.870	61.156	100	100	100	100	100
Afgrødekode 0		6.246	9.145	10.916	1.002	800					
I alt med afgrødekode		31.850	48.532	65.403	63.872	61.956					

Bilag E. Randzonebredde

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri NaturErhvervstyrelsen



Randzonebredde

I lov om randzoner er det besluttet, at der skal udlægges i alt ca. 50.000 ha. randzoner. Der er derudover taget en politisk beslutning om, at en randzone maksimalt kan være 10 meter bred.

Et landbrugsareal skal være enten berettiget til enkeltbetaling eller have juletræer for at være berettiget til randzonekompensation.

Beregningen af randzonebredden

	Randzoner (ha)
1 Randzoner (på EB og juletræer)	72.000
2 2 meter bræmmer (højt målsatte vandløb og søer)	2300
3 2 meter bræmmer (naturlige vandløb og søer)	700
4 Reduktion (§5)	11.000
5 Marsk	1450
6 Marsklignende	2500
7 Dispensation (§6)	2000
Ha randzoner i alt	52.050

Om beregningen

- 10 meter randzoner omkring alle åbne vandløb og søer større end 100 m² på kompensationsberettiget landbrugsjord udgør i alt ca. 72.000 ha. Herfra skal der fraregnes en række faktorer:
 - o 2 meter bræmmer omkring naturlige og højt målsatte vandløb og søer
 - o Estimering af hvor mange landmænd, der kan søge om reduktion fordi randzonebredden vil omfatte mere end 5 % af deres samlede bedrift
 - o Estimering af hvor mange, der vil blive undtaget fra loven jf. reglen om dispensation
 - o Marsk
 - o Marsklignende strukturer
- Det skal bemærkes, at der i opgørelsen anføres, at den endelige beregning viser, at der ventes udlagt 52.050 ha.
- De 52.050 ha. er beregnet med udgangspunkt i det vejledende vandløbskort. På det vejledende vandløbskort optræder der uundgåeligt skelgrøfter og tørre grøfter. Dette kan ikke undgås i den korttekniske proces. Derfor vil færre km vandløb og færre ha. randzoner ende med at være omfattet af loven.

Om marsk

- Ikke-målsatte vandløb beliggende i marsken i Darum Tjæreborg, Ribe, Rejsby, Ballum og Tønder, er eksplicit undtaget i medfør af randzonenloven



- Højt målsatte vandløb i marsken er ikke undtaget loven

Om områder med marsklignende struktur

- Områder med en tilsvarende vandløbsstruktur og intensitet som den i marskens, der er undtaget fra loven, er ligeledes undtaget loven.
- De marsklignende strukturer er identificeret ved hjælp af en objektiv GIS model, hvor tætheden og strukturen af vandløbene er analyseret.
- GIS modellen er udviklet med udgangspunkt i Tøndermarsken og Rejsebymarsken.
- Modellen har identificeret de områder, hvor vandløbsstrukturen og intensiteten er stort set identisk med den vandløbsstruktur og intensitet, der findes i marsken (Tønder og Rejsby)
- De områder som har en tilsvarende vandløbsstruktur og intensitet, er det som kaldes marsklignende struktur
- Da naturen ikke er identisk fra landsdel til landsdel, skal områderne med marsklignende strukturer kun være 98 % identiske med selve marsken
- Strukturen skal være gældende for et område på min. 25. ha for at kunne karakteriseres som marsklignende struktur
- Ud fra et hensyn til, at der dels skal undtages arealer, der ligner marsken og dels opnås et samlet randzoneareal på ca. 50.000 ha, er det bestemt, at den marsklignende struktur skal være gældende for et sammenhængende areal på min. 25 ha.
- Der findes ikke andre steder i landet, hvor denne tætte vandløbsstruktur er gældende for et lige så stort område som marsken.
- Der er ca. 45 områder større end 25 ha. med marsklignende strukturer

Bilag F. Aftale om Grøn Vækst 2.0

Den. 9. april 2010

Aftale mellem Regeringen og Dansk Folkeparti om Grøn Vækst 2.0

Landbrugs- og fødevarerhvervet bidrager væsentligt til den danske eksport og beskæftigelse. Der er i alt 139.000 beskæftigede i branchen fordelt med 77.000 i landbruget og 62.000 i fødevarerhvervet. Erhvervet skaber herudover ikke bare beskæftigelse og vækst i fødevarerektoren, men også i energisektoren, agroindustrien og i en række følgeindustrier, herunder i bygge- og anlægsbranchen. Denne beskæftigelse er i særdeleshed væsentlig for livet i yderkantsområderne og er derfor med til at skabe et Danmark i balance. Erhvervet står imidlertid i en svær økonomisk situation på grund af den økonomiske krise, der blandt andet har givet sig udtryk i lave afregningspriser.

Regeringen og Dansk Folkeparti er derfor enige om at iværksætte en række initiativer, der forbedrer landbruget og fødevarerektorens vækstvilkår og dermed bidrager til at sikre beskæftigelsen på bedrifterne, i fødevarerindustrien og i følgeindustriene. Initiativerne bidrager endvidere til at understøtte Danmarks målsætning om 30 pct. vedvarende energi i 2020.

Der er enighed om at forbedre vandmiljø og naturtilstand, og målsætningen om en reduktion på 19.000 tons kvælstof i 2015 fra landbruget står fast. Der er endvidere enighed om, at det er vigtigt at sikre beskæftigelsen i landbruget og fødevarerhvervet og dermed også i yderkantsområderne.

Initiativerne ligger således i forlængelse af Grøn Vækst aftalens formål om et grønt landbrugs- og fødevarerhverv, der skaber vækst parallelt med, at miljø- og klimamålsætninger understøttes. Hensigten er således, at landbruget og fødevarerindustrien skal bidrage til at løse udfordringerne indenfor miljø og klima samtidig med, at erhvervet understøtter beskæftigelsen og udviklingsmulighederne i alle dele af Danmark.

Der er enighed om følgende initiativer:

- **Vandplaner og kvælstofreduktion:** Der igangsættes et analysearbejde om vandplanernes konsekvenser for beskæftigelsen og udviklingsmuligheder i visse egne af landet for at få skabt yderligere klarhed om konsekvenserne af den forudsatte indsats. Vandrammedirektivets endelige implementering skal ske under hensyntagen til en fortsat mulighed for at drive landbrug i hele Danmark. Analysen vil supplere det i Grøn Vækst besluttede udredningsarbejde vedrørende et system med omsættelige kvælstofkvoter, herunder med belysning af fordele og ulemper ved en kvotemodell i forhold til alternativer med henblik på fastlæggelse af resterende indsatsbehov og valg af konkrete virkemidler. Den samlede analyse skal være færdig i 2011.

Analysen vil vurdere konsekvenserne for dansk landbrug i forhold til opfyldelse af Vandrammedirektivets mål i forhold til kvælstof, blandt andet set i forhold til andre landes faktiske implementering af Vandrammedirektivet, herunder deres reduktionsmål og tidsplan herfor.

Analysearbejdet skal munde ud i et samlet forslag til at leve op til Vandrammedirektivets krav, herunder med forslag til tidsplan for implementering og en gennemgang af de anbefalede virkemidlers omkostningseffektivitet. Analysen berører ikke de allerede besluttede virkemidler om vådområder, efterafgrøder mv. i aftale om Grøn Vækst, der samlet giver en kvælstofreduktion på 9.000 tons frem mod 2015.

På baggrund af analysen vil regeringen og Dansk Folkeparti drøfte tidsplanen for de fremadrettede krav til kvælstofreduktionen, herunder muligheden for yderligere anvendelse af undtagelsesbestemmelserne i EU's Vandrammedirektiv, hvor det vurderes relevant med henblik på at opretholde beskæftigelsen og udviklingsmulighederne i hele landet.

- **Jordskat:** Der er enighed om, at skatten på produktionsjord nedsættes med 500 mio. kr. årligt i 2011 og frem. Formålet er at understøtte de enkelte bedrifter. Nedsættelsen betyder, at grundskyldspromillen på produktionsjord i gennemsnit reduceres fra 11,9 i 2010 til 6,9 i 2011. Nedsættelsen finansieres af:
 - a) en fremrykning til 2011 af den forøgelse af lønsumsafgiften for finansielle virksomheder, der er aftalt i forbindelse med Forårspakke 2.0.
 - b) en forhøjet pesticidafgift fra 2011, jf. Aftale om Grøn Vækst.
 - c) en ny grøn kvælstofregulering fra 2013 og frem, jf. Aftale om Grøn Vækst.

Der henvises til bilag 1 for en oversigt over finansieringen af nedsættelsen af skatten på produktionsjord.

Lønsumsafgift: Som led i finansieringen af *Forårspakke 2.0* indgår en forhøjelse af lønsumsafgiften for finansielle virksomheder med virkning fra 2013. Det umiddelbare merprovenu udgør cirka 500 mio. kr. årligt. Parterne er enige om, at indfasningen heraf fremrykkes, således at forhøjelsen får virkning fra 2011 og bidrager til finansieringen af jordskattelettelsen.

Forhøjelse af pesticidafgiften jf. Aftale om Grøn Vækst: Parterne er enige om, at der i efteråret 2010 fremsættes lovforslag vedrørende en grøn omlægning af pesticidafgiften, som fra 2011 indebærer et merprovenu på ca. 75 mio. kr. i 2011 og 150 mio. kr. årligt herefter. Parterne noterer sig, at der ved omlægningen skal tages hensyn til special- og højværdiafgrøder, således at udflgning af disse afgrøder modvirkes. Merprovenuet fra pesticidafgiften bidrager til finansiering af jordskattenedsættelsen fra 2011.

Kommunerne vil individuelt blive kompenseret for det provenutab, der følger af lettelsen i jordskatten.

- **Biomasse:** Brugen af biomasse i energiforsyningen skal styrkes, hvilket bl.a. er afspejlet ved forhøjelsen af støtten til biomassebaseret elproduktion ved seneste energiaftale og øgede afgifter på fossile brændsler ved forårspakke 2.0. I forlængelse heraf er der enighed om at søge tilslutning blandt parterne i energiforligskredsen til at udbrede det frie brændselsvalg til kraftvarmeverker på op til 2 MW gennem ophævelse af forbuddet mod anvendelse af afgiftsfrie brændsler til varmeproduktion. Initiativet vil øge efterspørgslen efter biomasse,

herunder bl.a. halm, og dermed understøtte Danmarks målsætning om 30 pct. vedvarende energi i 2020 og opfyldelsen af Danmarks klimamål.

- **Biobrændstoffer:** Der er enighed om at undersøge mulighederne for og de økonomiske konsekvenser af at styrke produktionen af især 2. generations biobrændstoffer i Danmark, herunder undersøge tekniske muligheder for at øge iblandingskravet. Undersøgelsen skal ses i sammenhæng med krav om iblanding af 5,75 pct. biobrændstoffer som indføres i 2010-12. En styrket produktion af biobrændstoffer forventes at fremme udviklingen og anvendelsen af klimavenlige brændsler i transportsektoren. 2. generation biobrændstoffer udnytter restproduktet fra afgrøder, og anvender således ikke den del af afgrøderne, der typisk finder anvendelse til fødevarer mv., til produktionen af biobrændstoffer.
- **Biogas:** Der er enighed om hurtigst muligt at indføre støtte til afsætning af biogas til naturgasnettet, således at støtten ligestilles med den nuværende støtte til afbrænding af biogas i de decentrale kraftvarmeværker. Hermed sikres bredere og mere stabil afsætning af biogas. Initiativet vil understøtte Danmarks målsætning om 30 pct. vedvarende energi i 2020, ligesom det vil øge efterspørgslen efter biogas og husdyrgødning. Initiativet finansieres indenfor det aftalte PSO-loft.
- **Spildevand:** Der er enighed om at igangsætte et udredningsarbejde af betalingsreglerne for spildevandsafledningen, hvor mulighederne for at lette betalingen for store vandforbrugere, herunder fødevarer virksomheder undersøges. Formålet er at sikre en større grad af sammenhæng mellem, hvad der betales i spildevandsafgift, og hvilke omkostninger det pågældende vandforbrug reelt giver anledning til.
- **Miljøklagenævnet:** Regeringen og Dansk Folkeparti har af flere omgange taget initiativer, der skal understøtte en smidig og hurtig behandling af klager i Miljøklagenævnet, hvilket har fået produktiviteten til at stige og nedbragt sagspuklen.

Det kan nu konstateres, at der er indbragt flere sager på husdyrområdet for Miljøklagenævnet end forventet. Derfor er der enighed om at afsætte 25 mio. kr. ekstra til at fremrykke og styrke indsatsen for at nedbringe sagsbehandlingstiderne på husdyrlovsområdet i Miljøklagenævnet, så landmænd hurtigere kan komme videre med deres ønskede investeringer og ikke påføres unødige omkostninger til deres investeringer. Indsatsen for at nedbringe sagsbehandlingstiderne i Miljøklagenævnet finansieres af Miljømilliard II.

- **Husdyrloven:** Husdyrloven er i dag indrettet, så den enkelte landmand i visse tilfælde skal søge om en ny miljøgodkendelse ved selv små ændringer på sin bedrift. Dette kan unødigt forsinke selv mindre og nødvendige ændringer i at blive foretaget og skaber et unødigt træk på de offentlige ressourcer.

For at understøtte muligheden for en smidig, ubureaukratisk og fleksibel drift af de enkelte landbrugsbedrifter er der enighed om at tage initiativ til, at der gennemføres en anmeldeordning, der giver mulighed for, at nogle husdyrproducenter kan udvide antal årligt producerede dyr uden bygningsmæssige ændringer med op til 10 % svarende til den reduktion af miljøpåvirkningen fra dyrene, der har været i de seneste år. Der vil blive fastsat kriterier, som sikrer, at der ikke sker en negativ påvirkning af miljøet.

Anmeldeordningen skal virke i samspil med den øvrige regulering og generelt sikre et højt beskyttelsesniveau.

Herudover drøfter parterne muligheden for at etablere yderligere anmeldeordninger med henblik på, at landbruget også i andre situationer ikke behøver en ny miljøgodkendelse eller tilladelse, når der skal foretages ændringer på en husdyrbedrift. Disse anmeldeordninger vil i givet fald også blive udformet, så der ikke sker en negativ påvirkning af miljøet og de vil ikke ændre ved hovedprincippet i husdyrgodkendelsesloven om, at udvidelser og ændringer af produktionen, som giver anledning til en væsentlig påvirkning af miljøet, kræver godkendelse eller tilladelse.

Der søges indgået aftale med partierne bag forliget om miljøgodkendelsesordningen for husdyrbrug om de nævnte initiativer på området.

- **Udvalg om husdyrreguleringen.** Udover ovenstående anmelderordninger nedsættes et udvalg, der ultimo 2010 skal komme med forslag til en yderligere forenkling af husdyrreguleringen, herunder se på mulighederne for at adskille bygninger og areal i forbindelse med godkendelsen.
- **Kødkontrollen:** Der er enighed om, at det er vigtigt, at reguleringen af landbruget og fødevarerhvervet gøres mere enkel og smidig. Det er samtidig afgørende for parterne, at hensynet til dyrevelfærd, sunde fødevarer og forbrugerbeskyttelse fastholdes på et højt niveau, ligesom unødige administrative byrder skal fjernes.

Det noteres derfor, at fødevareministeren fortsætter arbejdet med handlingsplanen for kødkontrollen, hvor målet er at effektivisere kødkontrollen for 113 mio. kr. i 2011 i forhold til 2008-niveauet. Handlingsplanen skrider frem efter planen og målet forventes at blive nået.

Herudover drøfter parterne en konsulentundersøgelse, der anviser yderligere effektiviserings- og forbedringsmuligheder for kødkontrollen. Hvor det er muligt og foreneligt med hensynet til fødevarsikkerheden gennemføres disse anbefalinger med henblik på at nedbringe omkostningerne yderligere.

- **Plantedirektoratet:** Det noteres endvidere, at fødevareministeren fortsætter det igangværende arbejde med at lette erhvervets udgifter til foderkontrollerne i Plantedirektoratet med 25 pct. i 2014 svarende til 12 mio. kr. i forhold til 2008-niveauet. Arbejdet skrider frem efter planen. Der vil blive gennemført en analyse af effektiviseringsmuligheder i forhold til Plantedirektoratet øvrige kontrolområder (frø og sædekorn samt planter og kartofler).
- **Økologi.** Med henblik på yderligere at understøtte initiativerne i Aftale om Grøn Vækst med henblik på mere end en fordobling af det økologiske areal i 2020 er der enighed om at foretage følgende yderligere tiltag:
 - a) Yderligere afløftning af gebyrerne for økologiske storkøkkener
 - b) Igangsættelse af en række pilotprojekter, der skal bane vej for udvikling af skræddersyede økologiske biomasseløsninger. Der afsættes 4 mio. kr. årligt i 2011-2013

til pilotprojekterne, som finansieres indenfor den økonomiske ramme for Aftale om Grøn Vækst.

- **Sporing af GMO'er.** Parterne er enige om at undersøge mulighederne for at styrke indsatsen med kontrol på GMO-området, herunder i forbindelse med import af fødevarer.

Der er endvidere enighed om fremadrettet at følge udviklingen i landbruget og fødevareerhvervets rammevilkår med henblik på at understøtte de danske styrkepositioner på det globale marked. Konkret iværksættes en analyse af erhvervets produktivitetsudvikling og konkurrenceevne i forhold til bl.a. de relevante EU-lande, som erhvervet konkurrerer med.

Endvidere vil landbrugs- og fødevareerhvervets rammer være en del af den styrkede indsats for at reducere de administrative byrder og mindske bureaukratiet i den offentlige sektor jf. Danmark 2020 Viden>vækst>velstand>velfærd.

Det noteres afslutningsvist, at EU-kommissionen har godkendt udmøntningen af Erhvervspakkens vindue II, der indeholder en vækstkautionsordning på 750 mio. kr. for lån til opførelse af fast ejendom og andet, der kan realkreditfinansieres. Efter godkendelse i Finansudvalget vil landbruget på lige fod med andre erhverv kunne søge om kaution for lån via penge- og realkreditinstitutter under ordningen.

Tabel 1: Finansiering af nedsættelsen af skatten på produktionsjord				
Mio. kr. –	2011	2012	2013	2014-
Jordskattenedsættelse	500	500	500	500
Finansiering af jordskattelettelsen				
- Lønsumsafgift	500	500		
- Forhøjet pesticidafgift	75	150	150	150
- Provenu ved grøn kvælstofregulering (kvælstofkvoter)			350	350
Reserve*	75	150	0	0

*Drøftes i forbindelse med opfølgning på Forårspakke 2.0.

Baggrundsnotater

Indhold

Baggrundsnotat 1.....	91
Efterafgrøder.....	91
Baggrundsnotat 2	101
Jordbearbejdning.....	101
Baggrundsnotat 3	107
Opskalering af kvælstofudvaskning fra Landovervågningsprogrammet til landsplan	107
Baggrundsnotat 4	111
Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for 2007-2011	111
<i>Tilført N</i>	121
<i>Fjernet N</i>	121
N-LES4 udvaskning.....	121
Bilag BN4-1. Klimadata.....	123
Bilag BN4-2. Jordbundsdata	129
Bilag BN4-3. Daisy kvælstofudbytte kalibrering	151

Baggrundsnotat 1

Efterafgrøder

Elly Møller Hansen og Ingrid K. Thomsen, Aarhus Universitet

Baggrund

I forbindelse med evaluering af Grøn Vækst har der vist sig et behov for at klarlægge, hvordan efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt er blevet fastlagt. Effekten er dels baseret direkte på forsøg, dels på vurderinger og skøn, hvor der ikke har foreligget forsøgsresultater. I det følgende gennemgås udviklingen for efterafgrøder som virkemiddel til reduktion af kvælstofudvaskningen. Desuden beskrives nogle af de faktorer, der kan have ændret sig, siden bestemmelserne om efterafgrøder trådte i kraft.

Efterafgrøder på sandjord

Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder er anslået af Hansen et al. (2000). Effekten er hovedsagelig vurderet på baggrund af resultater fra markforsøg gennemført i 1980'erne og 1990'erne (Simmelsgaard, 1991; Djurhuus, 1992; Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997). En stor del af disse forsøg var udført på grovsandet jord (JB1) og er refereret af Hansen et al. (1995) og gengivet i Tabel 1. Forsøgene blev udført på nedbørrige lokaliteter og gennem milde vintre. Efterafgrøderne blev sået som udlæg i vårbyg efter vårbyg og gødet med 60-130 kg N/ha. Der blev tilført samme mængde gødning, uanset om der var dyrket efterafgrøder året før eller ej. I forsøgene blev middeltidlig eller sildig alm. rajgræs som efterafgrøde sammenlignet med ubearbejdet jord uden bevoksning, dvs. at parcellerne blev herbicidsprøjtet efter høst. Parceller uden efterafgrøde var derfor ubearbejdede og fri for ukrudt og spildfrø, og de blev pløjet samtidig med parceller med efterafgrøde. De fleste forsøgsled blev pløjet om foråret, men i to af forsøgsleddene (nr. 4 og 5 i Tabel 1) blev der pløjet sent efterår. Forsøg nr. 2 adskiller sig fra de øvrige ved at være tilført organisk gødning om efteråret.

Som gennemsnit af alle forsøg i Tabel 1 blev udvaskningen reduceret med 38 kg N/ha, men udelades nr. 2, som blev gødet om efteråret, blev udvaskningen reduceret med 32 kg N/ha. Som gennemsnit af forsøg, hvor der blev gødet om foråret med anbefalede mængder gødning og forårsplojning (nr. 1, 3, 7 og 8, Tabel 1) blev udvaskningen reduceret med 38 kg N/ha.

På baggrund af en samlet vurdering anslog Hansen et al. (2000), at udvaskningen som gennemsnit over jordtyper reduceres med 25 kg N/ha ved dyrkning af veletablerede ikke kvælstoffikserende efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder gødet med anbefalede gødningsmængder af handels- og husdyrgødning. Forsøgene, som vurderingen byggede på, var beliggende på grovsandet jord.

Tabel 1. Udvaskning pr. år uden brug af efterafgrøder samt reduktion i udvaskning ved dyrkning af alm. rajgræs som efterafgrøde på grovsandet jord (efter Hansen et al., 1995). Forsøgene er gennemført ved Brande (B) og Jyndeved (J).

For-søg	Loka-litet	Antal for-søgs-år	Handels-gødn. ¹ kg N/ha	Organisk gødning		Pløje-tids-punkt	Udvaskning uden efterafgrøde, kg N/ha		Udvaskning, reduktion v. efterafgrøde	
				Mgd. kg N/ha	Tids-punkt		Gns. af år	Min-max	Kg N/ha	%
1	B	3	130	-	Forår	Forår	42	31-58	36	86
2 ²	B	3	30	100 ³	Nov.	Forår	91	84-99	81	88
3	B	3	30	100 ³	Forår	Forår	46	31-68	41	89
4 ⁴	J	5	60	-	Forår	Efterår	50	36-73	17	32
5 ⁴	J	5	120	-	Forår	Efterår	67	55-88	25	36
6 ⁴	J	5	60	-	Forår	Forår	48	29-67	29	57
7	J	5	120	-	Forår	Forår	68	44-84	39	56
8	J	3	-	100 ⁵	Forår	Forår	83	68-114	36	48

¹Tilført forår. ²Eneste forsøg tilført gødning om efteråret. ³Kartoffelrugtsaft. ⁴Langvarigt forsøg (1968-92). ⁵NH₄-N i svinegylle.

Efterafgrøder på lerjord

I den oprindelige vurdering af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt (Hansen et al., 2000) blev der ikke foretaget en opdeling på sand- og lerjord, idet der kun var få forsøgsresultater om efterafgrøders effekt på lerjord. I et enkelt forsøg blev effekten af sildig alm. rajgræs på fin sandblandet lerjord (JB 6, Ødum) over 4 år bestemt til i gennemsnit 16 kg N/ha ved forårsplojning og 12 kg N/ha ved sen efterårsplojning. Forsøget var beliggende i et forholdsvist nedbørsfattigt område (Hansen & Djurhuus, 1997). Som i forsøgene på grovsandet jord blev efterafgrøderne sået som udlæg i vårbyg efter vårbyg. Sildig alm. rajgræs som efterafgrøde blev sammenlignet med ubearbejdet jord uden bevoksning, og parceller uden efterafgrøder blev pløjet på samme tidspunkt som parceller med efterafgrøder. Der blev gødet med 120-135 kg N/ha uanset om der blev dyrket efterafgrøde året før eller ej.

