

Virkemidler til N-reduktion – potentialer og effekter

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

30. januar 2012

Revideret: 27. februar 2012

¹Hans Estrup Andersen, ¹Ruth Grant, ¹Gitte Blicher-Mathiesen,

²Poul Nordemann Jensen,

³Finn P. Vinther, ³Peter Sørensen, ³Elly Møller Hansen, ³Ingrid K. Thomsen, ³Uffe Jørgensen,

⁴Brian H. Jacobsen

¹Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

²Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

³Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

⁴Københavns Universitet, Fødevarøkonomisk Institut

Rekvirent:

Miljøstyrelsen

Antal sider: 60

Faglig kommentering:

Kvælstofudvalget

Kvalitetssikring, centret:

Susanne Boutrup



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +458715 0000
E-mail: dmu@dmu.dk
<http://www.dmu.au.dk>

Indhold

Introduktion - læsevejledning	4
V1. Senere nedmuldningstid for efterafgrøder	6
Potentiale	6
Effekt	7
Beregning	7
V2. Yderligere energiafgrøder	8
Potentiale	8
Effekt	9
Beregning	10
V3. Vådområdeprojekter udover Grøn Vækst	12
Potentiale	12
Effekt	12
Beregning	12
V4. Reduceret N-norm udover de nuværende 10 %	13
Potentiale	13
Effekt	13
Beregning	14
V5. Skærpelse af udnyttelseskravet til dels udvalgte typer af husdyrgødning, dels en generel skærpelse	15
Potentiale	15
Generel forøgelse af udnyttelseskravet (virkemiddel V5-2)	16
Effekt	17
Beregning	17
V6. Skærpelse af udnyttelseskravet efter afgangning	18
Potentiale	18
Effekt	18
Beregning	19
V7. Mellemafgrøder	20
Potentiale	20
Effekt	20
Beregning	21
V8. Udtagning af højbundsjord	22
Potentiale	22
Effekt	24
Beregning	24
V9. Etablering af skov	25
Potentiale	25
Effekt	25
Beregning	25
V10. Yderligere efterafgrøder udover Grøn Vækst	26

Potentiale	26
Effekt	28
Beregning	29
V11. Permanent udtagning af lavbundsarealer uden sløjfning af dræn	30
Potentiale	30
Effekt	30
Beregning	30
V12. Afbrænding af husdyrgødning	31
Potentiale	31
Effekt	31
Beregning	32
Referencer	33

Introduktion - læsevejledning

I denne tekniske dokumentation gennemgås tolv forskellige virkemidler til reduktion af landbrugets udledning af kvælstof (N) til det marine miljø. Virkemidlerne er gennemregnet ved hjælp af N-risikoværktøjet (grundigt beskrevet i Vand & Jord, 2009), som til opgaven er opdateret med markblokoplysninger for 2009 (Børgesen et al., 2009a) og suppleret med yderligere effektvurderinger.

Udgangspunktet for potentialeopgørelserne er de reguleringer m.m., der er gennemført i forbindelse med de 3 vandmiljøplaner, andre reguleringer af landbrugspraksis m.m. samt de mål, der er opstillet i Grøn Vækst og udmøntet i udkast til vandplaner.

De potentialer, der i nærværende notat vurderes, ligger således ud over de reguleringer og målsætninger, der allerede er gennemført.

N-risikoværktøjet opererer på markblokniveau. N-tilførslen til det marine miljø opgøres i to trin ved at kombinere to temaer: N-udvaskning fra rodzonen og N-retention under transport gennem grundvand og overfladevand. N-risikoværktøjet indeholder en række virkemidler til begrænsning af tabet af N fra det dyrkede areal. For hvert virkemiddel er potentialet for dets anvendelse opgjort, og effekten på N-tabet er estimeret. I nærværende arbejde er potentialer og effekter for de enkelte virkemidler opgjort på hovedvandoplande og yderligere opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og desuden grupperet i en række N-retentionsklasser.

Det er vigtigt at understrege, at N-retentionen er knyttet til en række større deloplande, på landsplan i alt 483, og ikke til den enkelte markblok. De angivne retentioner pr. delopland udtrykker den gennemsnitlige retention for deloplandet og dækker over variationer indenfor deloplandet f. eks. mellem drænedede og ikke drænedede områder, som vi pt. ikke kender fordelingen af inden for de enkelte oplande. Kendskab til omfanget af dræning er en særdeles vigtig faktor for fastlæggelse af retentionen.

I det følgende er for hvert virkemiddel beskrevet opgørelse af potentiale, effektvurdering, beregningsforudsætninger samt forbehold. Der er for hvert virkemiddel i større eller mindre grad angivet usikkerheder på effektvurderingen, men det skal også her i indledningen understreges, at effekterne i høj grad er baseret på skøn. Angivelse af effekter med en nøjagtighed på 1 kg N/ha er ikke udtryk for sikkerheden på effekten, men er et simpelt gennemsnit af et større interval. Eksempelvis er der i V2 (Yderligere energiafgrøder) regnet med en effekt på 50 kg N/ha for alle lavbundslande, til trods for at effekten reelt kan variere mellem 0 og 100 kg N/ha afhængig af typen af lavbundsland. Lignende forhold gør sig gældende for de øvrige virkemidler, og de samlede effekter på op-

landsniveau skal derfor tages med et stort forbehold og kan ikke umiddelbart indgå som grundlag for en målrettet regulering.

Bilag 1 indeholder en beskrivelse af datagrundlaget for analysen.

Bilag 2 indeholder en tabel for hvert af de 23 hovedvandoplande, hvor potentiale (antal ha) for og effekt (antal tons N) af hvert virkemiddel er opgjort opdelt på retentionsklasser. Desuden er virkemidlernes effektivitet (reduceret N-tilledning til havet pr. ha virkemiddel) beregnet for hver retentionsklasse.

Bemærk, at effekterne af virkemidlerne ikke umiddelbart kan summeres, da visse af dem bruger det samme areal. I dokumentationen er der for hvert virkemiddel i afsnittet 'Potentiale' grundigt redegjort for, hvilket areal der er omfattet.

Bilag 3 sammenfatter resultaterne for hovedvandoplandene for hele Danmark. I opgørelsen for hele Danmark er potentialer og effekter medtaget for alle hovedvandoplande uanset, om der for det enkelte opland ikke er noget N-reduktionsbehov. Det fremgår af bilag 3, at arealet med en retention på 20-40% nationalt udgør 17-31% af det samlede areal alt efter virkemiddel og det er relativt størst ved etablering af skov. Omvendt udgør arealet med den høje retention (80-100%) mellem 18-25%. Generelt er arealfordelingen jævnt fordelt mellem retentionsklasserne 20-100%. Arealet med en retention under 20% udgør mindre end 1%.

V1. Senere nedmuldningstid for efterafgrøder

Potentiale

Kravet til lovpligtige efterafgrøder er beregnet på baggrund af efterafgrødegrundarealet (bestemt ud fra afgrødetypen i GLR) og indberetning i gødningsregnskabet mht. anvendelse af husdyrgødning året før. Bedrifter med mindre end 10 ha er fritaget for efterafgrøder, hvis bedriften sidste år anvendte mindre end 0,8 DE/ha er kravet til arealet med efterafgrøder 10% af efterafgrødegrundarealet, og hvis bedriften anvendte mere end 0,8 DE/ha sidste år er kravet 14%.