I Noget for Noget (Anonym, 2008, Tabel 11, side 69) indgik de tidligere nævnte 16 kg N/ha som udvaskningsreduktion på lerjord med under 0,8 DE/ha. I samme publikation indgik 34 kg N/ha som udvaskningsreduktion på sandjord med under 0,8 DE/ha, hvilket er i overensstemmelse med gennemsnit af forsøgene på grovsandet jord (Tabel 1).

Ovennævnte forsøg med efterafgrøder på lerjord har fundet sted på fin sandblandet lerjord (JB 6). Der savnes forsøg til underbygning af resultatet fra JB 6 og til belysning af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt på lerjord (JB 7 og JB 8) og humusjord (JB 11). Disse jordtypers procentvise andel af det dyrkede areal i Danmark er som følger: JB 6: 20 %; JB 7 og JB 8: 7 %; JB 11: 7 % (Pedersen, 2009).

Husdyrtæthed

I Hansen et al. (2000) blev det antaget, at der sædvanligvis kunne forventes større udvaskningsreduktion end de 25 kg N/ha, hvis der havde været anvendt store mængder husdyrgødning gennem flere år. Denne antagelse byggede på, at der i disse tilfælde vil være mere mineraliserbart organisk stof i jorden, og at vel-etablerede efterafgrøder har stor kapacitet til at optage kvælstof om efteråret (Tabel 1, forsøg nr. 2). Waagepetersen (2008) konkluderede på baggrund af teoretiske overvejelser, at det, der først og fremmest har betydning for en større udvaskningsreduktion ved brug af husdyrgødning, er dyrkningshistorien og kun i meget begrænset omfang den aktuelle brug af husdyrgødning. Formentlig kan forskellige typer husdyrgødning i dyrkningshistorien have betydning for risikoen for udvaskning, idet f.eks. kvæggylle indeholder mere organisk bundet kvælstof end f.eks. svinegylle.

For jorde med mere end 0,8 DE/ha antog Jørgensen et al. (2003), at effekten af efterafgrøder på arealer, der modtager husdyrgødning, øges fra ca. 25 kg N/ha til ca. 37 kg N/ha, dvs. med 12 kg N/ha. Dermed kunne effekten af efterafgrøder ved mere end 0,8 DE/ha sættes til 46 kg N/ha (34 + 12) på sandjord og til 28 kg N/ha (16 + 12) på lerjord. I Noget for Noget (Anonym, 2008, Tabel 11, side 69) indgår de 12 kg N/ha i beregningen af effekt af efterafgrøder på sand og ler med over 0,8 DE/ha. Jørgensen et al. (2003) pointerer, at de 37 kg N/ha er et usikkert bud, da der ikke findes tilstrækkeligt med forsøgsresultater med efterafgrøder på husdyrbrug. Forsøg nr. 2 i Tabel 1, hvor der blev tilført kartoffelfrugtsaft om efteråret, tyder på, at alm. rajgræs som efterafgrøde har stor kapacitet til at optage kvælstof om efteråret og dermed reducere udvaskningen betydeligt. Effekt af efterafgrøder blev reevalueret af Waagepetersen (2008), hvilket ikke gav anledning til ændringer, således det fortsat blev vurderet, at veletablerede efterafgrøder reducerer udvaskningen med 25 og 37 kg N/ha på bedrifter, der anvender organisk gødning svarende til henholdsvis under og over 0,8 DE/ha.

Jordbearbejdning

Referencen til efterafgrøderne i forsøgene var, som beskrevet ovenfor, ubearbejdet og ubevokset jord. I rapporten Noget for Noget (Anonym, 2008) syntes det antaget, at referencen til den gennemsnitlige effekt af efterafgrøder på 25 kg N/ha, er jord, der bearbejdes om efteråret. Det har formentligt ofte været tilfældet i praksis, men ikke i forsøgene. Hvis referencen havde været jordbearbejdet efter høst, ville der sandsynligvis kunne være beregnet en større effekt af efterafgrøderne, især på lerjord (Baggrundsnotat 2). Effekten af efterafgrøder, der etableres efter at virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret blev implementeret i efteråret 2011 (Anonym, 2011) svarer derfor omtrent til den forsøgspraksis, der var gældende i de pågældende forsøg. Eneste forskel er, at der efter indførelse af Ingen Jordbearbejdning om Efteråret kan være en bestand af ukrudt og spildfrø i referencen, der nu ikke længere må jordbearbejdes om efteråret, men som efter gældende regler må nedvisnes efter den 1. oktober.

Tilstedeværelsen af ukrudt og spildfrø i marker afhænger af mange forhold, der vedrører dyrkningsforhold og driftsledelse. Mængden af ukrudt varierer derfor både mellem forskellige marker og inden for den enkelte mark (Jacobsen og Melander, 1994). Der findes kun få undersøgelser over spildfrø/ukrudts udvaskningsbe-

grænsende effekt. I et dansk forsøg har Askegaard et al. (2011) påvist, at spildkorn og ukrudt kan have en udvaskningsreducerende effekt, men forsøgene er udført i økologiske sædskifter, hvor ukrudtsmængden forventes at være større end i konventionelle marker. I forhold til de usikkerheder, der knytter sig både til vurdering af efterafgrøders udvaskningsbegrænsende effekt (f.eks. Tabel 1) og til effekten af ukrudt og spildfrø, er der ikke for nuværende forskningsmæssigt belæg for at nedjustere effekten af efterafgrøder med en værdi for ukrudt og spildfrøs udvaskningsbegrænsende effekt fra høst og indtil 1. oktober. Det vurderes derfor, at der indtil der foreligger yderligere dokumentation og evt. nye målemetoder, ikke bør ændres på antagelsen om, at efterafgrøder som gennemsnit reducerer udvaskningen med hhv. 25 og 37 kg N/ha for over og under 0,8 DE/ha, efter at reglerne om ”Ingen jordbearbejdning om efteråret” er blevet indført.

Eftervirkning

I de oprindelige forsøg (Simmelsgaard, 1991; Djurhuus, 1992; Djurhuus & Lind, 1992; Hansen & Djurhuus, 1997) blev der gødet med samme mængde handelsgødning i forsøgsled med og uden efterafgrøder. Der blev således ikke taget hensyn til efterafgrødernes eftervirkning, som kunne betyde en mer-udvaskning af kvælstof mineraliseret i årene efter nedmuldning, så den samlede effekt af eftergrøderne blev lavere, end hvis gødningstilførslen var reguleret i forhold til forventet mer-mineralisering. Eftervirkningen af efterafgrøder blev efter anmodning af Normudvalget vurderet vha. FASSET-modellen i 2005 (Berntsen et al., 2005). Heraf fremgår, at der for planteavlbrug og husdyrbrug forventes en samlet kvælstofoptagelse i top og rod på hhv. 35 og 50 kg N/ha. Inden for en periode på 1-5 år forventedes det, at der ville blive tabt hhv. 10,5 og 15 kg N/ha ved udvaskning og denitrifikation på de to brugstyper. For at opveje disse tab blev det foreslået at reducere handelsgødningen forholds-mæssigt ud fra en antagelse om, at 60 % af den tilførte handelsgødning blev optaget af afgrøden (Berntsen et al., 2005). På den baggrund indførtes de nugældende regler, som betyder, at gødningstildelingen til den efterfølgende afgrøde reduceres med 17 og 25 kg N/ha under og over 0,8 DE/ha (Anonym, 2012). Den lavere gødningstilførsel efter dyrkning af efterafgrøder i praksis bevirker, at den udvaskningsreducerende effekt fastholdes på 25 og 37 kg N/ha for henholdsvis under og over 0,8 DE/ha.

Efterafgrøder under ændrede betingelser

Landbrugets produktionsforhold ændres med tiden, dels pga. af lovgivning dels pga. andre forhold som påvirker landbrugets valg af afgrøder og efterafgrøder. Det er karakteristisk, at der siden førømtalte forsøg med efterafgrøder i vårbyg er sket en ændring i valg af efterafgrødearter og deres etableringsmetoder samt i arealbenyttelsen. Der er således sket et fald i arealet med vårbyg og en stigning i arealer med både vinterhvede- og majs, hvor der ligeledes kan etableres efterafgrøder.

Arter af efterafgrøder

Udlæg af rajgræs som efterafgrøde i vårsæd er en velkendt og relativ dyrkningssikker metode til etablering af efterafgrøder i vårsæd. Når hovedafgrøde og efterafgrøde begge sås om foråret, afhænger efterafgrødens etableringssucces og vækst af de to afgrøders konkurrenceforhold. Disse forhold afhænger bl.a. af udsædsmængder og jordens frugtbarhed som beskrevet af Hansen (2009). Kraftig konkurrence fra en tæt og halmrig vårbyg kan f.eks. hæmme overlevelsen af en sildig, alm. rajgræs udlagt i vårbyg (Hansen et al., 2004). Dette

kan afhjælpes ved at så en mere konkurrencestærk efterafgrøde eller ved at reducere udsædsmængden af vårbyg for derved at reducere konkurrencetrykket fra hovedafgrøden (Hansen, 2009).

I de forsøg, der ligger til grund for vurderingen af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt, blev der om foråret udlagt alm. rajgræs som efterafgrøde i vårbyg. I dag er rajgræs i praksis delvist erstattet af korsblomstrede arter, som udstrøs enten før eller efter høst af hovedafgrøden, men inden 20. august. Korsblomstrede efterafgrøder har stor kapacitet til at optage kvælstof om efteråret (referencer angivet i Hansen et al., 2000) og kan derfor have en stor reducerende effekt på udvaskningen, der dog ikke er tilstrækkeligt belyst.

Østergaard (2011) vurderer på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse blandt konsulenter, at valg af efterafgrødeart generelt set fordeler sig stort set ligeligt mellem græsudlæg og korsblomstrede arter, dvs. olierædike og gul sennep. Der ser dog ud til at være regionale forskelle, således at græsudlæg især benyttes i Jylland, specielt i den vestlige del, og korsblomstrede efterafgrøder især benyttes på Lolland-Falster og Bornholm. Denne fordeling tyder på, at der i nogen udstrækning dyrkes græs som efterafgrøde på sandjord og korsblomstrede efterafgrøder på lerjord.

På lerjord kan korsblomstrede arter udnytte deres muligheder for dyb rodvækst til at optage nitrat fra stor dybde. Desuden vil høsttidspunktet i disse relativt nedbørsfattige områder formentlig forholdsvis sjældent blive udskudt af store nedbørsmængder, hvorfor det ofte være muligt at så korsblomstrede efterafgrøder rettidigt efter høst af hovedafgrøden (Rasmussen & Andersen, 1991). På sandjord i Vestjylland, hvor det typiske regner mere end i den østlige del af landet, er der behov for efterafgrøder, der er etableret før høst, idet etablering efter høst ofte ikke vil kunne foretages rettidigt (Rasmussen & Andersen, 1991). I sidstnævnte tilfælde er græsudlæg velegnet. På sandjord, hvor der skal mindre nedbørsmængder til at forårsage udvaskning, kan det desuden være uheldigt, hvis efterafgrøden nedvisnes af tidlig frost og derefter omsættes. For at undgå dette, bør der på sandjord under nedbørsrige dyrkningsforhold vælges ikke-frostfølsomme arter, som f.eks. alm. rajgræs. Den ovenfor omtalte praksis med dyrkning af græs som efterafgrøde på sandjord og korsblomstrede efterafgrøder på lerjord er derfor hensigtsmæssig.

Etableringssucces

Det er afgørende for efterafgrøders effekt på udvaskningen, at de etableres tilfredsstillende. Ved udspreddning af frø før høst kan korsblomstrede efterafgrøder sås tidligere end ved såning efter høst. Erfaringerne fra de seneste års forsøg viser, at planterne kun vokser sparsomt, indtil hovedafgrøden høstes (Thomsen et al., 2013). Spirings- og vækstbetingelserne for efterafgrøder udstrøet i en hovedafgrøde før høst må anses for at være mindre gunstige end ved en egentlig såning af efterafgrøder efter høst. Sen såning af efterafgrøder efter sen høst vil dog forringe væksten betydeligt (Hostrup & Hansen, 1977). Hvis alternativet til udspreddning i en voksende afgrøde er sen såning efter høst, har korsblomstrede efterafgrøder etableret ved udspreddning i juli vist sig at have tilsvarende eller større vækstpotentiale end efterafgrøder sået efter høst (Thomsen & Hansen, 2013).

Efterafgrøder i vintersæd

Græs-efterafgrøder kan etableres i vintersæd både om efteråret og om foråret, men den forsøgsmæssige belysning af metoderne er mangelfuld. Knudsen (2013) anfører, at der ved isåning af rajgræs om foråret i vintersæd i mange tilfælde kan opnås et godt resultat, men at metoden er mere usikker end udlæg om efteråret. Det anføres ligeledes, at muligheden for at anvende græsudlæg som efterafgrøde i vintersæd ofte er stærkt begrænset af behovet for at bekæmpe græsukrudt. Formentlig er de fleste efterafgrøder i vintersæd derfor korsblomstrede efterafgrøder, som sås før eller efter høst.

Efterafgrøder i majs

Da majs høstes sent om efteråret, er det ikke muligt at etablere effektive efterafgrøder efter høst. På grund af majsens højde før høst, er det heller ikke muligt at sprede efterafgrøder før høst vha. alm. landbrugsmaskiner. Majs er en varmekrævende afgrøde, og den vil derfor i kølige forår konkurrere dårligt med mere kuldeterante efterafgrøder, hvorved der vil være risiko for, at efterafgrøden udvikler sig på bekostning af majsens. Da majs ydermere er en afgrøde, der konkurrerer stærkt med efterafgrøderne sidst på sæsonen, kan det være vanskeligt at etablere en effektiv efterafgrøde i majs uden at udbyttet påvirkes negativt. Ifølge gældende lovgivning må efterafgrøder etableret i majs ikke destrueres før den 1. marts. I forsøg er der både målt god (Kristensen et al., 2011) og mindre god effekt (Hansen & Eriksen, 2009) af efterafgrøder på udvaskningen fra majs. Resultaterne af igangværende forsøg vil belyse, om det er muligt at reducere udvaskningen fra majs vha. nye arter af efterafgrøder og bedre etablering af efterafgrøderne.

Reducerede kvælstofnormer

For at efterafgrøder kan reducere udvaskningen væsentligt, er det en forudsætning, at der er væsentlige mængder mineralsk kvælstof i jorden, som ville være udvasket, hvis der ikke var etableret en efterafgrøde. Efterafgrøder kan, hvis der er meget kvælstof i jorden, og efterafgrødernes vækstperiode er tilstrækkelig lang, optage store mængder kvælstof (referencer angivet i Hansen et al., 2000). Jordens generelle kvælstofmineraliserende evne forventes kun i mindre grad at blive påvirket af reducerede kvælstofnormer i handelsgødning (Petersen et al., 2012), men lavere normer betyder, at der er mindre risiko for, at der ved høst efterlades mineralsk kvælstof i jorden pga. dårlig vækst af hovedafgrøden, der f.eks. kan have været hæmmet af sygdomme eller tørke. Den mængde nitrat, der udvaskes i efterårs- og vintermånederne, vil derfor oftest dreje sig om kvælstof, der er mineraliseret, efter at hovedafgrøden er ophørt med at optage kvælstof (Hansen & Djurhuus, 1996). Efterlades kun ringe mængder handelsgødningskvælstof efter høst, og er den generelle kvælstofmineralisering lav, kan selv en veletableret efterafgrøde ikke forventes at reducere udvaskningen markant.

Konklusion

Baseret på ovenstående forsøg og vurderinger anbefales, at den hidtidige vurdering af efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt på i gennemsnit 25 kg N/ha fastholdes på arealer med tilførsel af mindre end 0,8 DE/ha også efter, at reglerne om Ingen Jordbearbejdning om Efteråret er blevet indført. Det anses således stadig for gældende, at der på lerjord kan forventes en udvaskningsreduktion på 16 kg N/ha og på sandjord en udvaskningsreduktion på 34 kg N/ha. Det vurderes ligeledes, at efterafgrøderes udvaskningsreduktion på arealer tilført mere end 0,8 DE/ha kan fastholdes på 28 kg N/ha på lerjord og 46 kg N/ha på sandjord, dvs. i gennemsnit 37 kg N/ha.

Referencer

- Anonym (2008). Afrapportering fra arbejdsgruppen om udredning af mulighederne for justering af afgrøde-normsystemet med henblik på optimering af gødsknings- og miljøeffekt – ”noget for noget”.
http://www.mst.dk/NR/ronlyres/60C50A41-4C31-49E2-BBA3-1D2FCADCD3F/61974/FVM057_Nogetfornogetendeligafrapportering.pdf. Tilgængelig 26. marts 2013.
- Anonym (2011). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2010 til 31. juli 2011. Revideret juli 2011. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. NaturErhvervstyrelsen.
- Anonym (2012). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2012 til 31. juli 2013. Revideret september 2012. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. NaturErhvervstyrelsen.
- Askegaard, M., Olesen, J.E., Rasmussen, I.A., & Kristensen, K. (2011). Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142, 149-160.
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Hansen, E.M., Jørgensen, E.M., Østergård, H.M., & Grant, R. (2005). Eftervirkning af efterafgrøder. Notat til planteavlsoverorientering 07-550.
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/Notat_til_Planteavlsoverorientering_nr_07550.aspx. Tilgængelig 23. april 2013, kræver login.
- Djurhuus, J. & Lind, A.-M. (1992). Kvælstoftransformation og kvælstoftransport i en sandet løsmuld og en grov sandet løsmuld dyrket med vårbyg. I. Beskrivelse af forsøgsarealerne, klima, planteproduktion og mineralsk N i jorden. *Tidsskr. for Planteavl Specialserie. Beretning nr. S2213*, 48 sider.
- Djurhuus, J. (1992). N-transformation og N-transport i en sandet løsmuld og en grov sandet løsmuld dyrket med vårbyg. II. Nitratudvaskning. *Tidsskr. Planteavl* 96, 137-152.
- Hansen E.M., Kyllingsbæk A., Thomsen I.K., Djurhuus J., Thorup-Kristensen K. & Jørgensen U. (2000). Efterafgrøder. DJF-rapport 37, Markbrug, 49 sider.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. (1996). Nitratudvaskning som påvirket af langtidsgødning med N på en grov sandet løsmuld. *Soil Use and Management* 12, 199-204.
- Hansen, E.M. & Djurhuus, J. (1997). Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. *Soil & Tillage Research* 42, 241-252.
- Hansen, E.M. & Eriksen, J. (2009). Nitratudvaskning fra majs. ICROFS nyt nr. 4, side 3-4.
http://www.icrofs.dk/pdf/icrofsnyt/2009_4.pdf. Tilgængelig 26. marts 2013.
- Hansen, E.M. (2009). Etablering af efterafgrøder. Grøn Viden, Markbrug nr. 331. Aarhus Universitet. 6 sider.
<http://pure.au.dk/portal/files/2428301/gvma331.pdf>. Tilgængelig 26. marts 2013.
- Hansen, E.M., Djurhuus, J. & Simmelsgaard, S.E. (1995). Alm. rajgræs som efterafgrøde i vårbyg. Effekt på nitratudvaskning og udbytte på sandjord. Grøn Viden, landbrug nr. 157. Statens Planteavlsoversø. 6 sider.
- Hansen, E.M., Eriksen, J. & Vinther, F.P. (2004). Øget udnyttelse af kvælstof efter opløsnings af afgræsset kløvergræs. Grøn Viden, Markbrug nr. 300. Aarhus Universitet. 6 sider.
<https://pure.au.dk/portal/files/455861/gvma300.pdf>. Tilgængelig 26. marts 2013.

- Hostrup, S.B. & Hansen, P.F. (1977). Supplerende grovfoderproduktion med efterafgrøder. Statens Planteavlsforsøg. Meddelelse nr. 1317.
- Jacobsen, O.J. & Melander, B. (1994). Selvetableret plantedække i enårige brakmarker i relation til N-udvaskning og ukrudt. Undersøgelser fra vinteren 1992/93. SP rapport nr. 48.
- Jørgensen, U., Hansen, J.F. & Kristensen, I.T. (2003). Analyse af VMP III senarier for Odense Fjord. http://www.vmp3.dk/Files/Filer/Rap_fra_t_grupper/teknisk-undergr-vurdering-scenarier-Odense.pdf. Tilgængelig 26. marts 2013.
- Knudsen, L. (2013). Efterafgrøder. Dyrkningsvejledning. Dansk Landbrugsrådgivning. <http://dyrk.plant.dlbr.dk/web/Forms/Main.aspx?page=Vejledning&cropID=226>. Tilgængelig 26. marts 2013, kræver login.
- Kristensen, I.S., Jørgensen, E.M., Hansen, E.M. (2011). Supplerende undersøgelser af udvaskning af kvælstof til forsøget "Kvælstof til majs med efterafgrøder". Oversigt over Landsforsøgene. Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Landbrug, Aarhus. 437 sider.
- Pedersen, J.B. (2009). Oversigt over Landsforsøgene. Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Landbrug, Aarhus. 440 sider.
- Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M. & Christensen, B.T. (2012). Estimating the crop response to fertilizer N residues in long continued field experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 93, 1-12.
- Rasmussen, K.J. & Andersen, A. (1991). Nedmuldning af halm og efterafgrøde ved forskellig jordbearbejdning og N-gødsning i fastliggende forsøg med vårbyg. Tidsskrift for Planteavl, bind 95, nr. 2, side 105-118.
- Simmelsgaard, S.E. (1991). Slutrapport for projektet: N-udvaskning efter udbringning af kartoffelfrugtsaft. Statens Planteavlsforsøg. Intern Rapport.
- Thomsen, I.K. & Hansen, E.M. (2013). Cover crop growth and impact on N leaching when sown before or after main crop harvest. Soil Use & Management. Accepteret.
- Thomsen, I.K., Hansen, I.K. & Vinther, F.P. (2013). Evaluering af mellemafrøders effekt i forhold til efterafgrøder. Aarhus Universitet. Offentliggøres efter 1. august 2013.
- Waagepetersen, J. (2008). Reevaluering af effekten af efterafgrøder. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III - midtvejsevaluering. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. 8 sider. http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/042C0F67-63B9-40A1-8EA0-A2B986221843/0/8_Revalueringafefterafgrøder.pdf. Ikke længere tilgængelig.
- Østergaard, H.S. (2011). Undersøgelser af etablering af mellem- og efterafgrøder i 2011. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/pl_po_11_065.aspx. Tilgængelig 26. marts 2013, kræver login.

Baggrundsnotat 2

Jordbearbejdning

Elly Møller Hansen og Ingrid K. Thomsen, Aarhus Universitet

Baggrund

I forbindelse med evaluering af Grøn Vækst har der vist sig et behov for at klarlægge, hvordan jordbearbejdningens effekt på nitratudvaskningen hidtil er blevet vurderet samt hvilke forsøg, skøn og antagelser, der ligger bag vurderingerne, når der ikke har foreligget tilstrækkeligt forsøgsmæssig dokumentation. Baggrunden er, at jordbearbejdning kan øge udvaskningen, og at der i efteråret 2011 blev indført et nyt virkemiddel (Anonym, 2011) her kaldet 'Ingen Jordbearbejdning om Efteråret', som betyder, at der ikke må foretages jordbearbejdning forud for forårssåede afgrøder indtil 1. november på lerjord og indtil 1. februar på sandjord. En fyldestgørende beskrivelse af virkemidlet og dets undtagelsesbestemmelser findes i Anonym (2011). Vurderinger af jordbearbejdningens effekt på udvaskningen kompliceres af, at jordbearbejdning dels kan foretages med forskellig intensitet, hvor en stubharvning er mindre intensiv end en pløjning, dels kan foretages på forskellige tidspunkter, dvs. tidligt/sent efterår eller forår.