Ud over de lovpligtige efterafgrøder vil der være efterafgrøder som er aftalt i tilknytning til husdyrgodkendelserne. I notat fra DMU til Miljøstyrelsen (2010) vedr. Status for husdyrgodkendelser, for perioden 2007 til juni 2010 fremgår, at der var aftalt efterafgrøder på ca. 11.000 ha ved godkendelse af 121.000 tons N i husdyrgødning. Hvis efterafgrøderne var jævnt fordelt i forhold til den godkendte husdyrgødningsmængde ville der være aftalt 0,09 ha efterafgrøde pr 1000 tons N (=11.000 ha/121.000 tons N). Efterafgrødearealet ved fuld godkendelse af alle husdyrbrug er derfor beregnet ved at antage at der etableres 0,09 ha efterafgrøder pr 1000 tons N i den husdyrgødningsmængde, der er fordelt ud på markblokkene. Dette må dog betragtes som en meget tilnærmet placering af efterafgrøder ved husdyrgodkendelser.

Kravet til efterafgrøder på landsplan er vist i tabel V1.1

Tabel V1.1. Krav til efterafgrøder på landsplan aftalt i Grøn Vækst og som følge af husdyrgodkendelse, data fra 2009.

	1000 ha
Total areal	2732,1
Efterafgrødegrundareal	1933,5
Lovpligtige efterafgrøder	241,7
Efterafgrøder ved husdyrgodkendelser	20,1

Reglerne omkring nedmuldning af efterafgrøder foreskriver, at "pligtige efterafgrøder må man ikke nedpløje, nedvisne eller på anden måde destruere før 20. oktober". Idet vi antager, at der med senere nedmuldningstid menes 1. november på lerjord og 1. februar på sandjord, vil potentialet afhænge af i hvilket omfang "sen nedmuldningstid" i forvejen praktiseres. Omfanget af efterårs jordbearbejdning, dvs. jordbearbejdning før 1. november på lerjord og før 1. februar på sandjord, er opgjort i landovervågningsoplandene (Grant et al., 2011). Det fremgår her, at i de jyske oplande, som kan karakteriseres som overvejende sandjord, praktiseres dette på kun 3-14% af arealet. Dvs., at på langt den overvejende del af sandjordene bliver jordbearbejdning (nedpløjning af efterafgrøder) i forvejen udført om foråret, hvorved potentialet for senere nedmuldningstid af efterafgrøder bliver meget begrænset.

Effekt

Effekten af virkemidlet "senere nedmuldningstid" bygger på DJF-svar 29-09-2010: "På lerjord, hvor tidspunktet for nedmuldning udsættes med 10 dage, forventes ingen effekt. På sandjord forventes udvaskningen at blive reduceret med ca. 10 kg N/ha, men effekten afhænger af i hvilket omfang senere nedmuldning af efterafgrøder i forvejen praktiseres."

Table V1.2. Senere nedmuldningstid for efterafgrøder

	<0,8 DE/ha		>0,8 DE/ha	
	Ler	Sand	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt kg N/ha	0	10	0	10

Beregning

Da potentialet er yderst begrænset, er der ikke foretaget effektberegninger af dette virkemiddel.

V2. Yderligere energiafgrøder

Potentiale

Udgangspunktet for beregningerne er at der i Grøn Vækst allerede indgår yderligere 30.000 ha energiafgrøder.

Der er udarbejdet et datasæt med registrerede energiafgrøder og areal i omdrift på markblokniveau.

Energiafgrøderne udgøres af følgende koder i GLR, med angivelse af areal i 2009 og 2010.

Tabel V2.1. Energiafgrødeareal i GLR.

Kode	Afgørde	Areal, ha	
		2009	2010
591	Lavskov	1508	920
592	Pil	2728	4045
593	Poppel	80	156
594	EI	4	3
596	Elefantgræs	63	72
597	Røgræs	19	16
598	Sorrel	<1	<1
I alt		4403	5213

Det ses, at arealet med energiafgrøder er steget med ca. 800 ha fra 2009 til 2010, og at pil udgør hovedparten af arealet. Omfanget af energiafgrøder og arealet i omdrift (=det potentielle areal for yderligere energiafgrøder) er vist i tabel V2.2.

Tabel V2.2. Energiafgrøder samt øvrig arealgruppering på landsplan, 2009.

	1000 ha
Omdrift	2426,3
Energiafgrøder	4,4
Vedv. græs	216,0
Frugt, grønt, planteskole	21,4
Træer, skov	8,8
Udyrket, naturlign.	1,1
I alt	2732,1

Beregningen er udført separat på lavbund og på højbund. På lavbundsjord er beregningen udført for omdriftsarealer. Det er vurderet, at potentialet højest kan udgøre 35.000 ha (B. Jacobsen, FOI, prs. komm.), således at væksten inkl. Grøn Vækst målet udgør 65.000 ha i forhold til 2009.

Der er desuden foretaget beregninger på højbundsjord. Miljøstyrelsen har foreslået, "at det ledige harmoniareal i potentialeberegningerne fordeles således, at det ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrprodukti-

onen anvendes til energiafgrøder på lerjord (JB 6 og derover), mens potentialet på sandjord anvendes til udtagning. Den nuværende beregningsmodel kan bibeholdes. Dette vil afspejle en sandsynlig fordeling, da det økonomiske tab ved at udtage højbundsjord generelt set er langt større på lerjord end på sandjord. De produktive lerjordsarealer vil i langt større omfang end sandjord blive forsøgt udnyttet til fortsat produktion. Energiafgrøder har også et betydeligt større udbytte på lerjord end på sandjord og økonomien er derfor også betydelig bedre på lerjord end på sandjord med de nuværende rammebetingelser.”

Der er taget udgangspunkt i denne definition i de videre potentialeberegninger for V2, samt for V8, udtagning af højbund.

Effekt

Fra Sørensen et al. (2010 e): 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 næringsstof-udnyttelse.

Effekten på kvælstoftabet fra et areal ved omlægning til flerårige energiafgrøder afhænger af, hvilken driftstype udtagningen erstatter. Til sammenligning med landbrugsdrift viser modelberegninger for et sædskifte med vårbyg, vinterbyg, vinterraps og vinterhvede en gennemsnitlig udvaskning på 44 kg N pr. ha på lerjord og 71 kg N pr. ha på sandjord. Dette gælder som gennemsnit af vådt og tørt klima i Danmark.

Etablering af energiafgrøder forventes i forhold til et sådant sædskifte gennemsnitligt at reducere udvaskningen med 15-30 kg N pr. ha på lerjord og 40-55 kg N pr. ha på sandjord. Efterfølgende er der i DJF-svar 23-12-2010 foretaget en mindre justering vedr. udvaskning fra organisk gødning tilført energiafgrøder, hvorved intervallerne for reduktion af udvaskning bliver 15-35 kg N pr. ha på lerjord og 40-60 kg N pr. ha på sandjord.

På lavbundsjord er forholdene langt mere variable end på højbundsjord, som følge af forskelle i dræningsgrad, mineraliseringspotentiale og hydrologiske forhold. På lavbundsjord, hvor der som følge af høj denitrifikation i forvejen er lav udvaskning, vil dyrkning af energiafgrøder ikke reducere udvaskningen væsentligt. Det antydes fx af nyere (endnu ikke publicerede) målinger i en meget humusrig lavbundsjord i Nørreådal, hvor der hverken fra pil eller vårbyg synes at være nitratudvaskning af betydning. Til gengæld er her konstateret høj denitrifikation. På andre typer lavbundsjord i Nørreådal er fundet optagelse og høst af 140 kg N/ha uden tilførsel af gødning til græsarealer, og denne fjernelse må formodes at reducere udvaskningsrisikoen betydeligt. Med den begrænsede viden og store usikkerhed om effekterne af energiafgrødedyrkning på lavbundsjord er det ikke muligt at give et sikkert estimat for en generel effekt. Mere lokalitetsspecifik viden og estimering er nødvendig. Vi vurderer, at den udvaskningsreducerende effekt af flerårige energiafgrøder på lavbundsjord vil være mellem 0 og 100 kg N/ha. Dette store

interval i effekten bør afspejles i den samlede effekt på landsplan, og et retvisende estimat opnås ikke ved at anvende en gennemsnitseffekt på 50 kg N/ha, da vi ikke kan sige noget om den sandsynlige fordeling i intervallet.

Denne usikkerhed omkring effekten på lavbundsjord gør sig ikke alene gældende for energiafgrøder, men gælder for alle virkemidler, der placeres her.

Tabel V2.3. Yderligere energiafgrøder

	Højbundsjord		Lavbundsjord
	Ler	Sand	
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha):	15 – 35	40 - 60	0 – 100

Beregning

Lavbundsjord: I lavbundskortlægningen, der er anvendt her (lavbundskort 1:25.000, baseret på okkerkortlægningen 1981-84) udgør lavbund 474.000 ha totalt, hvoraf 332.000 ha findes på omdriftsarealer. Maksimum-potentialet udgør altså 35.000 ha ud af 332.000 ha eller 10,5%. Potentialet opgøres derfor som 10,5% af den del af omdriftsarealet, der er beliggende på lavbund.

Potentiale og effekt (= 50 kg N/ha, som er gennemsnittet for lavbundsjord og anvendes regneteknisk, selvom det indebærer en meget væsentlig usikkerhed, jf ovenfor) ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser. I tabel V2.4 er det samlede arealpotentiale og den reducerede N-tilførsel til det marine miljø vist for hvert hovedvandopland opdelt på opstrøms og nedstrøms areal. Endvidere er den samlede effekt for hele landet angivet.

Højbundsjord: Højbundsarealet og ledigt harmoniareal findes som beskrevet under V8. Udtagning af højbundsjord. Jordtypen er kendt pr. markblok. For markblokke med jordtype j_b >= 6 findes potentialet ved at gange højbundsarealet med det ledige harmoniareal. Potentiale og effekt (= 25 kg N/ha, som er gennemsnittet for lerjord) ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser. I tabel V2.4 er det samlede arealpotentiale og den reducerede N-tilførsel til det marine miljø vist for hvert hovedvandopland opdelt på opstrøms og nedstrøms areal. Endvidere er den samlede effekt for hele landet angivet.

Tabel V2.4. Potentiale for of effekt af virkemiddel V2. Yderligere efterafgrøder.

Område	Opstrøms				Nedstrøms			
	Potentiale	Potentiale	Effekt	Effekt	Potentiale	Potentiale	Effekt	Effekt
	lavbund	højbund	lavbund	højbund	lavbund	højbund	lavbund	højbund
	ha	ha	t N	t N	ha	ha	t N	t N
1.1. Nordlige Kattegat	24	0	0.4	0.0	3336	1166	78.8	10.9
1.2. Limfjorden	1735	2854	29.9	22.6	10011	7230	217.2	89.5
1.3. Mariager Fjord	24	0	0.3	0.0	659	0	19.9	0.0
1.4. Nissum Fjord	796	273	11.0	3.5	590	824	13.9	8.6
1.5. Randers Fjord	543	7820	5.0	36.4	1458	8290	24.7	49.1
1.6. Djursland	39	254	0.4	1.4	859	1776	11.9	18.3
1.7. Århus Bugt	107	5015	1.4	32.3	130	7045	3.8	103.5
1.8. Ringkøbing Fjord	737	139	9.6	0.6	2579	91	36.6	0.5
1.9. Horsens Fjord	110	3498	2.4	39.0	198	9141	6.5	150.5
1.10. Vadehavet	964	1528	17.2	13.3	3363	723	63.3	9.3
1.11. Lillebælt-Jylland	187	7344	4.1	80.0	420	26039	10.5	347.3
1.12. Lillebælt-Fyn	19	791	0.6	12.4	188	10049	5.1	136.8
1.13. Odense Fjord	13	176	0.3	2.0	463	10613	13.0	136.8
1.14. Storebælt	31	2485	0.6	27.4	91	11030	2.9	176.1
1.15. Sydfynske	36	2513	1.0	35.1	101	13563	3.5	229.8
2.1. Kalundborg	135	11813	1.3	57.6	233	12295	5.2	135.4
2.2. Isefjord og Roskilde Fjord	144	12768	2.0	52.7	968	29276	28.2	352.5
2.3. Øresund	55	764	0.0	2.2	74	3133	1.4	21.8
2.4. Køge Bugt	10	6208	0.2	74.1	100	28192	2.8	443.2
2.5. Smålands-farvandet	222	40796	5.0	441.9	908	96155	28.3	1454.4
2.6. Østersøen	3	1980	0.1	31.8	564	45911	16.4	726.7
3.0. Bornholm	2	23	0.1	0.4	35	1281	1.2	23.2
4.0. Kruså	114	209	2.1	1.1	1617	314	21.5	1.8
Sum	6048	109249	95	968	28944	324138	617	4626

V3. Vådområdeprojekter udover Grøn Vækst

Potentiale

Potentialet udgøres af amternes udpegning af potentielle vådområder i forbindelse med VMPII, et samlet areal på ca. 126.000 ha. Herfra trækkes allerede etablerede vådområder (løbende opgjort af Institut for Bioscience) samt 10.000 ha vådområder udlagt i Vandplanerne (oversigt i Jacobsen, 2011, Appendiks 5).

Naturstyrelsen har oplyst følgende: "NST har ikke en officiel vurdering af størrelsen af det realistiske potentiale. BLST har i forbindelse med VMUII (Nordemann Jensen et al, 2009) skønnet det realistiske potentiale til 25.000 ha, når vådområderne placeres i V1 og V2 oplande, nedstrøms søer og et vist fradrag på grund af tekniske, miljømæssige og andre forhold. Og dette er sådan set ikke ændret siden hen. I forhold til det tempo, som der er blevet etableret vådområder siden vandmiljøplanernes start er det relativt ambitiøst at have en forventning om at kunne etablere op til 25.000 ha vådområder inden for få år fx inden 3. planperiode, idet alle de mest åbenlyse projekter allerede er etableret eller i proces.

I forbindelse med Grøn Vækst er der ved at blive etableret ca. 10.000 ha vådområder. Men regeringens og Enhedslisten's finanslovsaftale d. 20. november 2011 ligger der en beslutning om at supplere kvælstofreduktionsindsatsen i første planperiode med yderligere 191 tons gennem udlæg af supplerende storskala statslige vådområder (i alt ca. 1600 ha). Der er endnu ikke truffet beslutning om den præcise fordeling på oplandsniveau, er indsatsen når derfor ikke at blive indarbejdet oversigter over indsatser i første planperiode. De supplerende statslige vådområder vil ikke påvirke den igangværende kommunale vådområdeindsats."

DCE har ud fra dette valgt at fastholde et realistisk potentiale på 15.000 ha (skønnet på 25.000 ha i VMUII minus Grøn Vækst målet på 10.000 ha) fordelt i V1 og V2 områderne.