Forsøgsresultater

De forsøg, der ligger til grund for vurderingen af jordbearbejdningens indflydelse på udvaskningen er først og fremmest to forsøg, som er beskrevet af Hansen & Djurhuus (1997). Det ene forsøg var beliggende på grovsandet jord (JB1, 4 % ler) ved Jyndevad og det andet på fin sandblandet lerjord (JB6, 11 % ler) ved Ødum, se Tabel 1. Udvasningsmålingerne på sandjorden blev foretaget fra 1987-92 og på lerjorden fra 1988-92. Forsøget på sandjorden blev etableret i 1968, hvorimod forsøget på lerjorden først blev etableret i 1988. Begge forsøg var fastliggende og blev dyrket med vårbyg efter vårbyg. På lerjorden indgik stubbearbejdning foruden pløjning forår eller efterår. Stubbearbejdningen blev udført 1-3 gange i løbet af efteråret på samme måde, som hvis der havde været behov for at bekæmpe alm. kvik. Jorden i de øvrige forsøgsled blev holdt fri for bevoksning ved sprøjtning med herbicid. I forsøget på sandjorden blev der ikke stubbearbejdet efter høst, men forsøgsbehandlingerne blev sprøjtet tilsvarende som på lerjorden (Tabel 1). Det var karakteristisk for forsøgsperioden 1987-92, at alle vintre var milde med gennemsnitstemperaturer over normalen.

Tabel 1. Gennemsnitlig årlig udvaskning (kg nitrat-N/ha) på grovsandet jord (Jyndevad) og fin sandblandet lerjord (Ødum). Efterårspløjningen blev udført sent efterår. Fra Hansen & Djurhuus (1997).

	Grovsandet jord (1987-1992)	Fin sandblandet lerjord (1988-1992)
Pløjet efterår	67 ^a	65 ^b
Pløjet forår	68 ^a	49 ^c
Stubbearb. efterår, pløjet efterår	Ikke undersøgt	76 ^a
Stubbearb. efterår, pløjet forår	Ikke undersøgt	63 ^b

På sandjorden (Jyndevad) var der i gennemsnit ikke forskel på udvaskningen ved forårspløjning og sen efterårspløjning (67 kg N/ha ved efterårspløjning og 68 kg N/ha ved forårspløjning, Tabel 1). I samme forsøg var der en ikke-signifikant reduktion i udvaskningen på 11 kg N/ha ved direkte såning (uden forudgående stubbearbejdning) i stedet for pløjning efterår eller forår (data ikke vist), hvilket tyder på, at der var en tendens til mindre udvaskning ved mindre intensiv jordbearbejdning end pløjning. Det skal tages i betragtning, at der i det pågældende forsøg i mere end 20 år ikke var blevet tilført organisk materiale, idet der udelukkende var gødet med mineralsk gødning og halmen fjernet. Dette betyder, at effekten af jordbearbejdningen kan være undervurderet i forhold til praksis, hvor der evt. nedmuldes halm, tilføres husdyrgødning eller benyttes sædskifter med afgrøder, der efterlader mere organisk materiale end byg.

Det vides ikke, hvilken betydning en til flere stubbearbejdninger ville have haft på den grovsandede jord, da dette ikke indgik i forsøgsplanen. Den ovenfor omtalte, manglende effekt af pløjning sent efterår i forhold til forår betyder ikke nødvendigvis, at der ingen effekt ville have været af at udføre stubbearbejdninger efter høst. Sandsynligvis ville der have været en vis effekt, der formentlig ville have været mindre end på lerjorden, som antydtes i forsøg af Andersen og Olsen (1993) (se nedenfor).

Udvaskningen på lerjorden (Ødum) var 16 kg N/ha større ved sen efterårspløjning end ved forårspløjning (65 kg N/ha ved efterårspløjning og 49 kg N/ha ved forårspløjning, Tabel 1). Når forårspløjning blev sammenlignet med stubbearbejdet og efterårspløjet jord (76 kg N/ha) var forskellen 27 kg N/ha. Når stubbearbejdet og efterårspløjet jord blev sammenlignet med efterårspløjning, var forskellen 11 kg.

Skønt konklusionerne af de ovennævnte forsøg er relativt klare, er det vanskeligt at drage generelle konklusioner om udvaskningens størrelse ved ændret pløjetidspunkt og jordbearbejdningens intensitet. Dette skyldes bl.a., at vintrene var milde under hele den periode, hvor forsøgene blev gennemført, hvilket givetvis har haft indflydelse på effekten af jordbearbejdningen. I år med mere kolde vintre må effekten af jordbearbejdningen forventes at være mindre. De opnåede resultater på lerjorden, hvor jordbearbejdning om efteråret sammenlignes med forårspløjning, må derfor være et udtryk for den maksimale effekt på den givne jord. Desuden kan forhold som forudgående sædskifte og evt. regelmæssig brug af husdyrgødning forventes at have indflydelse på resultatet. Endvidere kan der være en tidsmæssig effekt, således at det har betydning, hvor længe den pågældende jordbearbejdning har været udført. Endelig er effekten af jordbearbejdning på jordtyper med

mellem 5 og 10 % ler og højere lerindhold ikke kvantificeret, ligesom effekten af intensiv jordbearbejdning om efteråret på den grovsandede jord ikke blev undersøgt.

Sammenlignes resultaterne fra den sandblandede lerjord med andre resultater, viser et lysimeterforsøg med fin lerblandet sandjord (Thomsen, 2005) langt mindre effekt af jordbearbejdning, idet der kun blev fundet en udvaskningsreduktion på 8 kg N/ha ved at ændre jordbearbejdningstidspunktet fra det tidlige efterår til sent efterår eller forår. Tidlig jordbearbejdning må alt andet lige formodes at give større mineralisering og dermed større risiko for udvaskning end sen efterårsjordbearbejdning. Stenberg et al. (1999) fandt således i et svensk forsøg (på en jord svarende til en sandblandet lerjord) en reduktion på 20 kg N/ha ved at ændre jordbearbejdningstidspunktet fra tidlig efterårsplojning til forårsplojning. Udvasningsreduktion var på under 10 kg ved at ændre fra sen efterårsplojning til forårsplojning. Tidlig efterårsplojning til sammenligning med sen efterårsplojning eller forårsplojning indgik tillige i et andet svensk forsøg på samme jordtype, hvor mineraliseringen blev bestemt ud fra mineralsk kvælstof i jordprøver (Myrbeck et al., 2006). Når Myrbeck et al. (2006) konkluderer, at risikoen for udvaskning af kvælstof kan mindskes betydeligt, hvis der pløjes sent om efteråret eller om foråret i stedet for tidligt efterår, kan resultaterne ikke umiddelbart sammenlignes med resultaterne af det danske forsøg, som netop blev pløjet sent efterår (Hansen og Djurhuus, 1997). I Myrbeck et al. (2006) blev der ikke målt kvælstofoptagelse i ukrudt og spildfrø, hvor der ikke blev jordbearbejdet. De målte forskelle kan derfor skyldes forskelle i ukrudtsbestand, idet ukrudt og spildfrø kan medvirke til at reducere jordens indhold af mineralsk kvælstof. I Andersen og Olsen (1993) sammenlignes ikke-stubbearbejdning med stubbearbejdninger efter høst ved Jyndevad, Askov, Foulum og Rønhave. I gennemsnit forårsagede 3-4 gange stubbearbejdning en forøgelse af nitratinholdet i jorden med 17 kg N/ha i november/december. Stigningen var mest udtalt ved Foulum og Rønhave. Det fremgår dog heller ikke i dette tilfælde, om ukrudt og spildfrø i de ikke-stubbearbejdede parceller bidrog til at mindske nitratinholdet i jorden. Da tilstedeværelsen af ukrudt og spildfrø i en given mark afhænger af mange forhold, kan mængden variere betydeligt (Jacobsen og Melander, 1994). Det er således ikke muligt at vurdere, hvor stor betydning en eventuel tilstedeværelse af ukrudt kan have haft i de pågældende tilfælde.

Efterfølgende vurderinger

Hansen (2004) anslog, at pløjning om foråret i stedet for tidligt om efteråret kunne reducere udvaskningen med 10-25 kg N/ha forudsat, at forårsplojede marker ikke blev jordbearbejdet eller herbicidbehandlet i løbet af efteråret. Det blev vurderet, at uden jordbearbejdning og uden herbicidbehandling vil jorden være bevokset med spildfrø og ukrudt. Vurdering af en jordbearbejdningseffekt på 10-25 kg N/ha forud for vårafgrøder svarer til vurderingen i Anonym (2000). I Noget for Noget (Anonym, 2008, side 35) ligger disse to tal formentlig til grund for de 18 kg N/ha (gennemsnit af 10 og 25), som det vurderes, at udvaskningen reduceres ved at udskyde jordbearbejdningen til efter januar. Det påpeges i rapporten, at der ikke er forsøgsmæssigt grundlag for at skelne mellem ler- og sandjord (Anonym, 2008). Denne oplysning er ikke nærmere forklaret og kan umiddelbart synes at være i strid med Hansen & Djurhuus (1997) (se ovenfor). Udskydelse af jordbearbejdningen til efter januar blev i Noget for Noget tilsyneladende antaget at gælde for sandjord. Hvis jordbearbejdningen blot blev udskudt til sent på efteråret (1. oktober) blev udvaskningsreduktionen vurderet til

10 kg N/ha. Dette blev tilsyneladende antaget at gælde for lerjord. De 18 og 10 kg N/ha, der indregnes i Noget for Noget (Anonym, 2008, side 70) synes således udelukkende at være et udtryk for forskellige tidspunkter for pløjning på sand og ler ved implementering af virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret. Effekten er således ikke direkte relateret til selve jordtypen, men til forskellige jordbearbejdningstidspunkter. Det bør bemærkes, at det ikke i Noget for Noget har været muligt at vurdere effekten af, at der under det nuværende virkemiddel Ingen Jordbearbejdning om Efteråret må nedvisnes ukrudt og spildfrø fra 1. oktober (se nærmere beskrivelse nedenfor).

På baggrund af de ovenfor beskrevne forsøg er den anslåede reduktion på 10-25 kg N/ha (Anonym, 2000; Hansen, 2004) et udtryk for en kombineret effekt af jordbearbejdning samt ukrudt og spildfrø. For sandjorden (Hansen & Djurhuus, 1997), hvor effekten af stubbearbejdning ikke indgik, kunne der, som ovenfor nævnt, være tale om en undervurdering af effekten ved virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret. Effekten på 10 kg/ha er derfor et udtryk for en lille effekt af jordbearbejdning i kombination med en effekt af ukrudt og spildfrø. På lerjorden (Hansen & Djurhuus, 1997), er effekten på 25 kg N/ha et udtryk for en maksimal effekt af jordbearbejdning inklusiv en effekt af ukrudt. At beregne den gennemsnitlige effekt som et gennemsnit af de to værdier (10 og 25), som det tilsyneladende er gjort i Noget for Noget (Anonym, 2008), vurderes ikke at være i overensstemmelse med de ovenfor refererede forsøg.

Nuværende praksis og forsøg

Da gentagne stubbearbejdninger er en praksis, som ikke længere anvendes af konventionelle landmænd i samme grad som tidligere, er der ikke udført nyere forsøg til belysning af stubbearbejdningens effekt på udvaskningen under konventionelle forhold. I et nyere langvarigt jordbearbejdningforsøg, påbegyndt i 2002, indgår stubbearbejdning ikke som en selvstændig faktor, men i forsøget sammenlignes pløjefri dyrkning med pløjning i forskellige sædskifter med vår- og vinterafgrøder. En fin lerblandet sandjord (Foulum) bliver forårsplojet og en fin sandblandet lerjord (Flakkebjerg) bliver efterårsplojet forud for forårssåede afgrøder. I forsøgene har pløjning generelt ikke øget udvaskningen sammenlignet med pløjefri dyrkning (Hansen et al., 2010). Disse forsøg er dog ikke helt sammenlignelige med de tidligere danske forsøg (Hansen og Djurhuus 1997), da jorden hvert år har været bevokset om efteråret af enten vintersæd eller efterafgrøder.

Gentagne stubbearbejdninger om efteråret kan anvendes af økologiske landmænd til bekæmpelse af rodukrudt. Askegaard et al. (2011) undersøgte effekten af gentagne stubbearbejdninger i økologiske forsøg på tre forskellige jordtyper (grovsandet jord, fin lerblandet sandjord og fin sandblandet lerjord), som det dog ikke var muligt at skelne mellem i de statistiske analyser. I gennemsnit over jordtyperne blev der fundet en signifikant udvaskningsreduktion på gennemsnitlig 25 kg N/ha i sammenligning med jord, der var bevokset med ukrudt og spildfrø. Ukrudtsmængden i økologiske sædskifter forventes, som tidligere nævnt, at være større end i konventionelle sædskifter, hvorfor udvaskningsreduktionen ved at undlade stubbearbejdninger under økologiske forhold forventes at være større end under konventionelle forhold.

Med virkning fra efteråret 2011 er virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret som nævnt implementeret, dog med en række undtagelser, herunder økologiske arealer, som omtalt ovenfor. Ifølge den generelle lovgivning må der ikke foretages jordbearbejdning forud for forårssåede afgrøder fra høst af forfrugt til den 1. november på ler- og humusjord (JB5-11) og til den 1. februar på sandjord (JB1-4). Kemisk nedvisning af ukrudt og spildfrø er tilladt fra 1. oktober.

Hvis der for ler- og humusjord tages udgangspunkt i forsøget Hansen & Djurhuus (1997), betyder dette, at der skal ændres jordbearbejdningsstrategi fra stubbearbejdning og efterårspløjning til blot efterårspløjning. I forsøget betød dette en gennemsnitlig forskel på 11 kg i 'ren' stubbearbejdningseffekt. Da der i forsøget er foretaget jordbearbejdning efter den 1. november, og da det under virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret er muligt at nedvisne ukrudt og spildfrø fra den 1. oktober, vurderes forbuddet mod jordbearbejdning at betyde en udvaskningsreduktion på 10 kg på lerjord.

På sandjorden, hvor der ikke er data for stubbearbejdning, skønnes effekten af at undlade stubbearbejdning at være ca. halvdelen heraf, dvs. 5 kg N/ha. Hvis dertil lægges en anslået effekt på 5 kg N/ha, pga. at sandjorden ikke må bearbejdes før 1. februar, bliver den samlede effekt 10 kg N/ha, dvs. det samme som for lerjorden, der må pløjes efter 1. november.

Da datamaterialet bag resultaterne er spinkelt, er de skønnede værdier behæftet med stor usikkerhed. I forhold til de usikkerheder, der knytter sig til jordbearbejdningseffekten og til effekten af ukrudt og spildfrø, er der ikke forskningsmæssigt belæg for at justere effekten af Ingen Jordbearbejdning om Efteråret med en værdi for ukrudt og spildfrøs udvaskningsbegrænsende effekt fra høst og indtil 1. oktober, hvor det er lovligt at nedvisne ukrudt.

Konklusion

Baseret på ovenstående forsøg og skøn vurderes det, at effekten af at implementere virkemidlet Ingen Jordbearbejdning om Efteråret er en reduktion i udvaskningen fra både ler- og sandjord på 10 kg N/ha betinget af, at lerjorden må pløjes efter 1. november og sandjorden efter 1. februar.

Referencer

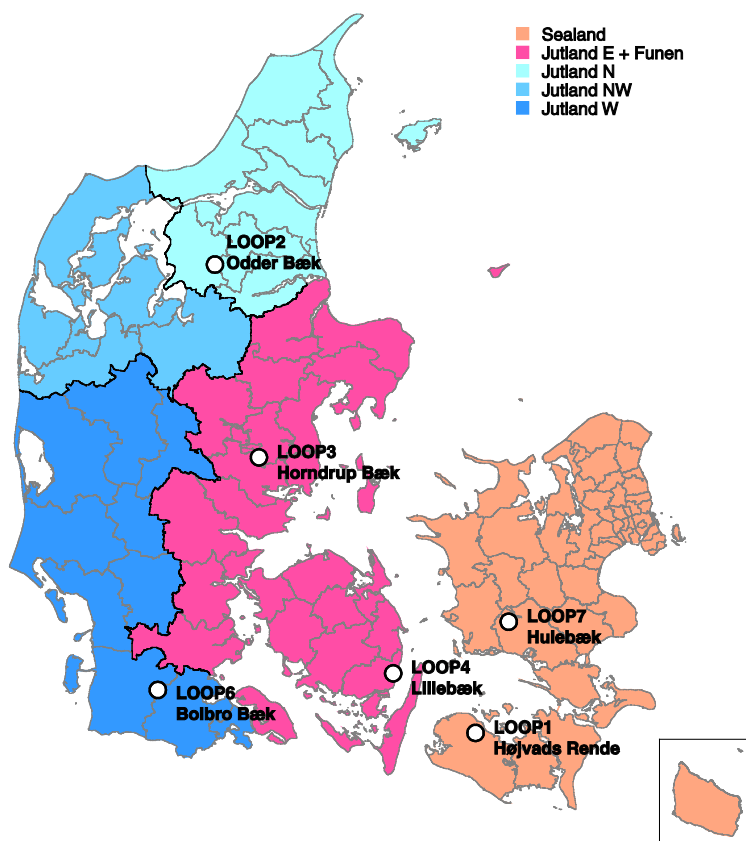
- Andersen, A. & Olsen, C.C. (1993). Rye grass as a catch crop in spring barley. *Acta Agric. Scand. Sect. B.* 43, 218-230.
- Anonym (2011). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2010 til 31. juli 2011. Revideret juli 2011. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. NaturErhvervstyrelsen.
- Anonym (2000). Oversigt over muligheder for at opnå en forbedret kvælstofudnyttelse.
- Anonym (2008). Afrapportering fra arbejdsgruppen om udredning af mulighederne for justering af afgrødenormsystemet med henblik på optimering af gødsknings - og miljøeffekt - ”noget for noget”.. Arbejdsrapport fra Danmarks Jordbrugsforskning og Landskontoret for Planteavl. Miljøministeriet og Fødevareministeriet.
- Askegaard, M., Olesen, J.E., Rasmussen, I.A., & Kristensen, K. (2011). Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142, 149-160.
- Hansen, E.M. og Djurhuus, J. (1997). Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. *Soil & Tillage Research* 41, 203-219.
- Hansen, E.M. (2004). Pløjetidspunkt. I: Jørgensen (red.) Muligheder for forbedret N-udnyttelse i marken og for reduktion af N-tab. DJF rapport nr. 103, Markbrug, side 132-135.
- Hansen, E.M., Munkholm, L.J., Melander, B., & Olesen, J.E. (2010). Can non-inversion tillage and straw retainment reduce N leaching in cereal-based crop rotations? *Soil & Tillage Research* 109, 1-8.
- Jacobsen, O.J. & Melander, B. (1994). Selvetableret plantedække i enårige brakmarker i relation til N-udvaskning og ukrudt. Undersøgelser fra vinteren 1992/93. SP rapport nr. 48.
- Myrbeck, Å., Rydberg, T., Stenberg, M. og Aronsson, H. (2006). Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Slutrapport från försök 2000-2005. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr. 110.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. (1999). Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil & Tillage Research* 50, 115-125.
- Thomsen, I.K. (2005). Crop N utilization and leaching losses as affected by time and method of application of farmyard manure. *Europ. J. Agronomy*, 22, 1-9.

Baggrundsnotat 3

Opskalering af kvælstofudvaskning fra Landovervågningsprogrammet til landsplan

Ruth Grant og Gitte Blicher-Mathiesen, Aarhus Universitet

Landovervågningsprogrammet (LOOP) blev etableret i 1990 og er i dag et delprogram under NOVANA. I LOOP er der etableret 6 små landbrugsdominerede oplande (hvert på 5-10 km²) fordelt med 4 oplande på lerjord på Lolland, Vestsjælland, Fyn og Østjylland og to oplande på sandjord i Nord- og Sønderjylland (se figur 1). Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima og landbrugspraksis. Overvågningen består af årlige interviewundersøgelser om landbrugspraksis (6 oplande) samt løbende målinger i samtlige dele af vandkredsløbet (5 oplande). Der måles næringsstofudvaskning fra rodzonen i 100 cm dybde ved 5-8 stationer i hvert opland, næringsstofindhold i det øvre grundvand samt næringsstoftransport i vandløbene (Blicher-Mathiesen et al., 2012).



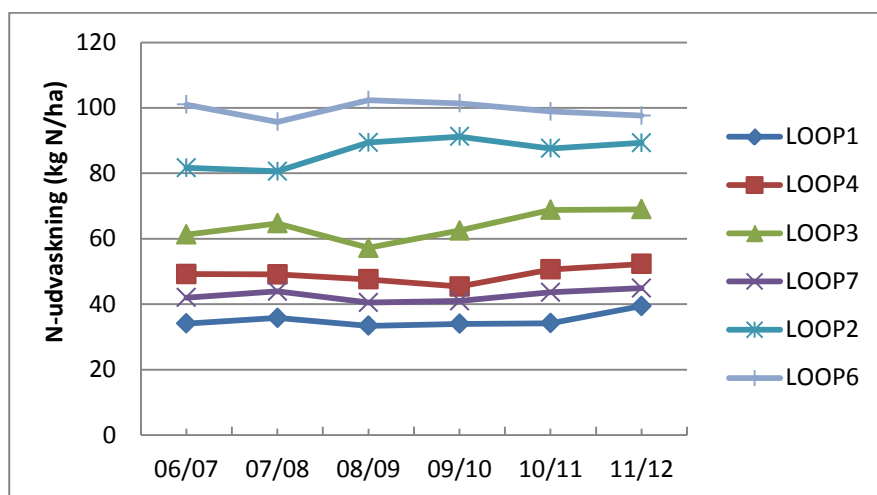
Figur 1. Placering af de 6 landovervågningsoplande samt inddeling af landet i geografiske områder i forhold til fordeling af jordtyper og husdyrintensitet

Modelberegning af kvælstofudvaskning i LOOP

Der gennemføres hvert år en modelberegning af kvælstofudvaskningen i landovervågningsoplandene på baggrund af data fra interviewundersøgelsen (Blicher-Mathiesen et al., 2012). Udvasningen for perioden 2007 - 11 er beregnet med NLES4- modellen, som blev opstillet i 2008 i forbindelse med Midtvejsevalueringen af VMPIII. Måledata fra LOOP udgjorde en del af baggrundsmaterialet til opsætning af modellen (Kristensen et al., 2008).

Til nærværende evaluering af Grøn Vækst er der anvendt nedbørsdata med nye dynamiske nedbørskorrektioner (Refsgaard et al., 2011). Der er gennemført en perkulationsberegning på landsplan ud fra data på markblokniveau (Grant et al., 2009) med Daisymodellen (version 4.01). I beregningen er fordampningskoefficienterne for afgrøder og bar jord er sat til henholdsvis 1,1 og 0,6 , som anbefalet i Daisy (Baggrundsnotat 4). Dog er fordampningskoefficienterne vest for Storebælt reduceret til 95 %, efter anbefaling fra Refsgaard et al. (2011). Ved denne opsætning af Daisy opnås omtrent samme gennemsnitlige perkolation på landsplan som ved anvendelse af de tidligere faste nedbørskorrektioner, hvor perkolationen blev opgjort til at være i overensstemmelse med vandløbsafstrømningen i en række større oplande (Grant et al., 2009). Dog kan der være forskelle hen over året og en lille forskel mellem landsdele.

Modelberegningen er foretaget ved et 'normalklima' for årene 1990-2009. Det vil sige at der for hvert års landbrugsdata er gennemført en modelberegning for alle årene 1990-2009, hvorefter der er beregnet et års-gennemsnit for perioden. Denne fremgangsmåde er valgt af to grunde: (i) for at neutralisere effekten af det enkelte års klima for derved at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering, (ii) for alligevel at inkorporere den klimatiske variation, idet udvaskningen ikke er en lineær funktion af afstrømningen. Resultaterne af modelberegningen er vist i figur 2 for årene 2007-2011 (svarende til de agro-hydrologiske år 2006/07 til 2010/11)



Figur 2. Modelberegnet udvaskning (NLES 4) fra 6 landovervågningsoplande ved gennemsnitsklima, 2007-2011.

Opskaleringen til landsplan

I figur 1 er landet inddelt i 6 geografiske områder, som følger fordelingen af jordtyper og husdyrintensiteten i landet. Til hvert af de anførte områder kan knyttes 1-2 landovervågningsoplande:

Loop 1 og 7 repræsenterer Sjælland og de sydlige øer

Loop 3 og 4 repræsenterer Fyn og Østjylland

Loop 2 repræsenterer N og NV Jylland

Loop 6 repræsenterer V Jylland

Opskaleringen af den modelberegnete udvaskning i LOOP til de respektive områder er foretaget på baggrund af afgrødefordelingen, hvor afgrødefordelingen i LOOP er fra interviewundersøgelsen og i de geografiske områder fra GLR (indberetning til enkeltbetalingsordningen). Til slut er udvaskningen for områderne summeret til et landstal. På tilsvarende vis er der foretaget en opskalering af perkolation og gødningstilførsel (tabel 1).

Tabel 1. Opskalering af modelberegnet kvælstofudvaskning fra landovervågningsoplandene til landsplan, samt sammenligning af det opskalerede gødningsforbrug med det faktiske forbrug på landsplan, angivet i 1.000 ton N.

	Opskalering fra LOOP				Landsplan		
	Modelberegnet udvaskning	Handels-gødn.	Husdyr-gødn.	Tilført I alt	Handels-gødn.	Husdyr-gødn.	Tilført I alt
2007	164	190	248	438	202	238	438
2008	164	191	260	451	205	231	436
2009	164	201	251	452	209	231	440
2010	169	182	261	443	198	224	422
2011	163	183	250	433	203	228	431

Det fremgår af tabel 1 at der ved opskaleringen opgøres et lidt mindre forbrug af handelsgødning og lidt større forbrug af husdyrgødning end på landsplan, mens summen af handelsgødning og husdyrgødning er omtrent den samme ved opskaleringen som på landsplan. Den gennemsnitlige perkolation fremkommet ved opskaleringen udgør 393 mm pr år, mens perkolationen på landsplan er opgjort til ca. 390 mm (Baggrundsnotat 4). På denne baggrund vurderes at opskaleringen er i rimelig overensstemmelse med de aktuelle forhold i landet.

Den modelberegnete og opskalerede udvaskning ses at være omtrent uændret igennem perioden 2007-11, ca. 164.000 ton pr år, dog med et mindre udsving i 2010.

Referencer

- Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2012: Landovervågningsoplande 2011. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 148 s. Videnskabelig rapport fra DCE. Nr. 31.
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G. og Andersen, P.M. (2009): Ny lokal beregning af nettonedbør. Vand og jord 16 (3): p-.104-108.
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R. og Blicher-Mathiesen, G. (2008): Reestimation and further development in the model N-LES - N-LES₃ to N-LES₄. DJF Plant Science No. 139.
- Refsgaard J. C., Stisen, S., Højberg, A.L., Olsen, M., Henriksen, H.J., Børgesen, C.D., Vejen, F., Kern-Hansen, C., Blicher-Mathiesen, G. (2011). Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 2011/77.

Baggrundsnotat 4

Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for 2007-2011

Christen Duus Børgesen, Aarhus Universitet

Baggrund

I forbindelse med Grøn Vækst evalueringen for perioden 2007-2011 er der gennemført nye landsdækkende modelberegninger af kvælstofudvaskningen. Beregningerne baseres på sædskifte- og gødningsdata på henholdsvis mark- og bedriftsniveau. Metoden er baseret på resultater af en omfattende ny kalibrering af Daisy udvaskningsmodellen byggende videre på metoden anvendt i VMPIII midtvejsevalueringen (Børgesen, 2009).

Beregningerne er gennemført særskilt for hver enkelt bedrift, og der er i modelberegningerne en direkte sammenhæng mellem sædskifte, gødningsdata, jordtyper og de lokale klimaforhold. Vejr- og specielt nedbørsdata er ændret i forhold til data, der indgik i VMPIII-midtvejsevalueringen. I nærværende modelberegninger er anvendt flere års data (1990-2010), og der er gennemført korrektioner af nedbøren ud fra de nyeste anbefalinger (Refsgaard et al., 2011) hvor nedbør korrigeres på basis af temperatur og vindhastighed på døgnniveau. Der er i modelberegningerne stadig driftsmæssige forhold, der er standardiserede (ikke bedriftsspecifikke); såsom udbringningsmetode og fordeling af husdyrgødning, udbringningstidspunkt af gødning, jordbearbejdning og korrektion af gødningsmængder. Disse standardiserede forhold bevirker, at modelberegningerne på lokalt niveau er forbundet med større usikkerhed end på regional og national skala.

Opgørelse af kvælstofudvaskning både regionalt og på landsplan er behæftet med stor usikkerhed. Usikkerheden i opgørelsen af kvælstofudvaskningen skyldes både usikkerheden ved de anvendte modeller, usikkerheder på indgangsdata samt metodeusikkerheder forbundet med at gengive variationen i jordbund, klima og driftsforhold tilstrækkelig præcist med modeller.

Metoder til modelberegning af kvælstofudvaskningen

I opgørelsen af kvælstofudvaskningen på landsplan er det hensigtsmæssigt at anvende flere typer modeller, da de enkelte modeller har forskellige styrker og svagheder. De landsdækkende udvaskningsberegninger blev gennemført med to modeller, henholdsvis SKEP/Daisy og NLES4.

SKEP/Daisy er en model, der kobler gennemsnitsresultater af de grundlæggende Daisy modelberegninger med landmandens mark- og bedriftsoplysninger. Udvasningen blev derudover modelleret med den empiri-

ske udvaskningsfunktion NLES4 (Kristensen et al., 2008). Der er en vis usikkerhed forbundet med NLES4, idet modellen er kalibreret med en vandbalance, der bygger på tidligere anbefalinger omkring nedbørkorrektion (Plauborg et al., 2002). Modellen er i nærværende evaluering anvendt med en vandbalance der baserer sig på nye anbefalinger mht. nedbørkorrektion (Refsgaard et al., 2011). Af tidsmæssige årsager var det ikke muligt at gen-estimere N-LES modellen med nyere målinger af kvælstofudvaskning. Afstrømningen af vand fra rodzonen er dog både i Midtvejsevalueringen (Børgesen et al., 2009) og i nærværende modelberegning kalibreret i forhold til årlige målinger i vandløbssystemer. Der er således ikke stor forskel på de gennemsnitlige afstrømningsmængder mellem de to opgørelser, men der er i nærværende modelberegning større sæsonmæssige og år-til-år forskelle i afstrømning end tidligere. Forskellen ser ikke ud til at have afgørende betydning for resultaterne (se tabel 3).

SKEP/Daisy-modellen

SKEP/Daisy er et modelsystem, der på markniveau beregner tørstofudbytte, vand- og kvælstofbalance, herunder kvælstofudvaskning, ud fra data om jordtype, klimazone, sædskifte og kvælstofgødskning. SKEP/Daisy-beregningerne baseres på grundlæggende resultater fra modelberegninger med den deterministiske simuleringssmodel Daisy (Abrahamsen & Hansen, 2000; version 4.01). SKEP/Daisy-systemet anvender en database med de grundlæggende Daisy-simuleringresultater for en række kombinationer af forfrugt, afgrøder, efterfølgende afgrøde, jordtype, klima og kvælstofgødskning. I databasen er Daisy-modellen kalibreret til at simulere regionale kvælstofudbyttensniveauer, der svarer til et gennemsnitligt niveau for årene 2007-2011 (Statistikbanken, Danmarks Statistik, 2013). Kalibreringen af modellen er gennemført for kombinationerne geo-regioner, klimazoner og jordtyper. En detaljeret beskrivelse findes i Bilag BN4-3.

De grundlæggende modelberegninger repræsenterer en række almindeligt anvendte sædskifter dyrket på 11-12 jordtyper repræsentative inden for hver af fem geo-regioner. De grundlæggende modelberegninger dækker over en række kombinationer af sædskifter (syv forskellige fireårige sædskifter og fire etårige sædskifter (Kontinuert: majs, sukkerroer, kartofler og udyrket areal) hver med i alt 22 forskellige gødningsplaner (dog ikke for det udyrkede), der repræsenterer forskellige gødningsniveauer (50 % til 110 % af retningsgivende kvælstofnorm, og fem forskellige niveauer af dyretætheder). Alle kombinationer er modelberegnet for de 18 nedbørzoner og jordtyperne inden for nedbørzonerne, og gennemsnitsresultaterne er opgjort på baggrund af 20 års modelberegninger.

Jordtyperne er genereret ud fra den Danske Jordprofildatabase - se i øvrigt Bilag BN4-2. Der er også gennemført kalibrering af denitrifikation og udvikling i jordens organiske puljer, således at denitrifikationen ved normgødskning med handelsgødning er på tilsvarende niveau som beregnet med Simden (Vinther & Hansen, 2004) ved samme gødskningsniveau. Udviklingen i de organiske puljer er kalibreret til en gennemsnitlig puljeudvikling fundet i 25 forskellige forsøgsserier, der dækker ca. 140 års måledata af mark kvælstofbalancen (Børgesen, 2009)

Modelberegningerne er gennemført med regionale klimadata med daglig tidsopløsning for perioden 1990-2010. Landet er opdelt i 18 nedbørszoner, hvor hver zone er kalibreret til en nedbør, der afspejler nedbøren i området. For en nærmere gennemgang af klimadata henvises til Bilag BN4-1. Resultaterne fra de grundlæggende Daisy-modelberegninger er lagret i en database.

I modelberegninger for en mark anvender modelsystemet følgende indgangsdata: jordtype, klima, forfrugt, afgrøde, efterafgrøde/efterfølgende afgrøde som klassevariable og kvælstofgødskning med handelsgødning og husdyrgødning som kontinuerte variable. SKEP beregner resultaterne for en given kombination af klassevariable ved interpolation af de resultater fra databasen, der mht. kvælstofgødskning og jordtype ligger tættest på den opstillede gødningsplan. Beregningerne med SKEP kan på denne måde gennemføres for mange aktuelle kombinationer af arealanvendelse og kvælstofgødskning ud fra de samme grundlæggende modelberegninger. For hver mark, der indgår i sædskiftet på en bedrift, beregnes en SKEP/Daisy-modelberegnet mark kvælstofbalance (kvælstof tilført med handelsgødning, husdyrgødning, kvælstoffiksering, atmosfære, kvælstofdeposition og N fraført ved kvælstoffordampning fra handels- og husdyrgødning, kvælstofudvaskning, denitrifikation, kvælstofhøst med kerne/kartoffelknold, sukkerroer og kvælstofhøst med halm, stængel, blade). Desuden beregnes ændringen i jordpuljen. For alle omdriftsmarkerne tages udgangspunkt i, at markerne dyrkes som hele sædskiftet, og resultaterne vægtes på markniveau i forhold til den jordtypefordeling, der er for markblokken.

NLES4-modelberegninger

kvælstofudvaskningen beregnes med den empiriske model NLES4 (Kristensen et al., 2008). NLES4 er i modsætning til Daisy en empirisk model, der er udarbejdet på baggrund af data fra forsøg forskellige steder i Danmark. Modellen er baseret på 1467 målinger af udvaskningen for forskellige afgrøder, jordtyper, klimaforhold og kvælstofgødningsniveauer, og er detaljeret beskrevet af Kristensen et al. (2008).

NLES4 anvender de samme inputdata for kvælstofgødskning, sædskifte og jordtypefordeling, der anvendes af SKEP/Daisy-modellen. Modellen anvender en vandbalance, der er baseret på DMIs 10 km gridnedbør målt i perioden 1990-2010 og modelberegnet med Daisy-modellen, se Bilag BN4-1. For at opnå realistiske afstrømninger er der gennemført en omfattende kalibrering af afgrødefordampningsparametre og barjordfordampning for at opnå sammenhæng mellem den modelberegne afstrømning af vand fra rodzonen og en aktuelt målt afstrømning. De anvendte jordbundsdata er beskrevet i Bilag BN4-2 og fordampningsparametrene i Bilag BN4-1.

Inputdata i de regionale modelberegninger

Registerdata

Modelberegningerne er baseret på data fra de landsdækkende landbrugsregistre: Det generelle Landbrugsregister (GLR), Landbrugsindberetning samt Leverandørregistret.

- Fra GLR anvendes oplysninger om markareal og afgrøde angivet i forbindelse med ansøgning om enkeltbetaling (EB).
- Fra Landbrugsindberetning anvendes oplysninger om indberetning af gødningsregnskab (GR), husdyr- og gødningsindberetning (GHI)
- Fra NaturErhvervstyrelsens system for leverandører til indberetning af gødningsleverancer anvendes oplysninger om leverancer af handelsgødning, anden organisk gødning, forarbejdet husdyrgødning samt afgasset biomasse (GL)

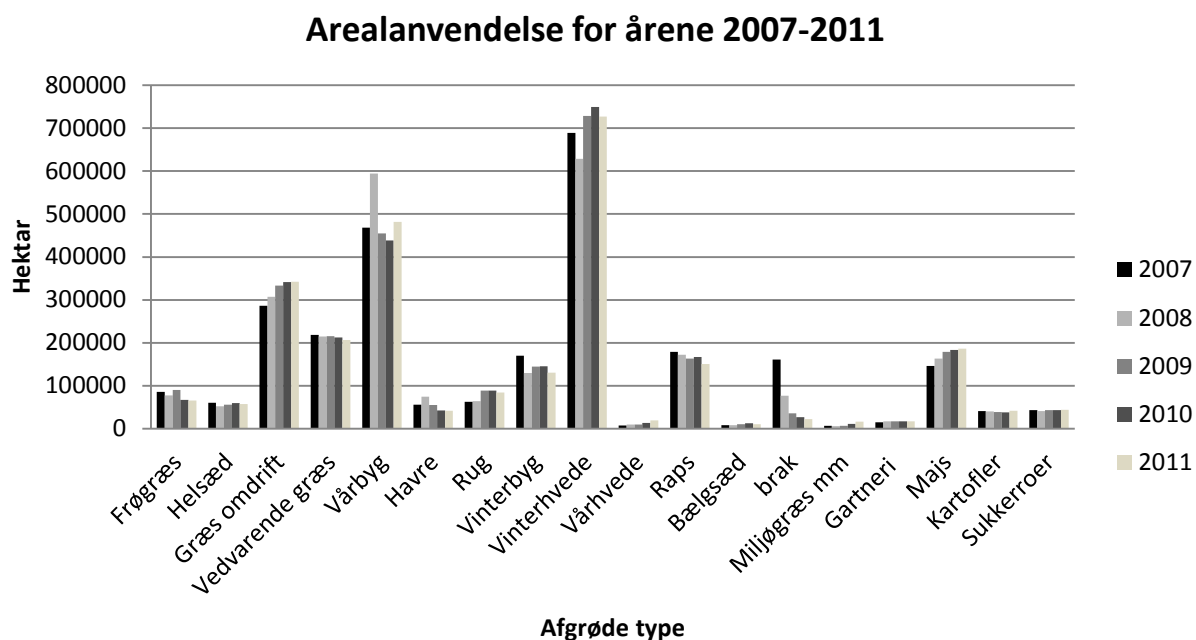
Arealanvendelse

Der er anvendt data for arealanvendelsen fra EB for dyrkningsårene 2007 til 2011. Koderne dækker afgrødeklasser, der indeholder kornafgrøder, grovfoderafgrøder, udefinerede planteskolearealer, juletræer, brak, vedvarende græsningsarealer m.fl. I de grundlæggende Daisy-modelberegninger er der kun beregnet for de dominerende afgrøder vårbyg, vinterbyg, vinterhvede, vinterraps samt ærter og for grovfoderafgrøderne rajgræs, vedvarende græs og silomajs. Desuden er der lavet beregninger med kartofler, sukkerroer og frøgræs. Begrænsningen skyldes, at Daisy-modellen kun er kalibreret til disse afgrøder. For at kunne gennemføre modelberegninger for alle afgrøder, der indgår i EB, er der sket en samling af disse i afgrødeklasserne, som er repræsenteret i de grundlæggende modelberegninger. I Figur 1 er vist arealfordelingen af afgrødeklasserne opstillet ud fra data indhentet via enkeltbetalingsordningen for årene 2007-2011.

Af Figur 1 ses, at arealet med frøgræs, helsæd, vedvarende græs, bælgsæd, gartneri, kartofler og sukkerroer er næsten uændret over perioden. Arealet med sukkerroer indbefatter både foderroer og sukkerroer, hvor foderroer kun udgør ca. 10 % af arealet (3.000-4.000 ha). Der ses et fald i brakarealet i perioden 2007-2009 med ophævelsen af krav til braklægning. I braklagt areal indgår brakmarker, brak i randzonen, vildtblanding, spildfrø, brak-olieræddike og udyrket mark dvs. afgrødekoderne 300, 301, 302, 303, 304 og 310. Reduktionen i brakarealet udgør således ca. 140.000 ha, hvoraf noget er udgået, og andet dyrkes med andre afgrøder.

De største ændringer i arealanvendelsen ses ved en stigning i vinterhvedearealet fra 2007 til 2009-2011.

Denne stigning er delvist en konsekvens af faldet i vinterbyg- og rapsarealerne. Der ses endvidere en stigning i arealet med græs i omdrift og i majsarealet. Bemærk endvidere at vårbygarealet i 2008 var noget større end i de andre år, og tilsvarende var hvedearealet mindre i 2007.



Figur 1. Arealanvendelsen for årene 2007-2011 opgjort ud fra de årlige landmandsindberetninger i forbindelse med ansøgning vedr. enkeltbetalingsordningen.

Sædskifter

Til hver bedrift er der opstillet årlige sædskifter ud fra oplysninger om arealanvendelsen på de marker, der er registreret på bedriften for årene 2007-2011. Bedriftens sædskifte er opdelt i tre typer arealanvendelse: 1) marker i omdrift, 2) vedvarende græsmarker og 3) marker med permanent brak/skov. Der er opstillet typiske afgrødefølger for omdriftsmarkerne ud fra bedriftens samlede arealanvendelse i de enkelte år. Eksempelvis dyrkes der vinterbyg før vinterraps, vinterhvede efter vinterraps, græsmarker ligger i to år, og græs sås som udlæg i vårbyg. Der er i sædskifterne indlagt efterafgrøde (rajgræsudlæg) på både vårsæds- og vintersædsarealerne i forhold til det efterafgrødeareal, der er indberettet med gødningsregnskaberne.

Kvælstoffiksering

I de grundlæggende Daisy-modelberegninger er kvælstoffikseringen ikke Daisy-modelberegnet for kløvergræsmarkerne, da det er rajgræsmodul i Daisy-modellen, der er anvendt. For at kompensere for den manglende kvælstoffiksering i rene rajgræsmarker er der anvendt en empirisk model baseret på (Høgh-Jensen et al., 2004) til at beregne kvælstoffikseringen, som herefter er tilført som mineralsk gødning til kløvergræsmarken. For bælgsædsmarker beregner Daisy-modellen en kvælstoffiksering. For modelberegningerne med NLES4, er kvælstoffikseringen for både bælgsædsmarker og græsmarker i omdrift samt vedvarende græs beregnet med den empiriske model baseret på Høgh-Jensen et al. (2004).

Markgødningsplaner

Der er beregnet en gennemsnitlig udnyttelsesprocent for udbragt husdyrgødning i gødningsplanerne. Udnyttelsesprocenten beregnes specifikt for bedriften ud fra bedriftens beregnede kvælstofbehov og aktuelt forbrug af handels- og husdyrgødning. Ved opstillingen af gødningsplanerne antages, at den gennemsnitlige udnyttelsesprocent på en bedrift er mindst 25 %. Der opstilles herefter gødningsplaner på markniveau ud fra afgrødedata for markerne, og kvælstofgødskningsdata opgjort på bedriftsniveau. Metoden, er en videreudvikling af metoden anvendt ved VMPIII midtvejsevalueringen til de landsdækkende modelberegninger (Børgesen et al., 2009). Indgangsdata kan opdeles i grunddata og bedriftsspecifikke data fra gødningsregnskaberne samt markdata for arealanvendelsen, der stammer fra EB.

Grunddata omfatter:

- Afgrøde kvælstofnormer for de pågældende år (2007-2011) (NaturErhvervstyrelsen, 2007-2011)
- En prioritering af alle afgrøder i forhold til gødskning med husdyrgødning

Bedriftsspecifikke data omfatter:

- Dyrket areal/anmeldt areal ifølge EB
- Gødet areal ifølge gødningsregnskaber (GR)
- Harmoniareal
- Areal inklusiv brak EB
- Areal med efterafgrøder GR
- Udbragt N med handelsgødning GR
- Udbragt N med husdyrgødning GR
- Eksporteret/importeret husdyrgødning GR
- Udbragt N med anden organisk gødning GR
- Udnyttelsesprocent af husdyrgødning GR

Markdata:

- Jordtypefordelingen på markblokniveau (markblokkort og jordtypekort)
- Markens geografiske placering (bestemt ud fra markblokkort)
- Afgrøder fra EB

Den enkelte marks gødningstildeling tager udgangspunkt i den dyrkede afgrødes kvælstofnorm (Naturerhvervsstyrelsen 2007, 2008, 2009, 2010, 2011). Kvælstofnormen bestemmes årligt ud fra normtal for de enkelte afgrøder. Normen afhænger desuden af jordtypen, (jordtypen bestemmes ud fra den dominerende jordtype i markblokken), forfrugten og af, om der vandes på marken.

Tilførsel af husdyrgødning til bedriftens marker er beregnet ved at anvende en prioriteret tilførsel af husdyrgødning. Prioriteringen af tildelingen til de forskellige afgrøder er baseret på oplysninger indsamlet fra planteavlskonsulenter i tre områder i AGWAPLAN projektet (Børgesen et al., 2006). Prioriteringen anvendt for alle årene er vist i Tabel 1. I opstillingen af gødningsplanerne er der anvendt følgende procedurer:

- 1) Hvis der er helsæd eller majs i et sædskifte på en bedrift, og der ifølge data fra GR udbringes husdyrgødning, gødes disse afgrøder med husdyrgødning svarende til 50 % af afgrødens kvælstofbehov ved den udnyttelsesprocent, der er beregnet for bedriften.
- 2) Såfremt der er mere husdyrgødning tilbage, gødes græs i omdrift, således at 50 % af kvælstofbehovet dækkes - herefter følger vinterraps, dernæst vinterhvede osv.
- 3) Såfremt al husdyrgødning ikke udnyttes ved 50 % dosering, ændres doseringen trinvist, så al husdyrgødning kan anvendes inden for sædskiftet.

Herefter fordeles handelsgødningen, så der opnås et ensartet gødningsniveau. Dog er der i beregningerne indlagt en maksimal overgødskning på 30 % over den fundne kvælstofnorm. Hvis det indmeldte gødningsforbrug indikerer en overgødskning på over 30 %, ses det som et udtryk for vanskelighed med en meningsfuld kobling af arealoplysninger og gødningsregister, og den overskydende handelsgødning lægges i en pulje til efterfølgende fordeling på det øvrige dyrkede areal inden for den pågældende kommune, der ikke er tilknyttet en gødningsplan.

Tabel 1. Prioritet for tildeling af husdyrgødning til forskellige afgrøder

Prioritet	Afgrøde
1	Helsæd, Sukkeroer, Kartoffler
1	Majs
2	Græs i omdrift
3	Vinterraps
7	Vedvarende græs
4	Vinterhvede
5	Vårbyg
6	Vinterbyg
0	Ærter
0	Brak + øvrige

I forbindelse med opstilling af samtlige gødningsplaner for hele landet sker der en generel korrektion af gødningsmængderne, således at summen afstemmes med landstal for N i husdyrgødning ab lager + udbragt, anden organisk gødning (slam, kartoffelvand m.v.) samt forbruget af handelsgødning.