Effekt

Effekten sættes til $113 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ og kan jf. ovenstående højst udgøre 1.700 t N ($15.000 \text{ ha} \times 113 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) svarende til 17 % af det samlede indsatsbehov på 10.000 t N .

Beregning

De 15.000 ha fordeles i hovedvandoplandene nedstrøms nederste sø i forhold til amternes udpegning fratrukket allerede udlagte vådområder og fratrukket områder udlagt i Vandplanerne. Det forudsættes herefter, at kun halvdelen af det således resterende potentiale kan anvendes pga. lodsejermodstand, naturhensyn, infrastruktur osv. De 15.000 ha fordeles yderligere i forhold til indsatsbehovet i de enkelte V1 og V2 oplande forstået på den måde, at vådområder højst kan udgøre 17 % af indsatsbehovet for et bestemt vandopland, svarende til andelen på landsplan.

V4. Reduceret N-norm udover de nuværende 10 %

Potentiale

Til opgørelse af dette virkemiddel er der til hver markblok knyttet en dominerende jordtype (JB nr i A-horisonten) samt information om vandingsmuligheder baseret på oplysninger om markvandingsboringer i Jupiter-databasen. Med udgangspunkt i jordtypen, vandingsmuligheder og afgrøder i markblokkene er der herefter knyttet en N norm til hver enkelt afgrøde. Endvidere er der foretaget beregninger af udlægsarealet (se Børgesen et al, 2009b), og N normen (for 2009) er opgjort som normen til hovedafgrøden + normen til udlæg - forfrugtsværdien.

Materialet er delt op således at der er beregnet et areal og en N-kvote for henholdsvis det konventionelle og økologiske areal indenfor hver markblok. De økologiske brug medregnes ikke i virkemidlet, idet disse som regel allerede anvender en reduceret norm.

Kvælstofkvoterne på landsplan er vist i tabel V4.1. Den samlede norm på konventionelle bedrifter udgør 144 kg N pr. ha. Hvad angår normreguleringen så påvirker den kun arealet på ca. 2,5 mio. ha, idet brak og bælg-sæd ikke tildeles en N-norm.

Tabel V4.1. Beregnet kvælstofkvote på landsplan delt op på konventionelle og økologiske bedrifter.

	Areal 1000 ha	N-kvote 1000 tons N
Konventionel	2549,9	368,1
Økologisk	182,2	25,4
I alt	2732,1	393,5

Effekt

Der regnes i denne sammenhæng med en samlet N-normreduktion på 36.800 tons N, svarende til 10% af normen på konventionelle bedrifter.

Effekten af reduceret N-norm udover den nuværende generelle normreduktion på 10% beskrevet i Petersen & Sørensen (2004) og Schou et al. (2007). Reduceret norm har effekt på såvel udvaskning som udbytte. For kornafgrøder omkring et normalt N-gødskningsniveau ændres N-udvaskningen gennemsnitligt med 0,3 kg N pr. kg tilført N, eller 0,25 kg N pr. kg tilført N på lerjord og 0,35 kg N pr kg tilført N på sandjord, mens N-optagelsen i kerne plus halm ændres med 0,60 kg N pr. kg tilført N (Petersen & Sørensen, 2004). Da ændringen i N-udvaskningen ikke er lineær, vil effekten af reducerede N-normer på N-udvaskningen reducere, jo lavere gødskningsniveauet er, og det er således relevant at benytte en gennemsnitlig udvaskningsreduktion på 30% af tilførselsreduktionen

for de første 10% reduktion og 27% udvaskningsreduktion for en yderligere reduktion til 80% af økonomisk optimal tilførsel (Petersen & Sørensen, 2004). Derfor vurderes det, at en yderligere generel reduktion af N normer med 10% vil medføre, at marginaludvaskningen bliver 22% på lerjord og 32% på sandjord.

Tabel V4.2. Reduceret N-norm udover de nuværende 10% til 20%.

	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha pr. kg N/ha reduceret tilførsel af N i handelsgødning)	0,22	0,32

Mht. høstudbytter er det angivet at der i kornafgrøder forventes et kortsigtet udbyttefald på 1,5 hkg/ha (vårbyg) - 2,3 hkg/ha (vinterhvede) ved en yderligere 10% N-normreduktion, og at der ikke forventes noget langsigtet udbyttetab (Schou et al., 2007).

Det skal pointeres, at marginaludvaskningen udtrykker den gennemsnitlige ændring i udvaskningen ved en ændret N-tilførsel, og ikke den absolutte udvaskning, som afhænger af en række af faktorer, som f.eks. afgrøde, forfrugt, jordtype og klima. Den gennemsnitlige marginaludvaskning dækker også over en betydelig variation fra sted til sted og fra år til år.

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

V5. Skærpelse af udnyttelseskravet til dels udvalgte typer af husdyrgødning, dels en generel skærpelse

Potentiale

Til opgørelse af virkemidlet er anvendt indberetning af gødningstyper i gødningsregnskab for 2009. Gødningsregnskaberne er imidlertid ikke fuldt stringente, idet der for ca. 20 % af gødningen ikke er angivet en gødningstype. I de tilfælde hvor der ikke er angivet en gødningstype er følgende antaget: hvis bedriften er et kvægbrug antages at gødningstypen er kvæggylle, hvis bedriften er et svinebrug antages at gødningstypen er svinegylle, hvis bedriften er et andet husdyrbrug antages at gødningstypen er dybstrøelse og hvis der er tale om et brug uden dyr registreres gødningstypen som ukendt.

Fordelingen af gødningstyper på bedriften er herefter anvendt på den samlede husdyrgødningsmængde, som er fordelt ud på bedriftens markblokke. Herved er der fremstillet et datasæt hvor gødningen indenfor hver markblok er opdelt på gødningstyper. Fordelingen af husdyrgødningstyper på landsplan er vist i tabel V5.1. Effekten af en skærpelse for de særlige gødningstyper udgør samlet set ca. 3.100 tons N (tabel V5.1).

Tabel V5.1. Fordeling af gødningstyper på landsplan, 2009.

Gødningstyper	Udnyttelseskrav i dag (%-point)	Skærpet udnyttelseskrav (%-point)	Mængde (t N)	Effekt (t N i fortrængt handelsgødning)
Svinegylle			76.624	
Kvæggylle			71.148	
Minkgylle*	70	+ 5	5.023	251
Fjerkrægylle*	45/65/70	+10/(30)	30	3
Fast gødning*	65	-10	3.237	-324
Ajle*	65	+20	2.744	549
Dybstrøelse*	45	+5	45.667	2.283
Vædske-fraktion			687	
Afgassetbiomasse*		+5	7.176	359
Ukendt			8.024	
I alt			220.360	3.121

*Øget krav til udnyttelse af husdyrgødningen

V5 virkemidlet omhandler minkgylle, fjerkrægylle/gødning, ajle, fast gødning og dybstrøelse. Denne mængde udgør på landsplan 25% af den samlede gødningsmængde. Det antages derfor at den ukendte gødningstype bidrager med 25% til denne gruppe af gødning. I henhold til analyse foretaget i forbindelse med midtvejsevalueringen af VMPIII (Børgesen

et al, 2009b) kan udnyttelseskravet øges med 5% for minkgylle og dybstrøelse, med 10% for fjerkrægylle og med 20% for ajle. Udnyttelseskravet til fast gødning bør derimod reduceres med 10%. Mængden af husdyrgødning, der påvirkes af kravet om skærpelse af udnyttelseskravet er vist i tabel V5.1 for hele landet.

Udnyttelseskravet til fjerkrægødning er i praksis i dag meget lavere end det opnåelige. Det skyldes at der ikke anvendes en separat kategori for fast fjerkrægødning. Fast fjerkrægødning kategoriseres som regel som dybstrøelse, der i dag har et udnyttelseskrav på 45%, selvom fjerkrædybstrøelse adskiller sig klart fra andre typer gødning. En mindre del angives som fast gødning med et udnyttelseskrav på 65%. Petersen og Sørensen (2008) fandt, at der ved optimal anvendelse af fast fjerkrægødning og -gylle kan opnås en udnyttelse på 80%. Det lave udnyttelseskrav betyder formodentligt, at der ofte sker betydelige N tab ved anvendelse af fjerkrægødning, idet den ikke anvendes optimalt.

I "Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III" (Børgesen et al, 2009b) blev følgende anført:

"Fjerkrægødning omfatter 8.000 t N. Langt hovedparten er på fast form, medens kun 2,5% angives at være på flydende form som gylle. Begge former for fjerkrægødning har potentiale for en meget høj førstears virkning; men det er et problem for gødningen på fast form, at den høje udnyttelse kun kan opnås, hvis den nedbringes forud for vårsæd i foråret. Hvis den skal udbringes i vintersæd, skal den enten udbringes om efteråret, hvor der vil ske en meget stor udvaskning, eller på den etablerede afgrøde om foråret, hvor den vil give en meget stor ammoniakfordampning. Det er altså et spørgsmål, om man vil kræve en høj udnyttelse, der kun kan opnås i vårsæd, eller om man accepterer en lav udnyttelse, der er foreneligt med de mest udbredte sædskifter. Vælges krav om høj udnyttelse, øger det kravet med i gennemsnit 30%, og det vil reducere handelsgødningsforbruget med ca. 2.400 tons N."

Fjerkræproducenter har ofte brug for at afsætte gødningen. Det burde i den forbindelse være muligt at afsætte gødningen til modtagere med et sædskifte, hvor man er i stand til at opnå en høj N udnyttelse og lave tab. Dermed er det også rimeligt at sætte udnyttelseskravet til fjerkrægødning til 80%. Dette vil kræve, at der i gødningsregnskabsystemet oprettes en ny kategori: Fast (og flydende) fjerkrægødning. Denne del af virkemidlet kan derfor kun opgøres overslagsmæssigt på landsplan og ikke opdeles på oplandene.

Generel forøgelse af udnyttelseskravet (virkemiddel V5-2)

I notat fra Sørensen (2011) er det estimeret, at "effekten af en generel forøgelse af udnyttelseskravet med 5% point for al husdyrgødning kan beregnes ud fra den mængde handelsgødning, der fortrænges på landsbasis. Hvis der anvendes en generel udvaskningsfaktor for handelsgødning på 30%, betyder det en årlig reduktion i N-udvaskningen fra rodzonen på ca. $210.000 \text{ t N} * 5\% * 30\% = 3.150 \text{ t N}$." Det skal dog nævnes, at vi ikke mener det er muligt at opnå 80% udnyttelse af svinogylle og 75% udnyt-

telse af kvæggylle med den afgrødefordeling man har i dag, idet meget svinegylle skal ud på voksende korn og kvæggylle på græs. Det vil kun være muligt at opnå den høje udnyttelse ved anvendelse af f. eks. forsuring.

En generel forøgelse af udnyttelseskravet med 5% for de flydende gødningstyper er beregnet ud fra flg. gødningstyper: Svinegylle, kvæggylle, minkgylle, fjerkrægylle samt ajle. For minkgylle er der taget udgangspunkt i det nuværende udnyttelseskrav på 70 %, + 5% fra tabel V5.1 samt yderligere +5 %, dvs. i alt et udnyttelseskrav på 80 %. Effekten er herefter fordelt på oplandene.

Den samlede effekt på landsplan af V5-2 er en reduktion i udledningen på ca.900 ton N/år (se bilag 3)..

Effekt

Effekten af skærpet udnyttelseskrav vurderes at være 30 % af den reducerede mængde handelsgødning, som skærpelsen giver anledning til. Skal der differentieres mellem sand- og lerjord er effekten henholdsvis 35 og 25 % af den reducerede mængde handelsgødning (Sørensen 2010c).

Øges udnyttelseskravet f.eks. med 5% i de ca. 5000 tons minkgylle-N (tabel V5.1), vil det give anledning til et reduceret handelsgødningsforbrug på ca. 250 tons N, og dermed, som gennemsnit af jordtyper, en reduceret udvaskning på ca. 75 tons N. Omvendt vil en sænkning af kravet på 10% for fast gødning give anledning til et øget gødningsforbrug på ca. 325 tons N og dermed en øget udvaskning på knapt 100 tons N.

Tabel V5.2. Skærpelse af udnyttelseskravet til udvalgte typer af husdyrgødning.

	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha pr. pct. ændret udnyttelse)	0.25	0.35

Note: Hvis V5 kombineres med V4 (10% yderligere normreduktion) skal den udvaskningsreducerende effekt reduceres til 0,22 på lerjord og 0,32 på sandjord.

Beregning

Den samlede gødningsmængde, hvor udnyttelseskravet kan øges (minkgylle, fjerkrægylle, fast gødning, ajle og dybstrøelse) er opgjort i kg N for hver markblok. Effekten for hvert kg sparet handelsgødnings-N er hhv. 0,25 og 0,35 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (se note til Tabel V5.2). Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser. Samme fremgangsmåde er anvendt for den generelle skærpelse af udnyttelseskravet.

V6. Skærpelse af udnyttelseskravet efter afgangning

Potentiale

For V6 virkemidlet antages at henholdsvis 20% og 50% af gyllen bioforgasses. Gylle udgør 70% af den samlede gødningmængde på landsplan. Det antages derfor, at den ukendte gødningstype (se ovenfor under V5) bidrager med 70% til gyllefraktionen. Udbragt gylle og afgasset biomasse på landsplan er vist i tabel V6.1.

Tabel V6.1. Udbragt gylle og afgasset biomasse på landsplan i 2009, samt bidrag til yderligere bioforgasning hvis det antages at henholdsvis 20 og 50% af den producerede gylle bioforgasses.

Husdyrgødningmængde	tons N
Gylle udbragt, i alt	161.189
Afgasset biomasse udbragt	7.336
V6 20% bioforgasning af gylle	25.790
V6 50% bioforgasning af gylle	70.923

NB! Det er antaget at der menes 20 og 50% af den samlede gyllemængde, inklusiv de 6 % der allerede bioforgasses i dag. Det vil sige at yderligere 14 og 44% af den udbragte gylle i 2009 vil blive bioforgasset).

For nuværende er anvendt det herved beregnede fulde potentiale. Dette kan eventuelt begrænses indenfor hovedvandoplande, hvor husdyrtætheden er lille og potentialet for etablering af biogasanlæg dermed er lille. De to mængder af gødning svarer til hhv. 258.000 DE og 709.000 DE.