I Tabel 2 er vist nøgletal anvendt i modelberegningerne af udvaskningen for perioden 2007-2011. Det samlede markareal er bestemt fra EB. Sammenlignes resultaterne i Tabel 2 med Danmarks Statistiks opgørelse af det dyrkede areal, ses et generelt større EB-areal. Det skyldes sandsynligvis, at der i enkeltbetalingen indgår skov- og skovrejsningsarealer. Arealerne passer med GR + skov og skovrejsning, når der tages højde for, at Danmarks Statistik kun inddrager arealer fra bedrifter > 5 ha.

Tabel 2. N tilført med kvælstofgødninger i de landsdækkende modelberegninger for årene 2007-2011. Bemærk, at til gødskningen i 2007 er der brugt gennemsnitstal for perioden 2005-2007, da husdyrgødningsmængden var relativt meget større i 2007.

År	Anmeldt dyrket areal (EB-areal)	N i handelsgødning	N-husdyr-gødning + anden org. gødning	N-fiksering	Tilført i alt med N- gødning og fiksering
	[1000 ha]	[1000 ton N]	[1000 ton N]	[1000 ton N]	[1000 ton N]
2005-2007	2753	197	235	38	470
2008	2741	205	239	39	483
2009	2732	210	239	41	490
2010	2714	199	231	43	473
2011	2704	205	235	43	483

Markvanding

Data fra 2009-2011 har gjort det muligt at estimere, om en given mark er vandet ud fra oplysning om vanding i gødningsindberetningen til Naturerhvervsstyrelsen. I 2011 angav 73 % af bedrifterne svarende til 66 % af arealet oplysning herom. I besvarelserne angav 30.668 bedrifter, at de ikke vandede, mens 3.665 angav, at de vandede. For de resterende 12.540 (ubesvarede) bedrifter er vanding estimeret på baggrund af data om markvandingsboringer indhentet fra GEUS' database JUPITER (JUPITER, 2008) og placeringen af bedriftenes arealer. Det er estimeret, at 2110 bedrifter ud af disse vandede.

Hvilke bedrifter, der kan vandes, anslås ud fra boringens placering. Grundlæggende antages, at den bedrift, der har det største areal tættest på boringen, også bruger denne. For hvert år er der oprettet kort med boringer og tilladelse til markvanding, og en boring antages brugt til vanding af den bedrift, der har størst areal inden for den markblok, hvor boringen ligger. Hvis der er flere boringer i en markblok, antages det, at alle bedrifter med mere end 1 ha i blokken kan vandes. Hvis en boring ligger uden for markblokkene, antages det, at den bedrift, der har størst areal inden for tilgrænsende markblokke, kan vandes. Andelen af bedrifter med oplysning om vanding i gødningsindberetningen var lavere i 2010 (58%) og 2009 (53%) end i 2011 (73%). For årene 2007 og 2008 fandtes ikke anvendelige oplysninger i gødningsindberetningen. I stedet er det antaget, at de bedrifter, der kunne vande i 2009, også kunne vande i 2007 og 2008.

For at kunne prioritere vandingen mellem de 700.000 ha antages det at sandjorde (arealer med farvekode 1, 2 og 3 (JB1-4)) vandes, og at grovfoderafgrøder (græs i omdrift, grøntfoder og majs) og kornafgrøder (vårbyg, vinterbyg) samt kartofler vandes. Dette er en antagelse, der for den enkelte landmand kan være fejlagtig, men som forventes at svare til en generel praksis. Herved begrænses det areal, der antages at blive vandet, til at udgøre mellem 350.000-410.000 ha for årene 2007-2010.

Der vandes i kornafgrøderne 3-4 gange årligt afhængigt af udtørningsgraden af jorden. Der vandes kun, hvis jorden udtørres, dvs. vandindholdet i bunden af A-horisonten er under PF 2.5. Der overfladevandes med 25

mm pr. gang. Der kan hyppigst vandes hver 14. dag. Græsmarker kan vandes fra maj og frem til september. Kartofler kan vandes i perioden fra maj til august. Kornafgrøder kan vandes fra maj til midt juli.

Beregningerne med NLES4 inddrager ikke markvanding, da vanding ikke indgår som variabel i modellen. Vanding på sandjorde medfører typisk større høstudbytter og dermed større N fjernelse/ mindre risiko for udvaskning. Hvis markvanding blev brugt som supplerende indgangsdata til NLES4, ville både den beregnede afstrømning og udvaskning stige. Der er ikke videnskabelig evidens for en sådan virkning, og derfor vil inddragelse af vandingsmængder i NLES4-modellen give et for højt udvaskningsniveau for vandede marker.

Ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og anden organisk gødning

I Daisy-modellen anvendes en fast ammoniakfordampning ved udbringning af husdyrgødning svarende til 10 % af ammoniumindholdet i husdyrgødning. Anvendes de antagne 10 % i alle årene, fås en større fordampning, end der er beregnet i Nielsen et al. (2013), hvor der tages højde for årlige variationer i udbringningspraksis, ammoniumindholdet i husdyrgødningen samt totale mængder udbragt. Overvurderingen svarer til ca. 1 %. SKEP/Daisy-modelberegningerne korrigerer ammoniakfordampningen ved at tilbageføre noget af ammoniakfordampningen som handelsgødnings-N, således at der er overensstemmelse mellem den generelle, antagne ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og den mængde, der er til rådighed for plantedyttelse, eller som kan tabes ved denitrifikation eller udvaskning.

Resultater

I Tabel 3 er vist de landsdækkende resultater af modelberegningerne. Resultaterne er opgjort både som kg N/ha og i 1000 ton N. Resultaterne er opgjort som en årlig udvaskning, der reflekterer sædskifte og gødningsforbrug i det enkelte år, men normaliseret i forhold til år til år variation i det lokale klima. Resultaterne er opgjort for de agrohydrologiske år fra d 1. april til 31. marts i det følgende år. Kvælstofudbytterne er kalibreret, så de svarer til gennemsnitsudbytterne af de enkelte afgrødeklasser opgjort for årene 2007-2011. Kalibreringen er tilpasset kvælstofudbytterne opgjort på Danmarks Statistik udbytteregegniveau. Ved en forskydning i arealanvendelsen ændres det samlede kvælstofudbytte med arealanvendelsen.

N tilført med handelsgødning varierer mellem årene i intervallet 197.000 og 210.000 ton N. Variationen er en effekt af ændret arealanvendelse, men også en konsekvens af variation i den årlige kvælstofprognose og afgrødernes kvælstofnormer.

N tilført med husdyrgødning plus anden organisk gødning varierer mellem årene, således at der forekommer det laveste niveau i 2010 (231.000 ton N ab lager) og det højeste niveau i 2008 (239.000 ton N). N tilført med husdyrgødning udgør den største mængde (se også Tabel 2), medens N tilført med anden organisk gødning (slam, kartoffelvand m.m.) udgør en lille del af den samlede mængde (<10.000 ton N). Den modelberegne kvælstoffiksering beregnet med SKEP/Daisy-systemet stiger i perioden fra ca. 41.000 ton til 47.000

ton. Stigningen er på samme niveau for de to metoder, og skyldes primært stigning i græsmarksarealet i om-drift (Figur 1).

N tilført ved atmosfæredeposition og med såsæd er på samme niveau igennem perioden. Det skyldes både, at det dyrkede areal ikke varierer meget gennem perioden, og at alle årene er modelberegnet under de samme klimaforhold og dermed også nedbørsforhold, der kan have betydning for våddepositionen af N.

Fordampning af N (ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og anden organisk gødning) er justeret svarende til niveauet angivet af Nielsen et al. (2013). Fordampningen fra udbragt husdyrgødning varierer fra 18.000 ton N i 2007 til 17.000 ton N i 2011.

Denitrifikationen er både beregnet med SimDEN (Vinther & Hansen, 2004; version 2.0) og med SKEP/Daisy-modellen. Som tidligere nævnt er Daisy-modellen kalibreret til et denitrifikationsniveau beregnet med SimDen udelukkende for arealer gødet med handelsgødning for de forskellige jordtyper. Denne kalibrering er i opstillingen af Daisy-databasen anvendt for både handels- og husdyrgødede arealer. Resultaterne i Tabel 3 viser, at den modelberegnete denitrifikation for SKEP/Daisy er på niveau med SimDen modellen. Det er også antaget, at denitrifikationen for jorde med højt vandspejl beregnes som jordtype JB6, dvs. med et lerindhold på 10-15 %. Dette er naturligvis et usikkert skøn, men da arealerne ikke udgør en stor del af det samlede dyrkede areal, er fejlen herved ikke afgørende.

Den høstede N fra afgrøderne opdeles i Daisy-modellen i to bidrag: 1) kerner, roer og kartofler 2) halm, græs, stængel. Af Tabel 3 fremgår, at kvælstofudbyttet varierer lidt gennem perioden. Variationen er alene en konsekvens af ændret arealanvendelse, da kvælstofudbyttets niveau på afgrødeniveau er antaget konstant svarende til gennemsnits kvælstofudbyttet for perioden 2007-2011. I modelberegningerne er halmudbyttet kalibreret til årlige niveauer for 2007-2011 (Danmarks Statistik (2007, 2011)). Det skal bemærkes, at der i modelberegningerne med SKEP/Daisy-modellen de enkelte år kan være nogle afvigelser på N i høstet udbytte. Det skyldes primært, at det ikke er muligt at kalibrere kvælstofudbyttet i kerne og halm samtidig. Høstet N er ikke tilpasset enkelte år og kan på lige fod med udvaskningen ikke sammenlignes med det aktuelle udbytte eller udvaskningen i de enkelte år. Her er resultaterne klimanormaliseret ved, at udvaskningen og udbyttet er opgjort som gennemsnit for en årrække (1990-2010). Ikke bjærget halm er antaget nedmuldet. Kvælstofudbyttet i fjernet halm er vurderet til ca. 16.000 ton N (Olesen et al., 2013).

Bemærk, at det gennemsnitlige udvaskningsniveau i 2007 er på samme niveau som beregnet til Midtvejsevalueringen af VMPIII (Børgesen et al., 2009), hvilket betyder, at der ikke er væsentlige forskelle foranlediget af klimaeffekten i de to opgørelser.

Tabel 3. Resultater af landdækkende modelberegninger for årene 2007-2011.

År	2007		2008		2009		2010		2011	
SKEP/Daisy N balance	1000t N	kg N/ha	1000t N	kg N/ha	1000t N	kg N/ha	1000t N	kg N/ha	1000t N	kg N/ha
<i><u>Tilført N</u></i>										
Handelsgødning	192	70	204	74	204	75	196	72	199	74
Husdyrg. + org. N	232	84	237	87	235	86	230	85	232	86
Fiksering	41	15	43	16	46	17	50	18	46	17
Atmosfære	46	17	47	17	46	17	46	17	46	17
N såsæd	9	3	9	3	8	3	8	3	8	3
Tilført i alt	520	189	540	197	540	198	530	195	530	196
<i><u>Fjernet N</u></i>										
Fordampning	18	6	18	6	17	6	17	6	17	6
Udvaskning	165	60	170	62	174	64	171	63	167	62
Denitrifikation	38	14	39	14	38	14	38	14	38	14
Høstet kerner, roer, kartofler	174	63	178	65	177	65	180	66	176	65
Høstet halm/græs/majs	137	50	139	51	146	54	141	52	145	54
Fjernet i alt	532	193	544	199	553	202	548	202	543	201
Δ-org N i jord	-12	-4	-4	-1	-13	-5	-17	-6	-13	-5
N-LES4 udvaskning	161	59	165	60	167	61	164	61	165	61
N-denitrifikation SimDen (Vinther & Hansen 2004)	43	16	37	14	36	13	35	13	36	13
N-fiksering (Høgh-Jensen et al. 2004)	24	9	26	9	20	7	21	8	21	8

Referencer

- Abrahamsen, P. & Hansen, S. (2000). Daisy: an open soil-crop-atmosphere system model. *Environmental Modelling and Software* 15, 313-330.
- Børgesen, C.D. (2009). 'Landsdækkende modelberegning af N-udvaskning fra landbruget for årene 2003-2007', I: Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B. & Elmholt, S. (red.), *Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater*, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet 101-142.
- Børgesen, C.D., Hvid, S.K., Jørgensen, U., Kristensen I.T., Nilsson, K.H., Thirup, C., Thorsen M., Wiggers, L., Østergaard, H.S. & Vinther, F.P. (2006). Bestemmelse af N og P tab fra landbruget, samt fastlæggelse af reduktionsbehov. LIFE05 ENV/DK/000155: Integrated Protection of Surface and Groundwater in Agricultural Regions (AGWAPLAN).
- Danmarks Statistik (2013). Data fra statistikbanken for årene 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jensen, E.S., Jørgensen, F.V. & Vinther, F.P. (2004). Empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in leguminous crops. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- JUPITER (2008). JUPITER - Danmarks Geologiske og Hydrologiske Database. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G. (2008). Reestimation and further development in the model N-LES3 to N-LES4. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. DJF rapport 139, December 2008.
- Nielsen, O.-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Plejdrup, M.S., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K. & Bruun, H.G. (2013). Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2011. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 699 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 53
- NaturErhvervstyrelsen (2007, 2008, 2009, 2010, 2011). Vejledning om gødskning og harmoniregler.
- Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J. E., Petersen, S. O., Eriksen, J., Søgaard, K., Vinther, F. P., Elsgaard, L., Lund, P., Nørgaard, J. V., Møller H. B. (2013). Notat til FVM. Effekter af tiltag til reduktion af landbrugets udledninger af drivhusgasser. DCA/AGRO, Aarhus Universitet.
- Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002). Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF rapport Markbrug nr. 70.
- Refsgaard J.C., Stisen, S., Højberg, A.L., Olsen, M., Henriksen, H.J., Børgesen, C.D., Vejen, F., Hansen, C.K. & Mathiesen, G.B. (2011). Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser. Rapport 77.
- Vinther, F.P. & Hansen S. (2004). SimDen – En simpel model til kvantificering af N₂-emmission og denitrifikation. DJF rapport Markbrug nr. 104.

Bilag BN4-1. Klimadata

Christen D. Børgesen, Aarhus Universitet

Klimadata anvendt i modelberegninger til VMPIII

Data vedr. klimavariabler har stor betydning for beregnet kvælstofudvaskning til opgørelserne af den samlede nitratudvaskning på lokalt, regionalt og nationalt niveau. I VMPIII- midtvejsevalueringen (Børgesen, 2009) blev beregningen af nitratudvaskningen baseret på data fra seks klimastationer, der hver repræsenterede en klimazone. Klimazonerne blev underopdelt i tre nedbørsregioner med samme temperatur og indstråling. Sammenlagt var der dermed 18 klimaregioner for hele landet. I de nye modelberegninger til Grøn Vækst-evalueringen er der herudover anvendt nye anbefalinger for nedbørskorrektion (Refsgaard et al., 2011), hvor daglig nedbør korrigeres i forhold til den daglige temperatur og vindhastighed. Denne nedbørskorrektion på daglig basis er gennemført for at få en mere korrekt korrektion for nedbør specielt i vinterhalvåret, hvor nedbør kommer som sne og regn.

Metode

I modelberegninger af vandbalancen tages der udgangspunkt i daglige målinger for perioden 1.4.1990 til 31.3.2010. I data anvendt i VMPIII midtvejsevalueringen anvendtes data fra 1990-2006 (undtaget 1992, som var et meget atypisk år med et usædvanlig tørt forår). Således bliver årrækken forøget fra 15 år til 20 år.

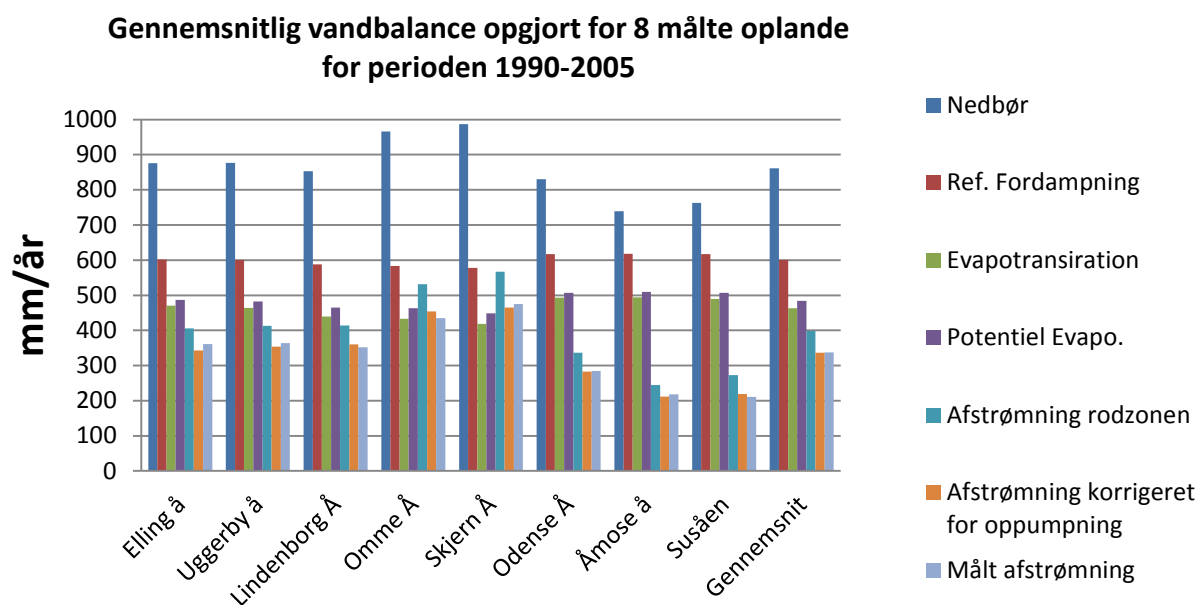
Der anvendes to forskellige klimadatasæt i beregningerne for de landsdækkende NLES og SKEP/Daisy modelberegninger. De to klimadatasæt giver samme totale nedbør opgjort for hele landet, men er forskellige på regional skala.

Klimadata til NLES4 modelberegninger

For NLES4-modellen anvendes klimadata fra 10 km gridniveau beregnet og leveret af Danmarks Meteorologiske Institut (DMI). I hver gridcelle (609 celler i alt, fordelt over hele landet) modelberegnes vandbalance for i alt 10 afgrøder (vårbyg, vinterbyg, vinterhvede, vårbyg med udlæg, græs, majs, vinterraps, ærter, kartofler og sukkerroer). Modelberegningerne gennemføres ved et veldefineret gødningsniveau svarende til kvælstofnorm tilført med handelsgødning. Modelberegningerne gennemføres for 11-12 jordtyper, hvor der for alle jorde beregnes uden vanding.

DMIs griddatasæt er opstillet på baggrund af interpolation mellem ca. 400 nedbørmålere fordelt over hele landet. Datasættet omfatter 609 stk. 10 km² gridceller. Forskellen fra tidligere 10 km² grid nedbørdatasæt er, at DMI nu gennemfører daglige korrektioner af nedbøren på hver målestationen, hvorefter der interpoleres til 10 km² gridcellerne. Tidligere blev stationsdata først interpoleret, hvorefter nedbøren i hver gridcelle blev korrigeret til jordoverfladen ved anvendelse af månedlige korrektionsfaktorer for lætype B (Allerup et al., 1998).

For at opnå overensstemmelse mellem målte og modelberegnete afstrømninger i udvalgte oplande (Figur 1) var det nødvendigt at gennemføre en større kalibreringsøvelse med hensyn til afgrødefordampning og jordfordampning.



Figur 1. Gennemsnitlig vandbalance (1990-2005) i 8 målte vandoplande (Baggrundsnotat 3). Modelleret fordampning er kalibreret så den årlige simulerede afstrømning fra rodzonen, korrigeret for oppumpning, stemmer med målt afstrømning.

Af Figur 1 fremgår, at der er store regionale forskelle i nedbøren, således er den største nedbør på 987 mm/år (Skjern Å) og den laveste på 739 mm/år (Åmose Å). For landet som helhed udgør nedbøren som gennemsnit ca. 860 mm/år opgjort for det dyrkede areal for perioden 1990-2010. Således repræsenterer de otte oplande variationen i nedbør i Danmark. Samtidig repræsenterer oplandene forskellige typer af oplande, fra hedesletter (Skjern Å og Omme Å) til moræne-lerjordsoplande som f.eks. Odense Å og Susåen.

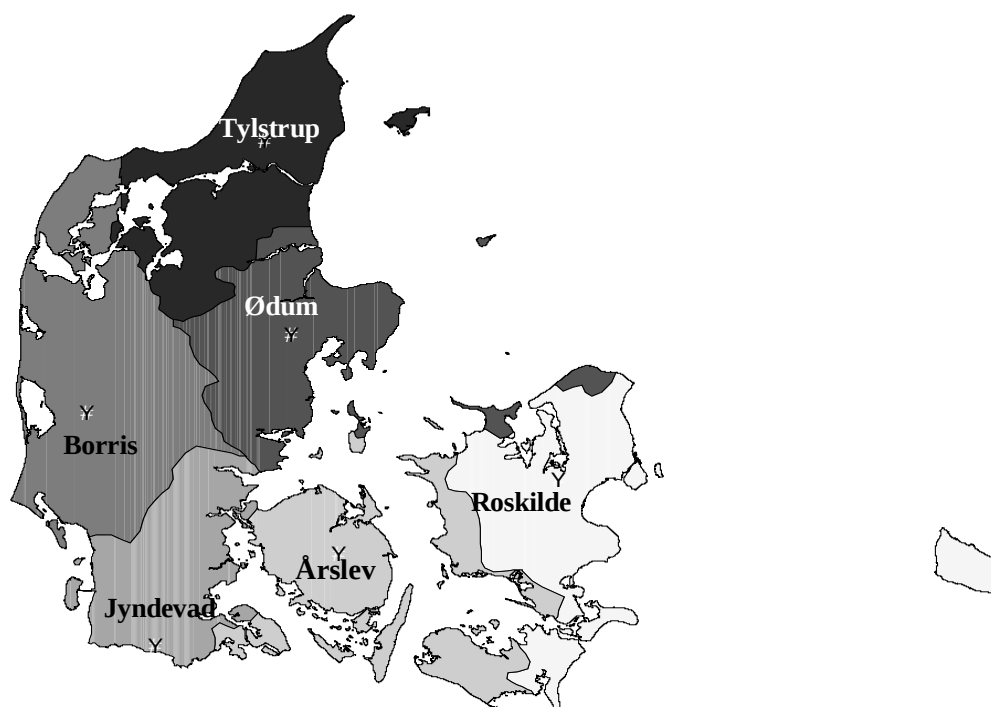
Kalibrering af vandbalancen gennemførtes ved korrektion af afgrødefordampningen og jordfordampningen. Anbefalingerne i Refsgaard et al. (2011) blev anvendt, hvor Makkink fordampning nedjusteres med en faktor 0,95 vest for Storebælt. Endvidere blev ny viden om størrelsen af jordfordampning inddraget (Kjærsgaard et al., 2008). I Kjærsgaard et al. (2008) blev jordfordampning i Daisy kalibreret til 60 % af referencefordampning og afgrødefordampning for vinterhvede til 110 % af referencefordampning. Resultatet af nærværende kalibrering var, at den bedste beskrivelse af gennemsnitlig afstrømning opnås ved at anvende henholdsvis 57 % og 60 % jordfordampning som andel af total referencefordampning for henholdsvis Vestdanmark (vest for Storebælt) og Østdanmark (øst for Storebælt). Tilsvarende viste kalibreringen, at hhv. 105 % og 110 % af refe-

rencefordampningen bedst repræsenterer afgrødefordampningen for kornafgrøder i vest og øst. For græs anvendes afgrødefaktoren 100 % overalt.

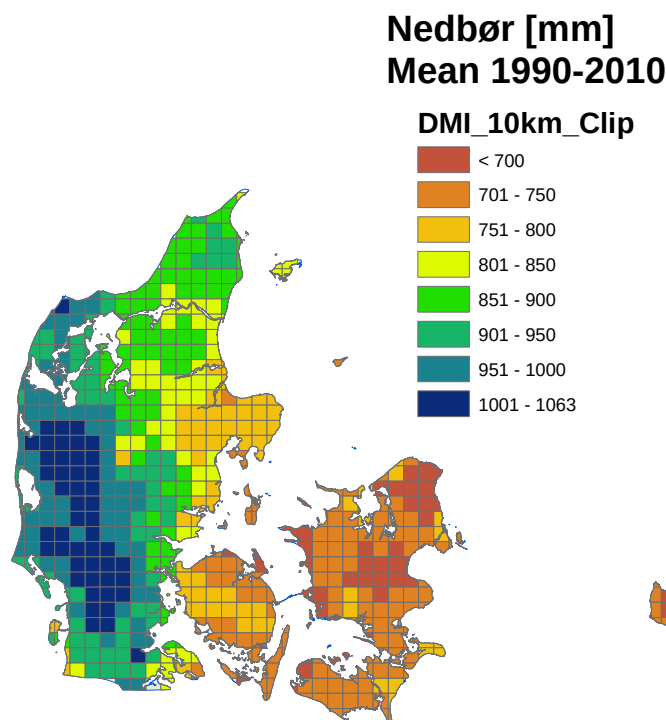
Klimadata til SKEP/Daisy modelberegninger

De grundlæggende SKEP/Daisy-modelberegninger inkluderer flere kombinationer af afgrøder, sædskifter og gødskning, end der indgår i NLES4-beregningerne. Derfor har det ud fra tidsmæssige og kapacitetsmæssige årsager ikke været muligt at foretage en opstilling af en database for de 609 gridceller (609 klimadatasæt) med SKEP/Daisy modelsystemet (Børgesen, 2009).

I modelberegningerne med SKEP/Daisy modelsystemet er der taget udgangspunkt i samme opdeling af landet i seks klimazoner (Figur 2) som antaget i VMPII slutevalueringen (Børgesen & Grant, 2003). Klimazoneopdelingen er baseret på en statistisk analyse, der tager højde for temperatur, nedbør i vækstsæsonen og global stråling (Olesen et al., 2001). Der anvendes her de nye kalibrerede 10 km² grid og stationsnedbørsdata samt klimadata for en længere periode (1990-2010).



Figur 2. Klimazoneopdeling af landet efter Olesen et al. (2001).



Figur 3. Nedbør korrigeret efter ny metode til jordoverfladen opgjort på baggrund af nedbøren i de 18 nedbørsregioner vist på 10 km² gridcelle niveau.

Sammenholdes Figur 2 og Figur 3 ses en betydelig variation i nedbøren inden for de 6 klimazoner. Øvrige parametre som temperatur og globalstråling varierer mindre inden for klimazonerne. For at opdatere klimadata i de regionale modelberegninger er der fokuseret på at forbedre estimatet af den regionale nedbør ved at opdele de eksisterende 6 klimazoner i en række nedbørszoner. Der er afprøvet forskellige opdelinger. Opdelingen er gennemført ved brug af klimanormaler 1961-1990 (Figur 3) for nedbøren (Olesen et al., 2001). Idet de 30 år (1960-1990), som klimanormalerne repræsenterer, er forskellige fra perioden i modelberegningerne (1990-2010), kan det introducere en bias i områder, hvor nedbøren i måleperioden 1990-2010 var relativt forskellig fra normalnedbøren for perioden 1960-1990.

Opdelingen af nedbørszoner inden for hver klimazone er baseret på forskellige statistiske opgørelser af normalnedbøren. Opdelingen følger metoden i Børgesen (2009) med at dele klimazonen i tre nedbørsregioner ud fra klimastationsnedbøren og de nye 10 km² grid nedbøren. Den årlige, gennemsnitlige nedbør i hver region stemmer med nedbøren opgjort ud fra DMI 10 km² nedbørsdata korrigeret til jordoverfladen.

Opdelingen i 18 nedbørsregioner giver nogen lokale afvigelser, og på landsplan er nedbøren opgjort til ca. 860 mm/år. Afstrømningen er modelberegnet til henholdsvis ca. 400 mm/år for SKEP/Daisy-modelberegningerne (18 nedbørsregioner) og ca. 390 mm/år for NLES4-modelberegningerne. Den lidt mindre afstrømning i NLES4-modelberegningerne skyldes, at der her ikke indgår vanding af afgrøderne.

Referencer

- Allerup, P., Madsen, H. & Vejen, F. (1998). Standardværdier (1961-90) af nedbørskorrektion. DMI Technical Report 98-110.
- Børgesen, C.D. (2009). Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for årene 2003-2007, I Børgesen, CD, Waagepetersen, J, Iversen, TM, Grant, R, Jacobsen, B & Elmholt, S (red.), *Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater*, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet s. 101-142.
- Børgesen., C.D. & Grant, R. (2003). Baggrundsnotat til VMP II – slutevaluering. Vandmiljøplan II modelberegning af N-udvaskning på landsplan, 1984-2002. Internt notat, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning.
- Kjærsgaard, J.H., Plauborg, F., Møllerup, M., Petersen, J.C.T. & Hansen, S. (2008). Crop coefficients for winter wheat in a sub-humid climate regime. *Agricultural Water Management* 95, 918-924.
- Olesen, J.E., Bøcher, P.K. & Jensen, T. (2001). Comparison of scales of climate and soil data for aggregating simulated yields of winter wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82, 213-228.
- Refsgaard J.C., Stisen, S., Højberg, A.L., Olsen, M., Henriksen, H.J., Børgesen, C.D., Vejen, F., Hansen, C.K. & Mathiesen, G.B. (2011). Vandbalance i Danmark. Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010 Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser. Rapport 77.

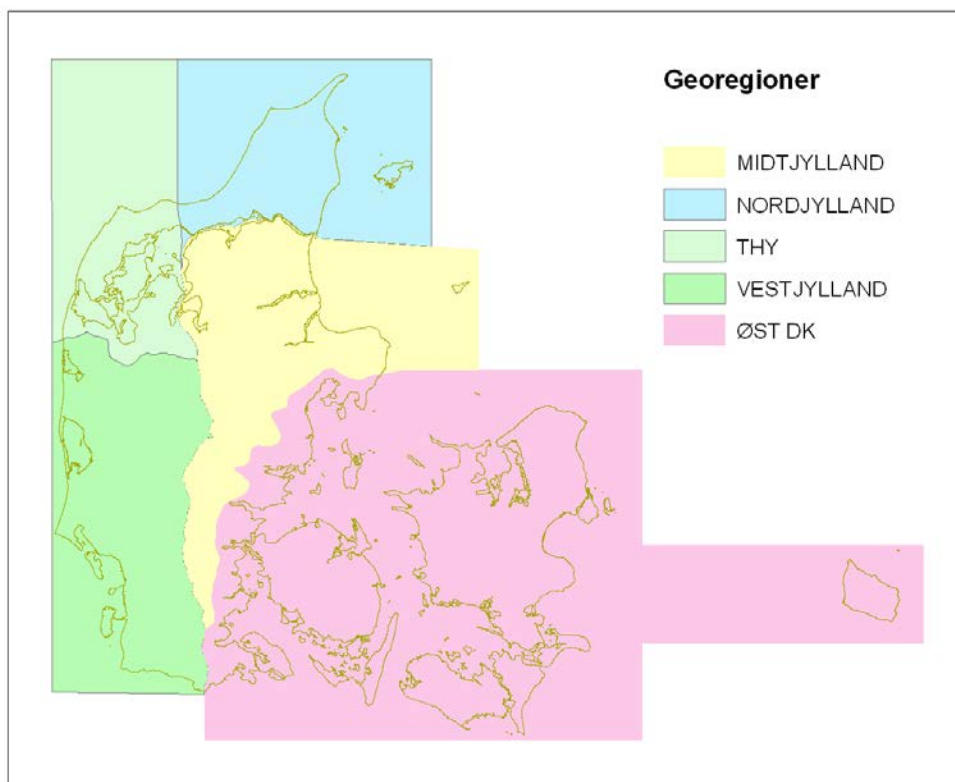
Bilag BN4-2. Jordbundsdata

Christen D. Børgesen & Mogens H Greve, Aarhus Universitet

Typejorde anvendt i landsdækkende modelberegninger

Jordbundsforholdene har stor betydning for 1) modelberegning af vandbalance (aktuel fordampning, afstrømning ud af rodzonen via dræn og fra rodzonen til dybere jordlag), samt for 2) modelberegning af plan-teproduktion, kvælstofbalance og kvælstofudvaskning. Beskrivelser af jordbundsforhold indgår derfor som vigtige indgangsdata i modelberegninger af vandbalance, afgrødeudbytter og kvælstofbalancen (kvælstofudbytter og -tab ved udvaskning, denitrifikation og ammoniak fordampning).

Der er anvendt den samme landsdækkende jorddatabase til beskrivelse af rodzonen som i Børgesen et al. (2009). Georegionerne er vist i Figur 1.



Figur 1. Landet opdelt i fem geologiske regioner, hvori der er opstillet typejorde på baggrund af dominerende jorde i regionen.

Regionale jorddata

I Danmark findes der ikke landsdækkende kort over jordens tekstur i rodzonen. Der findes dog to landsdækkende kortværk: Den Danske Jordklassificering (DDJ), sædvanligvis kaldt Farvekode kortet (FK) og Jordartskortet fra GEUS (GEUS). DDJ viser pløjelagets tekstur, som er inddelt i 8 jordtyper (farvekoder), og GEUS viser den geologiske sammensætning til 1 m dybde. Disse kortværker kan ikke umiddelbart anvendes til regionale modelleringer, hvorfor der ved Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet er udarbejdet en ny landsdækkende jorddatabase. Denne database viser jordens teksturelle sammensætning i 3 dybder: A-horisonten (0-30 cm), B-horisonten (30-70 cm) samt C-horisonten (70-120 cm). Den nye database er udarbejdet på baggrund af alle tilgængelige data, dvs., 45.000 punkter i A-horisonten, 6.500 i B-horisonten og 2.500 punkter i C-horisonten. I A- og B-horisonterne er der anvendt kriging-interpolering inden for hvert landskabsselement. I C-horisonten er datatætheden for lille til at anvende denne form for interpolering. Der er derfor beregnet medianværdier på alle de georegionaliserede jordarter. Databasen indeholder således et landsdækkende gridnet for ler, silt, finsand, grovsand, samt humus i både A-, B- og C-horisonterne. Kortet har en rumlig opløsning på 250 meter i A- og B-horisonterne og 500 meter i C-horisonten. På baggrund af disse data er der udarbejdet et typejordskort i de tre horisonter.

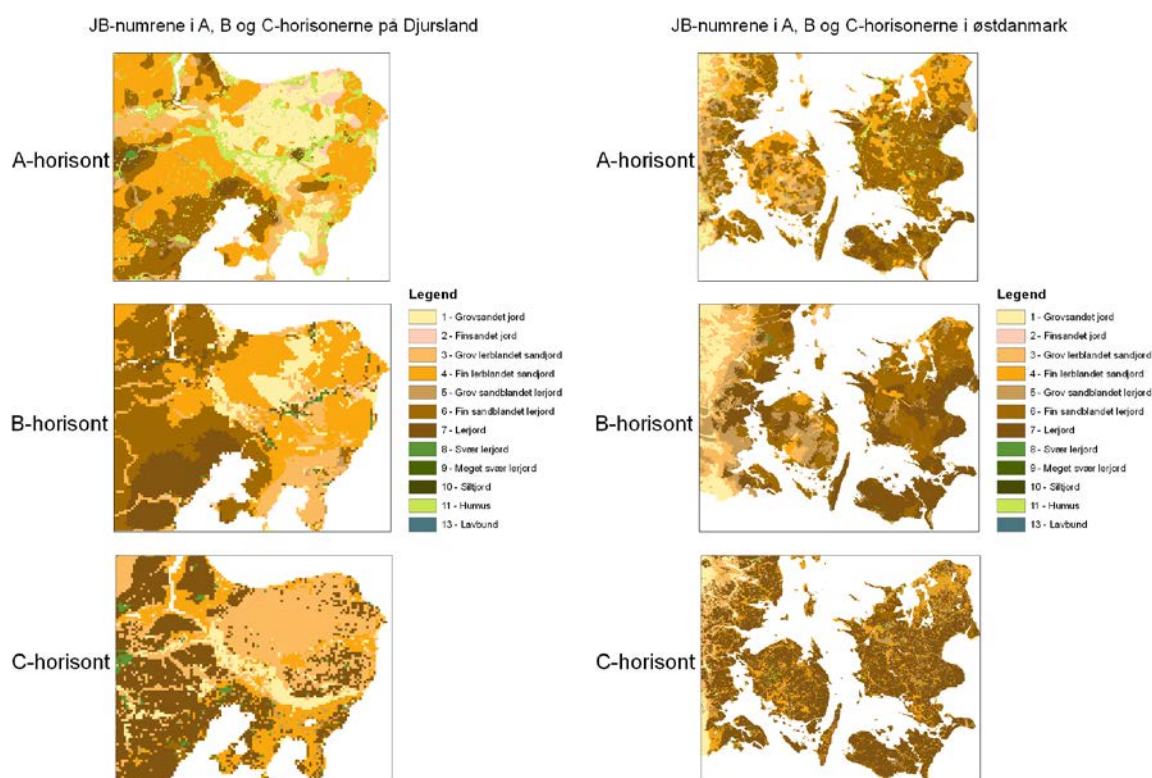
Den rumlige udbredelse

Der er store regionale forskelle i tekturen mellem jordarterne afhængig af den geologiske oprindelse, og landet er opdelt i fem georegioner (Figur 1).

Informationer om udbredelsen af jordtyperne i topjorden (A-horisonten) fås fra et nyt rasterbaseret topjordskort med en rumlig opløsning på 250 x 250 m, som bl.a. viser fordelingen af JB-numrene. Se eksempel i Figur 2 (Greve et al., 2007).

Informationerne om udbredelsen af jordtyperne i underjorden (B- og C-horisonten) fås fra det geologiske jordartskort i 1:200000, idet 1:25000 kortet ikke er landsdækkende. Dette kort er konverteret til et rasterkort, så hver celle indeholder information om den geologiske jordart. Typejordernes udbredelse er dannet ved at kombinere de tre grids for A-, B- og C-horisonterne, så hver 250 x 250 m gridcelle indeholder information om JB-nr., geologisk jordart og georegion.

For hver georegion er der udvalgt de 9-10 hyppigste kombinationer af over/underjord samt to vådbundsJORDE (en mineralsk og en organogen). Der skelnes i denne opdeling mere mellem forskellige sandjordstyper (ler<10 % i topjorden) end mellem lerjordstyperne (ler>10 % i topjorden). Årsagen hertil er, at udbytter og vandbalance Daisy-modelberegninger er mere følsomme over for jordens rodzonekapacitet for sandJORDE (rodzonekapacitet typisk <120mm) end for mere lerede jORDE (rodzonekapacitet typisk >120mm). Kombinationer, som ikke bliver udvalgt, tildeles egenskaber fra jORDE, som ligner dem meget.



Figur 2. Eksempler på fordeling af JB numre i A-, B- og C-horisonterne på Djursland og i Østdanmark.

Dannelse af jordprofilegenskaberne

Data fra teksturdatabasens omkring 42.000 punkter danner grundlaget for en analyse af typejorders egenskaber i topjordene. For hver georegion beregnes medianværdier for teksturen i JB-klasserne 1-10.

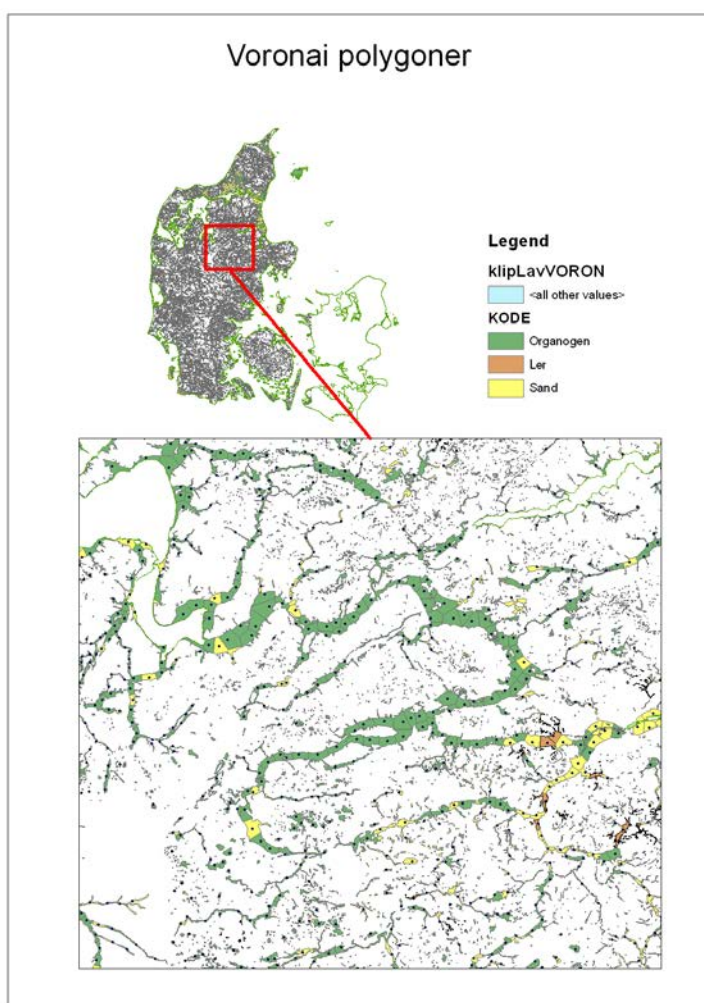
Data fra kvadratnetsdatabasens ca. 900 jordprofiler danner kernen for en analyse af typejordenes egenskaber i underjorden (B- og C-horisonten). Der udføres et geografisk overlay mellem ovennævnte grids, og jordprofilerne tilegnes således en geologisk jordart og en georegion. Datasættet opdeles efterfølgende efter disse parametre, og medianværdier kan beregnes for hver horisonttype (A, B, C) i hver teksturklasse.

Håndtering af vådbundsjordene

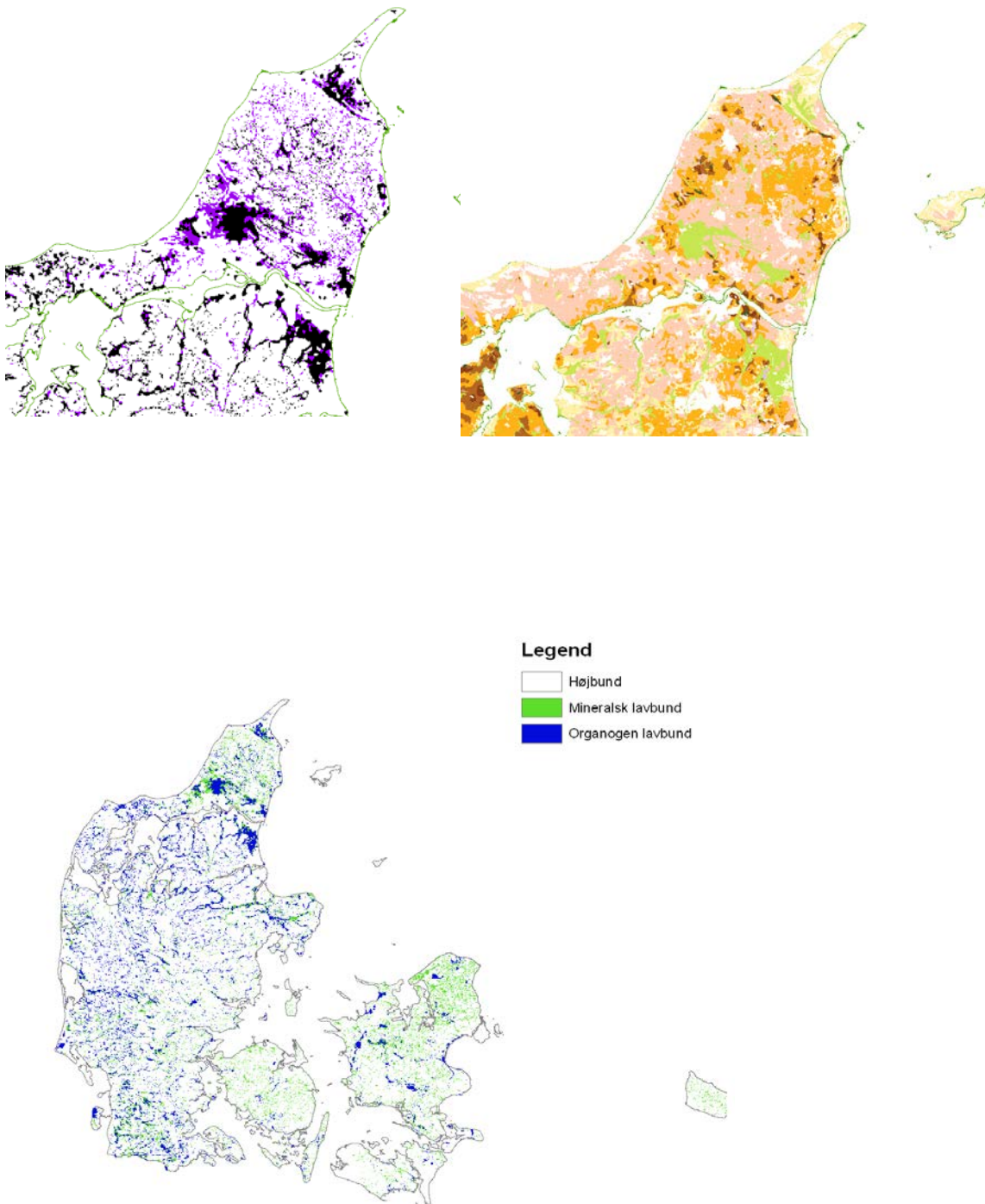
Vådbundsjordene behandles særskilt, da ovennævnte metode ikke egner sig til at generere data i disse områder. Vådbundsområderne defineres i denne sammenhæng som områder, som er farvekode 7 (humusjord) i jordklassificeringen, eller som har en af vådbundsjordarterne i den geologiske jordartskortlægning (FT, FP, HT, HP).

Da ikke alle vådbundslande er organiske, differentieres der mellem organogene og minerogene jorde, og da der kun findes få prøver med analyser i lavbundsområderne, anvendes data fra okkerklassificeringen til denne differentiering.

Da der ikke er lavet kulstofanalyser på okkerprøverne, kan almindelig interpolering ikke anvendes. Der konstrueres derfor voronai polygoner (Figur 3), hvor hvert punkt i lavbundsområderne tildeles den værdi, som det nærmeste okkerpunkt har. Okkerpunkterne klassificeres efter den geologiske beskrivelse af den øverste horisont og inddeles i to klasser: organogen og minerogen. I Figur 4 ses vådbundsjordene i Nordjylland (tv) og det oprindelige farvekodekort (th). I Figur 5 ses vådbundsjordene for hele landet. Figurerne viser, at der er blevet et større areal med vådbund end tidligere antaget (VMPII slutevalueringen), hvor kun humusjordene (de grønne områder på kort 4) blev antaget som vådbundsjord. Ved inddragelse af oplysningerne fra det geologiske jordartskort, forbedres vores estimat af lavbundsjordenes udbredelse.



Figur 3. Kort over voronai polygoner anvendt i opstilling af et nyt vådbundkort.