Effekt

Effekten i rodzonen angives til 2,1 kg N pr. DE baseret på et øget udnyttelseskrav på 9% point i Schou et al., 2007. Denne effekt er beregnet på baggrund af modelberegninger af langtidseffekter (50 år) af afgasset svinogylle, kombineret med effekten af øget udnyttelsesprocent. Effekten på 2,1 kg N pr. DE skyldes hovedsaglig et øget udnyttelseskrav. Det vurderes derfor at være dækkende at beregne effekten alene ud fra den reducerede mængde handelsgødning, som skærpelsen af udnyttelseskravet giver anledning til (jf. V5), og skal der differentieres mellem ler- og sandjord er effekten henholdsvis 25 og 35% af den reducerede mængde handelsgødning. Udnyttelseskravet til afgasset gødning er i dag afhængigt af, hvilke udgangsmaterialer der indgår i gødningen. Det er tilladt at tilsætte 25% tørstof med organisk affald, og ud fra typiske koncentrationer af kvælstof i tørstof af kvæg- og svinogylle og organisk affald kan det beregnes, at 11% af kvælstoffet forventes at komme fra organisk affald og at udnyttelseskravet til den afgassede gødning gennemsnitligt vil være 69%. Petersen og Sørensen 2008 vurderede at der kan opnås en kvælstofudnyttelse på 80% for afgasset gødning og det kan foreslås at sætte udnyttelseskravet til 80%, svarende til en forøgelse på 11%.

Ved bioforgasning af fast gødning og dybstrøelse er der et større potentiale for at øge kvælstofudnyttelsen. Der haves imidlertid ikke et godt fagligt grundlag for at vurdere denne effekt. Fast husdyrgødning vil ofte blive blandet med gylle i biogasanlæg, idet økonomien forbedres ved en sådan tilsætning.

Tabel V6.2. Skærpelse af udnyttelseskravet efter afgasning.

	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha pr. pct. ændret udnyttelse):	0.25	0.35

Note: Hvis V6 kombineres med V4 (10% yderligere normreduktion) skal den udvaskningsreducerende effekt reduceres til 0,22 på lerjord og 0,32 på sandjord.

Beregning

Den samlede gyllemængde er opgjort under de to forudsætninger (hhv. 20% og 50% af gyllen forgasses) for hver markblok. Bioforgasning bevirker, at N bundet i husdyrgødning bliver nemmere tilgængelig og medfører, at en mængde handelsgødning svarende til 11 % af den forgassede gødningsmængde kan spares. Effekten for hvert kg sparet handelsgødnings-N er hhv. 0,25 og 0,35 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (se note til Tabel V6.2). Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

V7. Mellemafgrøder

Potentiale

Mellemafgrøder er afgrøder der dyrkes mellem en hovedafgrøde og en vinterafgrøde. Mellemafgrøden må tidligst pløjes op den 20. september. Mellemafgrøder kan derfor kun komme på tale forud for vinterkorn. Vinterkornarealet er opgjort ud fra følgende afgrøde koder i GLR:

10	Vinterbyg
11	Vinterhvede
13	Vinterhvede, brød
14	Vinterrug
15	Hybridrug
16	Triticale
17	Andre kornarter, efterårssæet.

Vinterhelsæd og grønkorn medregnes ikke, idet der oftest vil være efterslæt efter disse afgrøder.

Vinterkornarealet udgør i 2009 962.130 ha. Det vil dog ikke være hele vinterkornarealet, der kan anvendes til mellemafgrøder, idet landmændene normalt tilsår en del af arealerne før 20. september. Data fra landovervågningen har vist at vinterkorn på Øerne sås før 20. september på ca. 50% af arealet, mens vinterkorn i Jylland sås før 20. september på ca. 75% af arealet. På grund af det ret begrænsede datamateriale i landovervågningen anbefaler vi imidlertid at anvende et gennemsnit for hele landet. Videncentret for Landbrug (Leif Knudsen, pers. komm.) vurderer, at der i praksis vil kunne etableres mellemafgrøder på et areal, der svarer til ca. 25 % af vinterkornarealet. I nærværende arbejde er potentialet for mellemafgrøder opgjort til 25% af vinterkornarealet.

Effekt

Mellemafgrøder defineres som en afgrøde, der dyrkes i perioden fra omkring høst til såning af vintersæd med henblik på at opsamle kvælstof i den pågældende periode. Mellemafgrøder kan således til en vis grad sammenlignes med efterafgrøder, men i modsætning til disse vil mellemafgrøder skulle nedpløjes tidligere, og vil ikke blive efterfulgt af vårsæd.

Den udvaskningsreducerende effekt bygger på resultater fra Thomsen et al. (2008), hvorfra det kan anslås, at effekten af mellemafgrøder er ca. det halve af efterafgrøders effekt (se V10).

Tabel V7.1. Mellemafgrøder.

	<0,8 DE/ha		>0,8 DE/ha	
	Ler	Sand	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha)	8	17	14	23

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

V8. Udtagning af højbundsjord

Potentiale

Ved udtagning af jord vil de økonomiske konsekvenser i et vist omfang være afhængige af behovet for harmoniareal. Derfor er der foretaget en opgørelse af ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen i markblokkene.

Det forudsættes i nærværende arbejde, at kun det ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen kan udtages.

Der er først foretaget en beregning af det gennemsnitlige harmonikrav for den enkelte bedrift efter følgende princip: Den forbrugte gødningsmængde i gødningsregnskaberne er delt op i 3 fraktioner, nemlig modtaget gødning, og gødning fra henholdsvis kvæg og andre dyr fra egen bedrift. Opdelingen er foretaget ud fra den antagelse at 100 kg N svarer til 1 DE. For kvæggødning på brug, som anvender undtagelsesbestemmelsen, er harmonikravet 230 kg N/ha og uden undtagelsesbestemmelsen 170 kg N/ha. For gødning fra andre dyretyper inkl. modtaget gødning er harmonikravet 140 kg N/ha. På denne baggrund er det gennemsnitlige harmonikrav for bedriften beregnet.

For markblokkene beregnes harmoniarealet på baggrund af de indberettede afgrøder. Herefter er det gennemsnitlige harmonikrav for bedriften anvendt på gødningsmængden, som er fordelt ud på bedriftens markblokke, hvorved det krævede harmoniareal pr. markblok kan beregnes. Forskellen mellem harmoniarealet og det krævede harmoniareal udgør det ledige harmoniareal. Det forekommer i nogle tilfælde, at det ledige harmoniareal er negativt, dvs. der er behov for anvendelse af harmoniareal fra tilstødende markblokke. Oversigt over ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen på landsplan er vist i tabel V8.1. I tabel V8.2 er ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen opgjort for de 23 hovedvandomplande.

Tabel V8.1. Oversigt over harmoniarealer på landsplan, 2009 data. Både høj- og lavbund.

	1000 ha
Totalt areal	2732,1
Harmoniareal	2574,6
Krævet harmoniareal	1466,5
Ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen	1108,0

Tabel V8.2. Oversigt over ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen på højbund fordelt på jordtyper. Ler defineret som jb >= 6.