Figur 5. Vådbundslande fordelt over landet

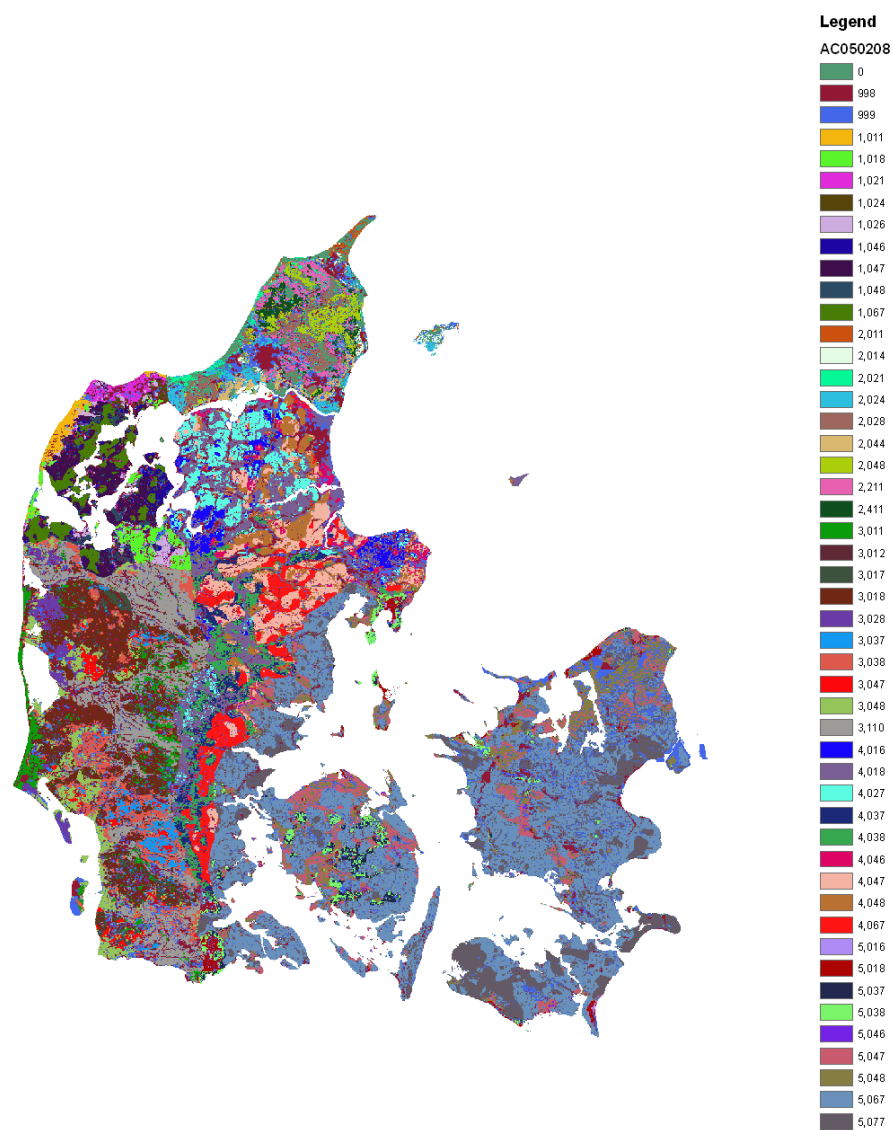
Generering af typejorde til regional modellering

På baggrund af de rasterbaserede teksturkort for A-, B- og C-horisonterne er der udarbejdet et typejordskort (Figur 6), med oplysninger om tekstur, humusindhold og volumenvægt i de tre horisonter, samt roddybde og afdræning i hver af de 50 typejorde (Se tabellerne 1a, 1 b, 1 c, 1d 1f og 1g). Inden for hver af de fem georegioner er der udvalgt de 9-10 hyppigste kombinationer af A-B-C horisontens JB-numre samt C-horisontens jordart.

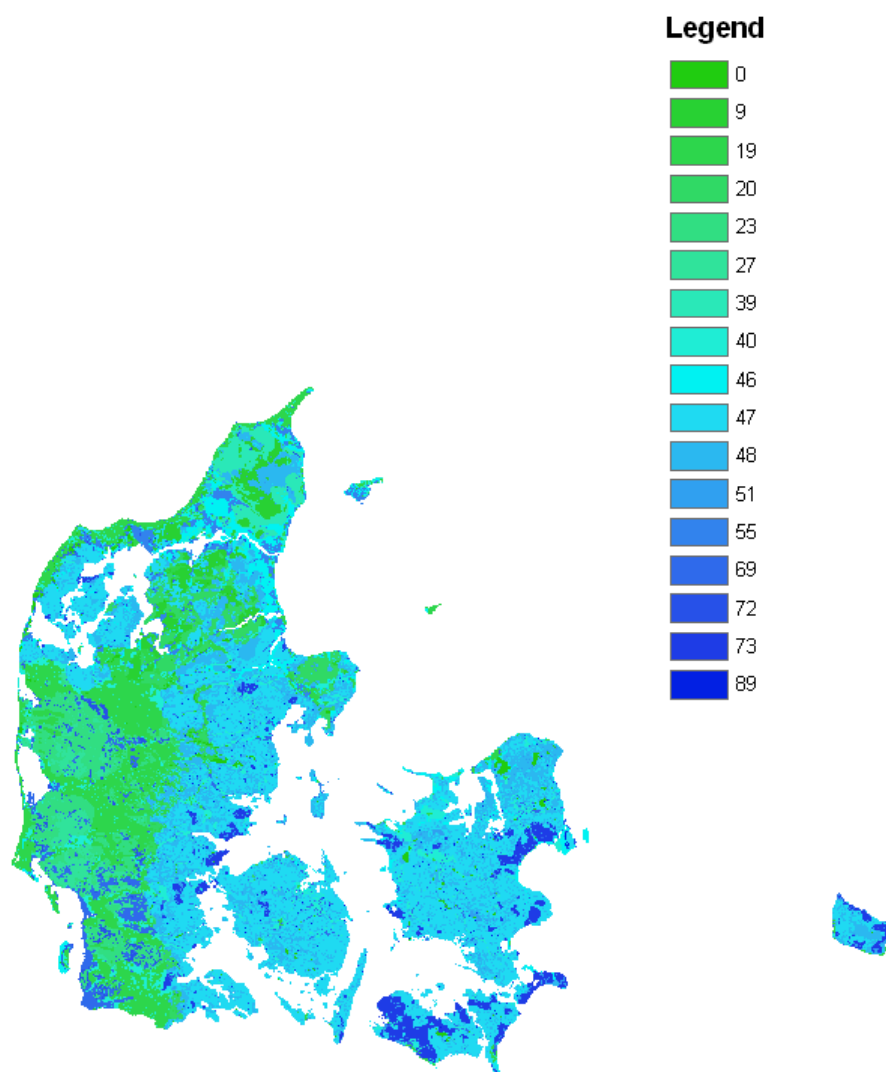
Typejordenes roddybder er vurderet på baggrund af arbejde udført af Madsen (1992). Roddybderne fra dette arbejde er modificeret, da typejordene både har en A, B og C-horisont, mens Madsen (1992) byggede på en to-lags jordmodel med en overjord og en underjord. Viden fra nyere rodstudier er ligeledes indarbejdet i vurderingerne.

I Figur 7 er vist, hvor stor en andel af jordene der afdrænes med drænrør eller grøfter. Typejordenes dræningsgrad er vurderet individuelt ud fra teksturen i A-, B- samt C-horisonterne. Vurderingen er lavet på baggrund af de erfaringer, der er opsamlet i forbindelse med etablering og vedligehold af Jordprofil Databasen, som indeholder morfologiske beskrivelser fra mere end 2000 jordprofiler. Endvidere er erfaringer fra landskontorets drænbehovsundersøgelser fra 1973 (Skriver & Hedegård, 1973) samt Den Danske Jordklassificering (Madsen et al., 1992) anvendt.

I tabellerne 1a, 1 b, 1 c, 1d 1f og 1g er vist tekstur for typejordene.



Figur 6. Typejorde fordelt over landet. Se signaturforklaring i tabellerne 1a til 1g.



Figur 7. Fordeling af procent areal afvandet med drænrør eller grøfter.

Tabel 1a. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for SKEP-modeljordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Thy. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Type-jord	Geo-logisk Jordart	Hori-sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin-sand (%)	Grov-sand (%)	Humus (%)	Volumen-vægt (g cm ⁻³)	Rod-dybde	Afdræning
1011	ES	A	3.2	4.0	31.3	58.6	2.8	1.46	50	Fri
1011	ES	B	1.1	1.0	45.1	52.0	0.8	1.45		
1011	ES	C	1.6	0.5	30.7	67.2	0.1	1.43		
1018	DS	A	3.2	4.0	31.3	58.6	2.8	1.44	50	Fri
1018	DS	B	5.1	6.5	46.0	41.0	1.4	1.46		
1018	DS	C	8.4	6.4	39.8	45.0	0.4	1.64		
1021	ES	A	2.8	4.2	66.3	24.0	2.7	1.46	100	Fri
1021	ES	B	1.1	1.0	45.1	52.0	0.8	1.45		
1021	ES	C	1.6	0.5	30.7	67.2	0.1	1.43		
1024	HS	A	2.8	4.2	66.3	24.0	2.7	1.39	100	Fri
1024	HS	B	2.4	1.9	55.8	38.8	1.1	1.45		
1024	HS	C	6.0	5.7	59.5	28.5	0.3	1.66		
1026	MS	A	2.8	4.2	66.3	24.0	2.7	1.46	120	drænet
1026	MS	B	7.9	9.4	50.5	30.3	1.8	1.52		
1026	MS	C	14.0	10.7	44.7	30.3	0.3	1.77		
1046	MS	A	7.9	11.3	47.2	30.1	3.5	1.41	120	drænet
1046	MS	B	7.9	9.4	50.5	30.3	1.8	1.52		
1046	MS	C	14.0	10.7	44.7	30.3	0.3	1.77		
1047	ML	A	7.9	11.3	47.2	30.1	3.5	1.41	150	drænet
1047	ML	B	11.6	12.8	45.7	28.3	1.6	1.66		
1047	ML	C	18.7	11.2	44.1	25.7	0.3	1.67		
1048	DS	A	7.9	11.3	47.2	30.1	3.5	1.38	80	drænet
1048	DS	B	5.1	6.5	46.0	41.0	1.4	1.46		
1048	DS	C	8.4	6.4	39.8	45.0	0.4	1.64		
1067	ML	A	11.6	14.3	44.6	25.6	3.4	1.54	150	drænet
1047	ML	B	11.6	12.8	45.7	28.3	1.6	1.66		
1047	ML	C	18.7	11.2	44.1	25.7	0.3	1.67		

ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand.

Tabel 1b. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for SKEP-modeljordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Nordjylland. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Typejord	Geo-logisk Jordart	Hori- sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin- sand (%)	Grov- sand (%)	Humus (%)	Volumen- vægt (g cm ⁻³)	Rod- dybde	Afdræning
2011	ES	A	2.6	2.5	35.4	56.8	2.7	1.46	50	Fri
2011	ES	B	1.7	1.0	40.3	56.7	0.4	1.45		
2011	ES	C	1.9	0.5	34.5	62.9	0.2	1.43		
2014	HS	A	2.6	2.5	35.4	56.8	2.7	1.44	100	drænet
2014	HS	B	4.3	4.5	74.0	16.2	1.0	1.45		
2014	HS	C	20.7	17.4	56.6	4.3	0.9	1.60		
2021	ES	A	3.6	6.2	71.3	15.7	3.2	1.46	50	Fri
2021	ES	B	1.7	1.0	40.3	56.7	0.4	1.45		
2021	ES	C	1.9	0.5	34.5	62.9	0.2	1.43		
2024	HS	A	3.6	6.2	71.3	15.7	3.2	1.39	100	drænet
2024	HS	B	4.3	4.5	74.0	16.2	1.0	1.45		
2024	HS	C	20.7	17.4	56.6	4.3	0.9	1.60		
2028	DS	A	3.6	6.2	71.3	15.7	3.2	1.39	80	Fri
2028	DS	B	6.0	9.2	67.2	16.2	1.5	1.46		
2028	DS	C	9.5	7.9	57.5	24.8	0.3	1.66		
2044	HS	A	6.4	9.9	65.1	15.1	3.5	1.38	100	drænet
2044	HS	B	4.3	4.5	74.0	16.2	1.0	1.45		
2044	HS	C	20.7	17.4	56.6	4.3	0.9	1.60		
2048	DS	A	6.4	9.9	65.1	15.1	3.5	1.38	80	Fri
2048	DS	B	6.0	9.2	67.2	16.2	1.5	1.46		
2048	DS	C	9.5	7.9	57.5	24.8	0.3	1.66		
2211	YS	A	3.6	6.2	71.3	15.7	3.2	1.40	80	drænet
2211	YS	B	5.1	6.5	73.6	13.4	1.5	1.47		
2211	YS	C	5.5	4.6	76.6	13.0	0.3	1.65		
2411	YS	A	6.4	9.9	65.1	15.1	3.5	1.42	80	drænet
2411	YS	B	5.1	6.5	73.6	13.4	1.5	1.47		
2411	YS	C	5.5	4.6	76.6	13.0	0.3	1.65		

ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand. YS=Yoldia sand.

Tabel 1c. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for SKEP-modeljordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Vestjylland. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Type-jord	Geo-logisk Jordart	Hori-sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin-sand (%)	Grov-sand (%)	Humus (%)	Volumen-vægt (g cm ⁻³)	Rod-dybde	Afdræning
3011	ES	A	2.6	2.5	35.4	56.8	2.7	1.46	50	Fri
3011	ES	B	1.7	1.0	40.3	56.7	0.4	1.45		
3011	ES	C	1.9	0.5	34.5	62.9	0.2	1.43		
3012	FS	A	3.5	3.9	26.7	62.4	3.5	1.32	50	Fri
3012	FS	B	3.9	3.1	32.4	58.8	1.8	1.57		
3012	FS	C	2.6	1.6	21.3	74.1	0.4	1.53		
3017	ML	A	3.5	3.9	26.7	62.4	3.5	1.46	120	drænet
3017	ML	B	7.5	7.3	38.5	45.6	1.1	1.52		
3017	ML	C	12.4	7.1	37.2	43.0	0.2	1.76		
3017	DS	A	3.5	3.9	26.7	62.4	3.5	1.44	50	Fri
3018	DS	B	5.2	4.1	35.0	54.5	1.3	1.45		
3018	DS	C	4.5	2.5	31.7	61.1	0.2	1.57		
3028	DS	A	3.2	4.9	58.5	29.9	3.5	1.39	50	Fri
3028	DS	B	5.2	4.1	35.0	54.5	1.3	1.45		
3028	DS	C	4.5	2.5	31.7	61.1	0.2	1.57		
3037	ML	A	5.9	6.8	32.3	51.4	3.6	1.48	120	drænet
3037	ML	B	7.5	7.3	38.5	45.6	1.1	1.52		
3037	ML	C	12.4	7.1	37.2	43.0	0.2	1.76		
3038	DS	A	5.9	6.8	32.3	51.4	3.6	1.40	50	Fri
3038	DS	B	5.2	4.1	35.0	54.5	1.3	1.45		
3038	DS	C	4.5	2.5	31.7	61.1	0.2	1.57		
3047	ML	A	6.3	7.9	44.9	36.8	4.1	1.41	120	drænet
3047	ML	B	7.5	7.3	38.5	45.6	1.1	1.52		
3047	ML	C	12.4	7.1	37.2	43.0	0.2	1.76		
3048	DS	A	6.3	7.9	44.9	36.8	4.1	1.38	50	Fri
3048	DS	B	5.2	4.1	35.0	54.5	1.3	1.45		
3048	DS	C	4.5	2.5	31.7	61.1	0.2	1.57		
3110	TS	A	3.5	3.9	26.7	62.4	3.5	1.44	50	Fri
3110	TS	B	3.2	2.5	23.0	70.2	1.1	1.52		
3110	TS	C	2.3	1.0	14.9	81.5	0.3	1.57		

ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand.

Tabel 1d. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for SKEP-modeljordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Midtjylland. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Type-jord	Geo-logisk Jordart	Hori-sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin-sand (%)	Grov-sand (%)	Humus (%)	Volumen-vægt (g cm ⁻³)	Rod-dybde	Afdræning
4016	MS	A	3.9	5.7	41.7	45.9	2.9	1.46	50	Fri
4016	MS	B	5.1	6.7	47.7	39.2	1.2	1.52		
4016	MS	C	7.0	5.3	36.0	51.5	0.2	1.68		
4018	DS	A	3.9	5.7	41.7	45.9	2.9	1.44	50	Fri
4018	DS	B	5.1	6.4	44.6	42.4	1.4	1.46		
4018	DS	C	8.0	7.0	37.8	47.0	0.2	1.64		
4027	ML	A	3.8	6.9	54.8	31.4	3.1	1.46	120	drænet
4027	ML	B	11.2	10.7	41.5	35.5	1.0	1.66		
4027	ML	C	19.0	9.8	38.8	32.1	0.2	1.67		
4037	ML	A	6.6	7.8	33.6	49.2	2.7	1.48	120	drænet
4037	ML	B	11.2	10.7	41.5	35.5	1.0	1.66		
4037	ML	C	19.0	9.8	38.8	32.1	0.2	1.67		
4038	DS	A	6.6	7.8	33.6	49.2	2.7	1.40	50	Fri
4038	DS	B	5.1	6.4	44.6	42.4	1.4	1.46		
4038	DS	C	8.0	7.0	37.8	47.0	0.2	1.64		
4046	MS	A	6.9	10.3	48.7	31.0	3.2	1.41	50	Fri
4046	MS	B	5.1	6.7	47.7	39.2	1.2	1.52		
4046	MS	C	7.0	5.3	36.1	51.6	0.0	1.68		
4047	ML	A	6.9	10.3	48.7	31.0	3.2	1.41	120	drænet
4047	ML	B	11.2	10.7	41.5	35.5	1.0	1.66		
4047	ML	C	19.0	9.8	38.8	32.1	0.2	1.67		
4048	DS	A	6.9	10.3	48.7	31.0	3.2	1.38	50	Fri
4048	DS	B	5.1	6.4	44.6	42.4	1.4	1.46		
4048	DS	C	8.0	7.0	37.8	47.0	0.2	1.64		
4067	ML	A	12.2	14.5	45.5	25.4	2.4	1.54	150	drænet
4067	ML	B	15.7	13.8	42.8	26.7	1.0	1.70		
4067	ML	C	18.9	13.1	42.3	25.4	0.3	1.67		

ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand.

Tabel 1f. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for SKEP-modeljordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Østdanmark. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Type-jord	Geo-logisk Jordart	Hori-sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin-sand (%)	Grov-sand (%)	Humus (%)	Volumen-vægt (g cm ⁻³)	Rod-dybde	Afdræning
5016	MS	A	3.8	4.9	33.9	55.3	2.1	1.46	80	drænet
5016	MS	B	8.8	9.7	42.3	38.2	1.1	1.52		
5016	MS	C	9.2	9.0	42.8	38.8	0.2	1.73		
5018	DS	A	3.8	4.9	33.9	55.3	2.1	1.44	100	Fri
5018	DS	B	7.9	9.0	42.0	40.1	1.0	1.46		
5018	DS	C	8.2	6.0	44.0	41.5	0.3	1.66		
5037	ML	A	7.8	9.2	35.6	45.0	2.5	1.48	150	Fri
5037	ML	B	15.7	13.8	42.8	26.7	1.0	1.70		
5037	ML	C	18.9	13.1	42.3	25.4	0.3	1.67		
5038	DS	A	7.8	9.2	35.6	45.0	2.5	1.40	100	drænet
5038	DS	B	7.9	9.0	42.0	40.1	1.0	1.46		
5038	DS	C	8.2	6.0	44.0	41.5	0.3	1.66		
5046	MS	A	8.5	11.7	47.3	30.1	2.4	1.41	80	drænet
5046	MS	B	8.8	9.7	42.3	38.2	1.1	1.52		
5046	MS	C	9.2	9.0	42.8	38.8	0.2	1.73		
5047	ML	A	8.5	11.7	47.3	30.1	2.4	1.41	150	drænet
5047	ML	B	15.7	13.8	42.8	26.7	1.0	1.70		
5047	ML	C	18.9	13.1	42.3	25.4	0.3	1.67		
5048	DS	A	8.5	11.7	47.3	30.1	2.4	1.38	100	Fri
5048	DS	B	7.9	9.0	42.0	40.1	1.0	1.46		
5048	DS	C	8.2	6.0	44.0	41.5	0.3	1.66		
5067	ML	A	12.2	14.5	45.5	25.4	2.4	1.54	150	drænet
5067	ML	B	15.7	13.8	42.8	26.7	1.0	1.70		
5067	ML	C	18.9	13.1	42.3	25.4	0.3	1.67		
5077	DS	A	17.0	16.6	42.0	21.8	2.6	1.58	150	drænet
5077	DS	B	15.7	13.8	42.8	26.7	1.0	1.70		
5077	DS	C	18.9	13.1	42.3	25.4	0.3	1.67		

ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand.

Tabel 1g. Tekstur og humusindhold i 3 horisonter for typejordene kaldet vådbundsJORDE med højt grundvandsspejl udviklet på baggrund af jordbundsdata for jordarterne ferskvandssand og ferskvandstørv. Teksturen er beskrevet for 4 klasser af partikelstørrelse.

Type-jord	Geo-logisk Jordart	Hori-sont	Ler (%)	Silt (%)	Fin-sand (%)	Grov-sand (%)	Humus (%)	Volumen-vægt (g cm ⁻³)	Rod-dybde	Afdræning
998	FS	1	7.4	7.9	47.8	32.6	4.3	1.320	80	Grundvands-spejl
998	FS	2	8.4	8.0	37.8	42.2	3.6	1.420		
998	FS	3	9.3	6.9	34.6	48.1	1.1	1.600		
999	FT	1	7.5	7.1	32.7	30.9	21.7	0.540	80	Grundvands-spejl
999	FT	2	8.0	7.2	32.9	38.1	13.7	0.540		
999	FS	3	9.3	6.9	34.6	48.1	1.1	1.600		

FS= Ferskvandssand; FT= Ferskvandstørv.

Hydrauliske parametre for typejorde

I beskrivelsen af jordens vandretentionskurve anvendes VG-modellen [1] (van Genuchten, 1980):

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \begin{cases} \frac{1}{[1 + |\alpha h|^n]^m} & h < 0 \\ 1 & h \geq 0 \end{cases} \quad [1]$$

hvor S_e angiver den effektive vandmætning, α og n er kurve parameter og $m=1-1/n$. Parametrene θ , θ_s and θ_r er henholdsvis: aktuelt vandindhold ved tryk potentialet (h) [hPa], mættet vandindhold og vandindhold ved udtørring alle målt som [$\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$].

Hydraulisk ledningsevne beskrives ved Mualem-modellen (MVG) [2], der dels baseres på [1] og på den generelle porestørrelsesfordelingsmodel beskrevet i Mualem (1976):

$$k(S_e) = k_0 S_e^l [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^\gamma \quad [2]$$

hvor k_0 er jordens hydrauliske ledningsevne ved vandmætning. k_0 anvendes i modelberegninger som såkaldt "matching factor" i estimeringen af den umættede hydrauliske ledningsevne. Standarder for parametrene l , β , og γ antager i VGM modellen henholdsvis 0.5, 1, and 2. l parameteren er generelt accepteret som en empirisk parameter og anvendes sammen med k_0 i kalibreringen af de hydrauliske parametre.

Typejordenes tekstur, humusindhold og vægtfylde er anvendt til at estimere typejordenes hydrauliske parametre brug af såkaldte pedotransferfunktioner (PTF). Der er anvendt metode P10 (Børgesen et al., 2008), som er en neural netværksmodel udviklet på baggrund af danske data fra Profildatabasen (DJF-Geodata 2007).

I tabel 2a, 2b, 2c, 2d, 2e og 2f er vist de anvendte hydrauliske parametre i modelberegningerne. På de dræne-arealer er det fundet, at en K_{aq} værdi på 0.001 [cm time^{-1}] gav afstrømning via dræn i afstrømningsperioden. Drænrørsdybden er sat til 110 cm, og afstanden mellem drænrør til 18 m som antaget i Daisy Ståblien (Styczen et al., 2006).