Område	sand	ler	humus	
	ha	ha	ha % af dyrket areal	
1.1. Nordlige Kattegat	29280	1166	472	21
1.2. Limfjorden	88136	10083	2113	20
1.3. Mariager Fjord	10318	0	148	29
1.4. Nissum Fjord	20835	1096	450	23
1.5. Randers Fjord	51590	16110	808	36
1.6. Djursland	19191	2029	355	39
1.7. Århus Bugt	9972	12061	198	52
1.8. Ringkøbing Fjord	47232	230	844	23
1.9. Horsens Fjord	6706	12639	206	37
1.10. Vadehavet	59679	2251	1218	21
1.11. Lillebælt-Jylland	20402	33383	406	36
1.12. Lillebælt-Fyn	13473	10841	51	37
1.13. Odense Fjord	20329	10790	51	42
1.14. Storebælt	5500	13515	46	53
1.15. Sydfynske	8814	16076	132	50
2.1. Kalundborg	7113	24108	410	54
2.2. Isefjord og Roskilde Fjord	25101	42044	283	62
2.3. Øresund	9000	3897	70	63
2.4. Køge Bugt	1767	34400	98	75
2.5. Smålands-farvandet	16272	136951	707	67
2.6. Østersøen	3197	47891	128	67
3.0. Bornholm	11466	1304	0	38
4.0. Kruså	15121	524	408	20
Sum	500497	433388	9603	

Højbundsarealet findes ved pr. markblok at fratække lavbundsarealet (lavbundskort 1:25.000, baseret på okkerkortlægningen 1981-84) fra det samlede areal. Da placeringen af ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen indenfor blokken ikke er kendt, findes areal-potentialet ved pr. blok at gange højbunds-andel med ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen. Beregningen er udført for højbundsarealet på alle jordtyper.

Miljøstyrelsen har foreslået, "at det ledige harmoniareal i potentialeberegningerne fordeles således, at det ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen anvendes til energiafgrøder på lerjord (JB 6 og derover), mens potentialet på sandjord anvendes til udtagning. Den nuværende beregningsmodel kan bibeholdes. Dette vil afspejle en sandsynlig fordeling, da det økonomiske tab ved at udtage højbundsjord generelt set er langt større på lerjord end på sandjord. De produktive lerjordsarealer vil i langt større omfang end sandjord blive forsøgt udnyttet til fortsat produktion. Energiafgrøder har også et betydeligt større udbytte på lerjord end på sandjord og økonomien er derfor også betydelig bedre på lerjord end på sandjord med de nuværende rammebetingelser."

Der er taget udgangspunkt i denne definition i de videre potentialeberegninger også for V2, yderligere energiafgrøder.

Effekt

Fra Sørensen et al. (2010a): Nitratudvaskning fra udtaget landbrugsjord med vedvarende plantedække forventes at ligge mellem 10 og 20 kg N pr. ha årligt. Størrelsen forventes at afhænge noget af tiden siden landbrugsudnyttelsens ophør. Der er fundet en hurtig nedgang i udvaskning efter udtagning, men det er usikkert, hvorvidt der sker en senere stigning i udvaskningen. Få år efter udtagning kan udvaskningen være så lav som 1-9 kg pr. ha. Der haves ikke noget godt grundlag til at skelne mellem effekten på sandjord og lerjord, og fra arealer med flerårig brak kan regnes med en gennemsnitlig årlig udvaskning på 10 kg N pr. ha (Waagepetersen, 1992).

Modelberegninger for et sædskifte med vårbyg, vinterbyg, vinterraps og vinterhvede giver en gennemsnitlig udvaskning på 44 kg N pr. ha på lerjord og 71 kg N pr. ha på sandjord. Dette gælder som gennemsnit af vådt og tørt klima. Udtagning i et sådant sædskifte vil således gennemsnitligt reducere udvaskningen med 34 kg N pr. ha på lerjord og 61 kg N pr. ha på sandjord og, usikkerheder taget i betragtning, skelnes ikke mellem lav og høj dyretæthed.

Tabel V8.3.Udtagning af højbundsjord.

	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha):	34	61

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

Bemærk dog, at tabellerne i bilag 2 for dette virkemiddel omfatter det samlede potentiale på højbund (dvs. både ler-, sand- og humusjord) og den samlede effekt. Der er således ikke gennemført delberegninger kun for sandjord.

V9. Etablering af skov

Potentiale

Områder, hvor skovrejsning er ønskelig, er defineret og kortlagt tidligere i regionplanerne af de tidligere amter (Amternes regionplaner 2005). Det samlede areal med positiv skovrejsning var i regionplanerne ca. 128.000 ha.

Arealerne til skovrejsning er senest opdateret i amternes regionplaner i 2005. Naturstyrelsen har oplyst, at der over de seneste ca. 20 år i gennemsnit er rejst ca. 1600 ha skov/år. Det antages derfor, at der i perioden 2005-10 er rejst knap 10.000 ha skov, som skal fratrækkes det nationale potentiale i 2005.

Det forudsættes i nærværende arbejde, at kun ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen kan udtages. Opgørelse af ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen er beskrevet under V8. Da placeringen af ikke-nødvendig areal i forhold til husdyrproduktionen indenfor blokken ikke er kendt, findes areal-potentialet ved pr. blok at gange skovrejsnings-andel med andelen af ikke-nødvendige areal i forhold til husdyrproduktionen.

Effekt

Fra Sørensen et al. (2010b): Den gennemsnitlige udvaskning for en om-drift af skov (ca. 20 år) er vurderet til 12 kg N pr. ha. Til sammenligning viser modelberegninger for et sædskifte med vårbyg, vinterbyg, vinter-raps og vinterhvede en gennemsnitlig udvaskning på 44 kg N pr. ha på lerjord og 71 kg N pr. ha på sandjord (Børgesen, 2007). Dette gælder som gennemsnit af vådt og tørt klima. Skovrejsning vil i forhold til et sådant sædskifte gennemsnitligt reducere udvaskningen med 32 kg N pr. ha på lerjord og 59 kg N pr. ha på sandjord og, usikkerheder taget i betragtning, skelnes ikke mellem lav og høj dyretæthed.

Tablel V9.1. Etablering af skov.

	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha):	32	59

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser. De 10.000 ha rejst skov siden 2005 er fratrukket 2005 potentialet forholds-mæssigt i forhold til skovrejsningsarealet indenfor det enkelte opland.

V10. Yderligere efterafgrøder udover Grøn Vækst

Potentiale

Muligheden for etablering af yderligere efterafgrøder er beregnet ud fra vårafgrødearealet, bestående af vårkorn, vårhelsæd, vårraps, bælg­sæd og majs samt 20% af kartoffelarealet. På dette areal er der forlods beslag­lagt det areal, der skal anvendes til udlæg. Med erfaring fra Landover­vågningen omlægges fodergræs i gennemsnit hvert 3. år, hvorfor behøvet for udlæg til fodergræs er opgjort som 1/3 af græsarealet. Det antages endvidere at der altid er efterslæt / udlæg efter helsæd. Hvis hel­sådsarealet således er større end det beregnede udlægsareal på bedrif­terne, så øges udlægsarealet til at være lig med helsædsarealet. Herefter er det beregnet hvor meget areal der er tilbage til efterafgrøder. Dette areal er negativt i nogle tilfælde, og i disse tilfælde sættes det ledige areal til 0.

Der vil også være behov for udlæg til frøgræs. Men samtidig vil frøgræs, der får lov til at ligge vinteren over, og som derefter omlægges til en vårafgrøde, indgå som et potentiale for efterafgrøder. Det samme vil indirekte gælde, hvis frøgræsset efterfølges af vinterkorn, idet denne vinterkorn så ikke optager plads indenfor efterafgrødegrundarealet. Herved bliver der plads til en efterafgrøde, hvor vinterkornet ellers ville have optaget en plads om efteråret. De to forhold – behov for udlæg ved om­lægning af frøgræs og frøgræssets potentiale for efterafgrøder udligner hinanden, hvorfor frøgræs holdes ude af beregningen.