Tabel 2a. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Thy. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

Hydrauliske parametre									
Van Genuchten hydrauliske parametre									
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
1011	1	30	0.02	0.386	0.031	1.592	0.354	20.8	Fri
1011	2	70	0.019	0.388	0.056	1.809	-0.099	130.7	Fri
1011	3	300	0.021	0.4	0.065	2.077	-0.147	174.6	Fri
1018	1	30	0.02	0.391	0.033	1.589	0.261	25.2	Fri
1018	2	70	0.021	0.383	0.034	1.374	0.21	33	Fri
1018	3	300	0.021	0.344	0.026	1.391	0.165	7	Fri
1021	1	30	0.021	0.378	0.025	1.592	1.033	15.9	Fri
1021	2	70	0.019	0.388	0.056	1.809	-0.099	130.7	Fri
1021	3	300	0.021	0.4	0.065	2.077	-0.147	174.6	Fri
1024	1	30	0.021	0.396	0.029	1.578	0.947	31.2	Fri
1024	2	70	0.019	0.386	0.048	1.649	-0.077	89.7	Fri
1024	3	300	0.02	0.333	0.027	1.408	0.253	7.2	Fri
1026	1	30	0.021	0.379	0.025	1.591	1.041	16.5	Drænet
1026	2	70	0.025	0.367	0.018	1.391	0.495	2.8	Drænet
1026	3	500	0.028	0.321	0.009	1.439	0.603	0.3	Drænet
1046	1	30	0.029	0.394	0.012	1.424	1.045	1.4	Drænet
1046	2	70	0.025	0.367	0.018	1.391	0.495	2.8	Drænet
1046	3	500	0.028	0.321	0.009	1.439	0.603	0.3	Drænet
1047	1	30	0.029	0.394	0.012	1.424	1.045	1.4	Drænet
1047	2	70	0.03	0.34	0.009	1.446	0.774	0.3	Drænet
1047	3	500	0.033	0.35	0.01	1.406	0.44	0.3	Drænet
1048	1	30	0.029	0.402	0.013	1.416	0.927	1.8	Drænet
1048	2	70	0.021	0.383	0.034	1.374	0.21	33	Drænet
1048	3	500	0.021	0.344	0.026	1.391	0.165	7	Drænet
1067	1	30	0.035	0.368	0.0063	1.4862	1.8513	0.3	Drænet
1067	2	70	0.03	0.34	0.009	1.446	0.774	0.3	Drænet
1067	3	500	0.033	0.35	0.01	1.406	0.44	0.3	Drænet

Tabel 2b. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Nordjylland. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

Hydrauliske parametre									
Van Genuchten hydrauliske parametre									
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
2011	1	30	0.019	0.386	0.035	1.603	0.184	31.2	Fri
2011	2	70	0.02	0.391	0.06	1.882	-0.124	144.5	Fri
2011	3	300	0.021	0.4	0.064	1.992	-0.217	163	Fri
2014	1	30	0.019	0.392	0.037	1.601	0.109	34.2	Drænet
2014	2	70	0.021	0.381	0.036	1.578	0.325	43.9	Drænet
2014	3	500	0.041	0.368	0.007	1.426	0.2	0.1	Drænet
2021	1	30	0.024	0.375	0.017	1.61	1.332	4.6	Fri
2021	2	70	0.02	0.391	0.06	1.882	-0.124	144.5	Fri
2021	3	300	0.021	0.4	0.064	1.992	-0.217	163	Fri
2024	1	30	0.024	0.393	0.02	1.593	1.143	10	Drænet
2024	2	70	0.021	0.381	0.036	1.578	0.325	43.9	Drænet
2024	3	500	0.041	0.368	0.007	1.426	0.2	0.1	Drænet
2028	1	30	0.024	0.393	0.02	1.593	1.143	10	Fri
2028	2	70	0.024	0.377	0.023	1.379	0.397	9.7	Fri
2028	3	300	0.023	0.336	0.019	1.392	0.129	2.1	Fri
2044	1	30	0.029	0.398	0.013	1.422	1.053	1.9	Drænet
2044	2	70	0.021	0.381	0.036	1.578	0.325	43.9	Drænet
2044	3	500	0.041	0.368	0.007	1.426	0.2	0.1	Drænet
2048	1	30	0.029	0.398	0.013	1.422	1.053	1.9	Fri
2048	2	70	0.024	0.377	0.023	1.379	0.397	9.7	Fri
2048	3	300	0.023	0.336	0.019	1.392	0.129	2.1	Fri
2211	1	30	0.024	0.391	0.02	1.595	1.177	9	Drænet
2211	2	70	0.022	0.375	0.026	1.377	0.614	16.4	Drænet
2211	3	500	0.021	0.333	0.026	1.407	0.29	7.6	Drænet
2411	1	30	0.029	0.388	0.012	1.432	1.165	1.4	Drænet
2411	2	70	0.022	0.375	0.026	1.377	0.614	16.4	Drænet
2411	3	500	0.021	0.333	0.026	1.407	0.29	7.6	Drænet

Tabel 2c. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Vestjylland. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

Hydrauliske parametre									
Van Genuchten hydrauliske parametre									
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
3011	1	30	0.019	0.386	0.035	1.603	0.184	31.2	Fri
3011	2	70	0.02	0.391	0.06	1.882	-0.124	144.5	Fri
3011	3	300	0.021	0.4	0.064	1.992	-0.217	163	Fri
3012	1	30	0.021	0.424	0.034	1.568	-0.035	31.6	Fri
3012	2	70	0.019	0.36	0.033	1.619	0.256	21.9	Fri
3012	3	300	0.02	0.374	0.056	1.9	-0.281	94.1	Fri
3017	1	30	0.021	0.388	0.026	1.591	0.546	10.7	Drænet
3017	2	70	0.022	0.371	0.029	1.371	0.134	14.6	Drænet
3017	3	500	0.025	0.323	0.014	1.422	0.565	0.8	Drænet
3018	1	30	0.021	0.392	0.027	1.588	0.469	11.9	Fri
3018	2	70	0.02	0.391	0.043	1.39	-0.22	52	Fri
3018	3	300	0.019	0.364	0.05	1.718	-0.175	66.7	Fri
3028	1	30	0.023	0.397	0.022	1.588	1.141	9.6	Fri
3028	2	70	0.02	0.391	0.043	1.39	-0.22	52	Fri
3028	3	300	0.019	0.364	0.05	1.718	-0.175	66.7	Fri
3037	1	30	0.024	0.382	0.017	1.404	0.899	2.4	Drænet
3037	2	70	0.022	0.371	0.029	1.371	0.134	14.6	Drænet
3037	3	500	0.025	0.323	0.014	1.422	0.565	0.8	Drænet
3038	1	30	0.024	0.403	0.02	1.383	0.588	5.1	Fri
3038	2	70	0.02	0.391	0.043	1.39	-0.22	52	Fri
3038	3	300	0.019	0.364	0.05	1.718	-0.175	66.7	Fri
3047	1	30	0.027	0.396	0.013	1.418	1.19	1.5	Drænet
3047	2	70	0.022	0.371	0.029	1.371	0.134	14.6	Drænet
3047	3	500	0.025	0.323	0.014	1.422	0.565	0.8	Drænet
3048	1	30	0.027	0.403	0.014	1.41	1.057	2.1	Fri
3048	2	70	0.02	0.391	0.043	1.39	-0.22	52	Fri
3048	3	300	0.019	0.364	0.05	1.718	-0.175	66.7	Fri
3110	1	30	0.021	0.392	0.027	1.588	0.469	11.9	Fri
3110	2	70	0.019	0.375	0.049	1.708	-0.26	66.5	Fri
3110	3	300	0.02	0.366	0.057	2.051	-0.274	84.4	Fri

Tabel 2d. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Midtjylland. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

Hydrauliske parametre									
Van Genuchten hydrauliske parametre									
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
4016	1	30	0.021	0.384	0.025	1.586	0.73	10.4	Fri
4016	2	70	0.021	0.367	0.031	1.384	0.339	20.3	Fri
4016	3	300	0.02	0.334	0.03	1.42	0.232	10.4	Fri
4018	1	30	0.021	0.388	0.026	1.583	0.681	11.8	Fri
4018	2	70	0.021	0.383	0.034	1.375	0.185	32.8	Fri
4018	3	300	0.021	0.343	0.028	1.393	0.114	9.3	Fri
4027	1	30	0.023	0.379	0.019	1.599	1.142	5.9	Drænet
4027	2	70	0.026	0.34	0.013	1.413	0.419	0.7	Drænet
4027	3	500	0.032	0.352	0.011	1.4	0.519	0.4	Drænet
4037	1	30	0.024	0.382	0.02	1.387	0.637	4.3	Drænet
4037	2	70	0.026	0.34	0.013	1.413	0.419	0.7	Drænet
4037	3	500	0.032	0.352	0.011	1.4	0.519	0.4	Drænet
4038	1	30	0.023	0.402	0.024	1.369	0.279	9.9	Fri
4038	2	70	0.021	0.383	0.034	1.375	0.185	32.8	Fri
4038	3	300	0.021	0.343	0.028	1.393	0.114	9.3	Fri
4046	1	30	0.027	0.393	0.015	1.404	0.794	2.7	Fri
4046	2	70	0.021	0.367	0.031	1.384	0.339	20.3	Fri
4046	3	300	0.02	0.334	0.032	1.424	0.192	13.7	Fri
4047	1	30	0.027	0.393	0.015	1.404	0.794	2.7	Drænet
4047	2	70	0.026	0.34	0.013	1.413	0.419	0.7	Drænet
4047	3	500	0.032	0.352	0.011	1.4	0.519	0.4	Drænet
4048	1	30	0.027	0.401	0.016	1.397	0.717	3.6	Fri
4048	2	70	0.021	0.383	0.034	1.375	0.185	32.8	Fri
4048	3	300	0.021	0.343	0.028	1.393	0.114	9.3	Fri
4067	1	30	0.033	0.368	0.008	1.447	0.941	0.3	Drænet
4067	2	70	0.033	0.338	0.008	1.444	0.826	0.2	Drænet
4067	3	500	0.034	0.35	0.009	1.407	0.21	0.3	Drænet

Tabel 2e. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata i georegion Østdanmark. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

Hydrauliske parametre									
Van Genuchten hydrauliske parametre									
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
5016	1	30	0.02	0.387	0.036	1.589	0.127	37.8	Drænet
5016	2	70	0.024	0.37	0.023	1.371	0.145	5.9	Drænet
5016	3	500	0.023	0.322	0.017	1.415	0.328	1.3	Drænet
5018	1	30	0.02	0.391	0.037	1.587	0.037	42	Fri
5018	2	70	0.022	0.385	0.029	1.36	-0.039	18.7	Fri
5018	3	300	0.021	0.339	0.026	1.397	0.259	6	Fri
5037	1	30	0.025	0.381	0.018	1.388	0.647	3.2	Fri
5037	2	70	0.033	0.338	0.008	1.444	0.826	0.2	Fri
5037	3	300	0.034	0.35	0.009	1.407	0.21	0.3	Fri
5038	1	30	0.025	0.402	0.022	1.369	0.365	7.5	Drænet
5038	2	70	0.022	0.385	0.029	1.36	-0.039	18.7	Drænet
5038	3	500	0.021	0.339	0.026	1.397	0.259	6	Drænet
5046	1	30	0.027	0.395	0.016	1.392	0.487	3.3	Drænet
5046	2	70	0.024	0.37	0.023	1.371	0.145	5.9	Drænet
5046	3	500	0.023	0.322	0.017	1.415	0.328	1.3	Drænet
5047	1	30	0.027	0.395	0.016	1.392	0.487	3.3	Drænet
5047	2	70	0.033	0.338	0.008	1.444	0.826	0.2	Drænet
5047	3	500	0.034	0.35	0.009	1.407	0.21	0.3	Drænet
5048	1	30	0.027	0.402	0.017	1.386	0.374	4.5	Fri
5048	2	70	0.022	0.385	0.029	1.36	-0.039	18.7	Fri
5048	3	300	0.021	0.339	0.026	1.397	0.259	6	Fri
5067	1	30	0.033	0.368	0.008	1.447	0.941	0.3	Drænet
5067	2	70	0.033	0.338	0.008	1.444	0.826	0.2	Drænet
5067	3	500	0.034	0.35	0.009	1.407	0.21	0.3	Drænet
5077	1	30	0.04	0.369	0.006	1.471	1.712	0.2	Drænet
5077	2	70	0.033	0.338	0.008	1.444	0.826	0.2	Drænet
5077	3	500	0.034	0.35	0.009	1.407	0.21	0.3	Drænet

Tabel 2f. Hydrauliske egenskaber for typejordene udviklet på baggrund af jordbundsdata for vådbundsdata for hele Danmark. Hydrauliske parametre er genereret med pedotransferfunktionen P10 (Børgesen et al., 2008).

			Hydrauliske parametre Van Genuchten hydrauliske parametre						
Modeljord	Horisont	Nedre grænse	θ_{res}	θ_{sat}	n	α	l	K_0	Dræn
6998	1	30	0.029	0.42	0.014	1.411	0.991	2.2	Grundvand
6998	2	70	0.027	0.397	0.014	1.405	0.89	1.7	Grundvand
6998	3	300	0.023	0.355	0.022	1.385	0.239	4.2	Grundvand
6999	1	30	0.102	0.597	0.001	2.845	8.102	2.2	Grundvand
6999	2	70	0.053	0.602	0.004	1.663	4.173	1.5	Grundvand
6999	3	300	0.023	0.355	0.022	1.385	0.239	4.2	Grundvand

Referencer

- Børgesen, C.D. Iversen B.V., Jacobsen O.H. & Schaap, M.G. (2008). Pedotransfer functions estimating soil hydraulic properties using different soil parameters. *Hydrological Processes* 22, 1630-1639.
- Børgesen, C.D. (2009). 'Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for årene 2003-2007', I Børgesen, CD, Waagepetersen, J, Iversen, TM, Grant, R, Jacobsen, B & Elmholt, S (red.), *Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater*, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet s. 101-142.
- Greve, M.H., Greve, M.B, Bøcher, P.K, Balstrøm, T., Madsen, H.B. & Krogh, L. (2007). Generating a Danish raster-based topsoil property map combining choropleth maps and point information. *Geografisk Tidsskrift* 107.
- Madsen, H.B., Nørr, A.H. & Holst, K.A. (1992). Atlas over Danmark. Den danske Jordklassificering. Serie I, Bind 3. Det Kgl. Geografisk Selskab.
- Mualem, Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.* 12, 513-522.
- Skriver, K. & Hedegård, J. (1973). Undersøgelser over danske jorders dræningstilstand. Planteavlssarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne, 2055-2059.
- Styczen, M., Hansen, S, Jensen, L.S., Svendsen, H., Abrahamsen, P., Børgesen, C.D., Thirup, C. & Østergaard, H.S. (2006). Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. Version 1.2, april 2006. DHI Institut for Vand og Miljø. 62 pp.
- van Genuchten, M.Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892-898.

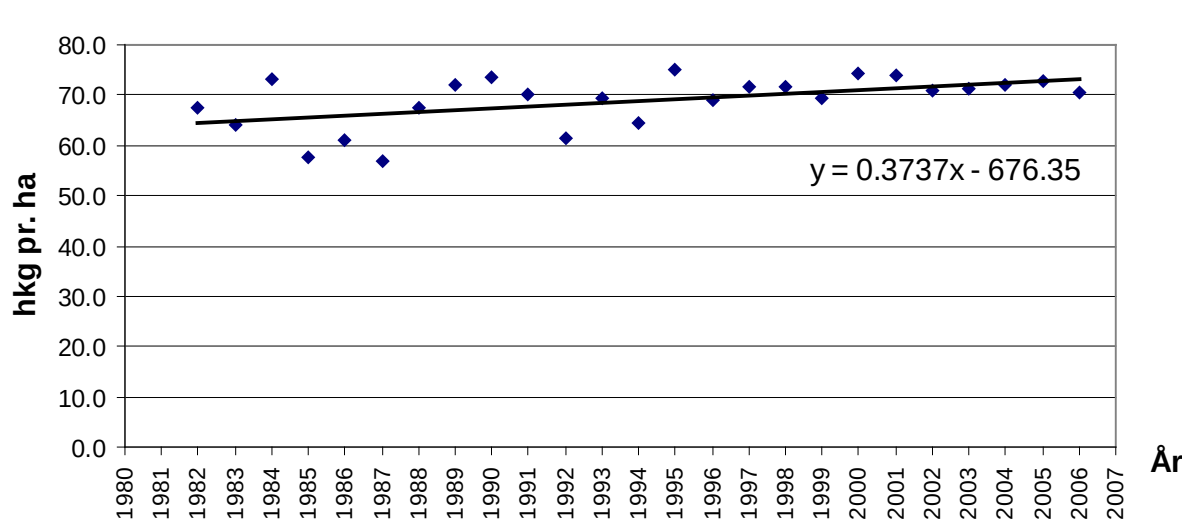
Bilag BN4-3. Daisy kvælstofudbytte kalibrering

Christen Duus Børgesen og Yubaraj K. Karki, Aarhus Universitet

Udbyttekalibrering

For at de modelberegnede kvælstofbalancer hviler på et hensigtsmæssigt klimanormaliseret grundlag, er der anvendt regionale klimadata for perioden 1990-2010 i de grundlæggende modelberegninger i Daisy-databasen. De årligt registrerede udbytter både på landsplan og på regionalt niveau er i høj grad påvirket af det aktuelle dyrkningsårs klimatiske betingelser og kan ikke direkte anvendes til en kalibrering af kvælstofudbytteneiveauet.

Samtidig med at der er en klimasammenhæng mellem afgrøder og kvælstofudbytte, er der også sket en udvikling af nye sorter, som har betinget en stigning i udbyttet for en række afgrøder (Figur 1). Den generelle udvikling beskrevet ved den lineære regression viser, at der for vinterhvede har været en årlig udbyttestigning på 0,37 hkg/ha. Hvis de registrerede udbytter i starten af klimaperioden (i begyndelsen af 1990-erne) anvendes i modelberegning af en klimanormaliseret kvælstofbalance, vil det generelle kvælstofudbytteneiveau blive undervurderet set i forhold til de udbytter der opnås med sorter, der anvendes i dag.



Figur 1. Årlige vinterhvedeudbytter opgjort på landsplan (1982-2006) og udbyttetrend estimeret ved lineær regression.

For at kompensere for denne undervurdering er det besluttet, at modelberegningerne for dyrkningsårene for hele perioden 1990-2010 klimanormaliseres på baggrund af de seneste fem års udbytter. Dette vil i praksis sige, at der beregnes gennemsnits kvælstofudbytter på baggrund af regionsudbytter for perioden 2007-2011, og de årlige kvælstofudbytter korrigeres med en generel afgrødekorrektion, således at gennemsnits kvælstofudbyttet for hele perioden (1990-2010) korrigeres til kvælstofudbyttet registreret i årene (2007-2011).

Udbyttekalibrering af de grundlæggende Daisy modelberegninger

For at kunne modelberegne realistiske mark kvælstofbalancer på regional og national skala, er det vigtigt, at de enkelte poster beregnes med så stor nøjagtighed som muligt. Indledende Daisy-simuleringer med kombinationen af de generelle afgrødeparametre (Styczen et al., 2006) er sammen med typejordene opstillet for hele landet (Bilag BN4-2) og anvendelse af regionale klima parametre (Bilag BN4-1) viste, at Daisy modellen i standardversion ikke simulerede kvælstofudbytter på niveau med udbyttedata fra regionsstatistikken. Derfor er der forud for opstilling af SKEP/Daisy databasen foretaget en modelkalibrering af afgrødemodul i Daisy modellen.

SKEP/Daisy modelsystemet anvender en database med grundlæggende Daisy modelberegninger, hvor der er modelberegnet forskellige kombinationer af årlige mark kvælstofbalancer under en række kombinationer af sædskifter, jordbund, klima, vanding og kvælstofgødskning. Databasen består af to sæt modelberegninger, hvor der er anvendt to sæt forskellige afgrødeparametre. Øvrige parametre som sædskifter, jordbund, klima, vanding og kvælstofgødskning er ens i de to data sæt. Det ene datasæt er i gennemsnit kalibreret til at give ca. 10 % højere kvælstofudbytte end registreret i regionen, og det andet datasæt til ca. 10 % lavere kvælstofudbytte end registreret i regionen. Denne kalibrering er den første grove kalibrering af SKEP/Daisy modellen og danner grundlaget for modelberegningerne med SKEP/Daisy model systemet. Den endelige udbyttekalibrering gennemføres i modelberegningerne, hvor de to sæt modelberegninger vægtes sammen så summen af kvælstofudbytterne i regionerne er lig med de observerede /beregnete kvælstofudbytter.

Modelkalibreringen af afgrødeparametrene gennemføres efter de principper Daisy Ståbien anbefaler (Styczen et al., 2006). Kalibreringen gennemføres kun for de seks nedbørzoner (middelnedbør), hvor der sammenlignes med kvælstofudbytter på regionsniveau. Kalibreringen gennemføres for alle afgrøde- og jordtypekombinationer, der findes i den nedbørsregion modellen opsættes for.

For kombinationer af jordtyper, klimazone (6) kalibreres afgrødemodul i Daisy-modellen ved 1N (dvs. normgødskning med handelsgødning) til at modelberegne en kvælstofbalance, der henholdsvis ligger 10 % over og under det registrerede kvælstofudbytte i regionen. Kalibreringen er foretaget ved at justere Daisys fotosynteseaktivitet (DSEff), således at kvælstofudbyttet som gennemsnit for årene 1990-2010 svarer til gennemsnitsudbyttet i regionen for perioden 2007-2011 (Danmarks Statistik 2007, 2008, 2009, 2010 og 2011).

For at opnå korrekt kvælstofkoncentration og C:kvælstofforhold, hvilket er specielt vigtigt i halm der nedmuldes, har det endvidere i nogle afgrøder/jordtyper været nødvendigt at justere optagelsen af N (parametre $MxNH_4up$ og $MxNO_3up$). For at opnå kvælstofudbytte niveauer for industrikartofler korrigeres endvidere fotosyntese-parameteren Fm .

Kvælstofrespons

Af tidsmæssige årsager har det ikke været muligt at gennemføre afgrødekalibreringer ved andre kvælstofniveauer end 1N. Tidligere undersøgelser med Daisy-modellen har vist usikkerhed på beregningen af afgrøde kvælstofrespons ved højere kvælstofniveau end norm gødsning, men da der kun er relativt få marker der gødes ved et højere kvælstofniveau end normgødsning, er der i opstillingen af SKEP/Daisy databasen ikke modelberegnet med gødningskombinationer højere end 110 % af den anbefalede N norm gødsning.

Referencer

Danmarks Statistik. Statistikbanken for årene 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.

Styczen, M., Hansen, S, Jensen, L. S., Svendsen, H., Abrahamsen, P., Børgesen, C. D., Thirup, C. & Østergaard, H. S. (2006): Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. Version 1.2, april 2006. DHI Institut for Vand og Miljø. 62 pp.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnuudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnuudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

NaturErhvervstyrelsen og Miljøstyrelsen har bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug og DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi om at evaluere kvælstofvirkemidler i Grøn Vækst-aftalen samt implementeringen af Nitratdirektivet, begge for perioden 2008-2011. Disse evalueringer er samlet i nærværende rapport, som er en opfølgning på midtvejsevalueringen fra 2008 af Vandmiljøplan III, hvor effekten af de iværksatte indsatser blev evalueret for perioden 2004-2007. Rapporten indeholder en beregning af udviklingen af landbrugets kvælstofudvaskning fra rodzonen i perioden 2007-11. Beregnede effekter afspejler den generelle udvikling i landbrugets arealanvendelse og kvælstofgødsning samt effekten af forskellige virkemidler, der blev implementeret i 2007-2011. Rapporten indeholder desuden en opgørelse af udviklingen i kvælstof- og fosforoverskud, målt som landsbedriftsbalancer. Endelig indeholder rapporten en prognose for landbrugets kvælstofudvaskning i perioden 2012-2015, dvs. primært effekterne af virkemidler i Grøn Vækst aftalen. Virkemidlernes effekt er hovedsageligt estimeret i forhold til effekten i rodzonen.