Arealet til rådighed for yderligere efterafgrøder (=efterafgrødepoten­tialet) er beregnet som arealet med vårafgrøder minus kravet til lovplig­tige efterafgrøder og efterafgrøder aftalt i husdyrgodkendelser (se under virkemiddel V1) og minus det beregnede behov for areal med udlæg. Også her er det resterende areal i nogle tilfælde negativt. Det er muligt at arealet med udlæg er overestimeret, dvs. at græsarealerne får lov til at ligge i mere end 3 år mellem ompløjning, som antaget ved opgørelse af udlæg. På disse bedrifter er udlægsarealet justeret ned, således at der er plads til de lovpligtige efterafgrøder, dog er udlægsarealet højst justeret ned til det halve (det vil sige at der er 6 år mellem ompløjning af græs­marker). Hvis det ledige areal stadig er negativt antages at der ikke er plads til fuldt efterafgrødeareal på grund af vintergrønne marker. Der er nu to muligheder, nemlig at bedriften ændrer sædskifte, således at der er plads til fuldt efterafgrødeareal eller anvender alternativer til efterafgrøder, f.eks. reducereret N norm, udlægning af mellemafgrøder, etablering af flerårige energiafgrøder mm. Der er imidlertid også mulighed for at disse bedrifter kan udlægge efterafgrøder på anden bedrift. I så fald vil det samlede potentiale for yderligere efterafgrøder i deloplandene blive reduceret. I dette arbejde tages der alene udgangspunkt i at den enkelte bedrift opfylder kravene til lovpligtige efterafgrøder inden for egen be­drift, og dermed ikke lægger beslag på potentialet på andre bedrifter.

I tabel V10.1 er potentialet for yderligere efterafgrøder udover Grøn Vækst, udover lovpligtige og udover aftaler i forbindelse med husdyrgodkendelser vist fordelt på vandoplande – dels potentiale for hele oplandet og dels for den delmængde af oplandet, som ligger nedstrøms nederste sø. For oplande med et indsatsbehov fremgår det af tabellen, at der med de anvendte definitioner er

- et potentiale nedstrøms nederste sø på i alt 81000 ha,
- heraf ligger ca. 36% i oplandet til Ringkøbing Fjord
- i flere oplande ikke mere potentiale tilbage.

Tabel V10.1. Potentiale for yderligere efterafgrøder udover lovpligtige, Grøn Vækst og efterafgrøder aftalt i forbindelse med husdyrgodkendelser, angivet i ha for hele oplandet og for oplandet nedstrøms nederste sø.

Område	Nedstrøms med		Hele oplandet <i>ha</i>
	red.behov <i>Ha</i>	Nedstrøms <i>ha</i>	
1.1. Nordlige Kattegat	*	13546	13883
1.2. Limfjorden	6273	6273	20577
1.3. Mariager Fjord	96	96	662
1.4. Nissum Fjord	6721	6721	21753
1.5. Randers Fjord	0	0	8275
1.6. Djursland	*	5369	5802
1.7. Århus Bugt	0	0	1312
1.8. Ringkøbing Fjord	29634	29634	39067
1.9. Horsens Fjord	36	36	2078
1.10. Vadehavet	*	51010	71841
1.11. Lillebælt-Jylland	0	0	1188
1.12. Lillebælt-Fyn	3287	3287	3824
1.13. Odense Fjord	1915	1915	2372
1.14. Storebælt	1536	1536	2641
1.15. Sydfynske	1580	1580	2750
2.1. Kalundborg	3576	3576	6520
2.2. Isefjord og Roskilde Fjord	1869	1869	4919
2.3. Øresund	*	1402	1806
2.4. Køge Bugt	*	5003	6182
2.5. Smålands-farvandet	15043	15043	26086
2.6. Østersøen	9829	9829	10370
3.0. Bornholm	*	2692	2808
4.0. Kruså	*	17971	18647
Sum	81394	178387	275364

* Ingen indsatsbehov i første vandplanperiode.

Yderligere efterafgrøder udover Grøn Vækst doseres kun i nærværende arbejde nedstrøms nederste sø. I Vandplanerne er allerede udlagt ca. 140.000 ha efterafgrøder på dette areal (opgjort pr. hovedvandopland i Jacobsen, 2011, Appendiks 4). Det resterende potentiale pr. hovedvandopland (nedstrøms nederste sø) opgøres ved at fratække efterafgrøder

udlagt i Vandplanerne fra arealet til rådighed for yderligere efterafgrøder. Desuden er der kun medregnet et potentiale for dette virkemiddel i oplande, hvor der er et reduktionsbehov. Rest-potentialet fordeles på markblokke indenfor det enkelte hovedvandområde (nedstrøms nederste sø) relativt til markblokkenes oprindelige areal til rådighed for yderligere efterafgrøder.

Effekt

Effekt af efterafgrøder er opsummeret af Waagepetersen (2009) og Sørensen et al. (2010d): Baseret på resultater fra markforsøg gennemført i løbet af 70'erne til 90'erne (Hansen & Djurhuus, 1997; Hansen et al., 2000a, 2000b; Thomsen, 1995, 2005; Thomsen & Christensen, 1999) er den gennemsnitlige reduktion i udvaskningen anslået til 25 kg N pr. ha ved dyrkning af veletablerede ikke-kvælstoffikserende efterafgrøder efter almindelige landbrugsafgrøder med afstemt brug af handels- eller husdyrgødning. For at opnå dette resultat kræves en god driftsledelse med rigtigt valg af efterafgrøde samt rettidig såning og ensartet etablering af efterafgrøden. I VMPIII arbejdet (Scenariegruppen, 2003; Jørgensen et al., 2003) er det endvidere skønnet, at udvaskningsreduktionen er 12 kg N/ha større, når efterafgrøder etableres på brug med over 0,8 DE/ha. I "Afrapportering fra projektgruppen om udredning af mulighederne for justering af afgrødenormsystemet med henblik på optimering af gødnings- og miljøeffekt" (FVM og MIM 2007) er efterafgrøders gennemsnitlige effekt på brug under 0,8 DE/ha (med en udvaskningsreduktion på 25 kg N/ha, jf. ovenfor) differentieret til 34 kg N/ha på sand- og 16 kg N/ha på lerjord. Med et tillæg i den udvaskningsreducerende effekt på 12 kg N/ha ved brug over 0,8 DE/ha, som nævnt ovenfor, fremkommer følgende matrix for efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt:

	Under 0,8 DE pr. ha		Over 0,8 DE pr. ha	
	Lerjord	Sandjord	Lerjord	Sandjord
Udvaskningsreduktion, kg N/ha	16	34	28	46

Fastsættelsen af efterafgrødernes udvaskningsreducerende effekt bygger på et begrænset antal forsøg gennemført i løbet af 70'erne til 90'erne med undersøet rajgræs som efterafgrøde på hovedsagelig sandjord. På det tidspunkt var de produktionsmæssige forhold anderledes end i dag, bl.a. med højere gødningsniveauer. Den lavere gødningstilførsel i dag betyder, at potentialet for efterafgrøder mht. kvælstofoptagelse og udvaskning er ændret. Desuden dyrkes der i dag en række andre efterafgrøder end rajgræs. Den anførte udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder er derfor behæftet med stor usikkerhed. Det skal også det nævnes, at de 16 kg N/ha udvaskningsreduktion for lerjord (<0,8 DE) stammer fra et enkelt forsøg på en JB 6 (Ødum) i milde vintre (Hansen & Djurhuus, 1997). Datagrundlaget for de lettere lerjorde er således meget begrænset, mens tungere lerjorde slet ikke er repræsenteret i forsøgene.

I arbejdet med vandplanerne er det, så vidt vides, forudsat, at efterafgrødernes gødningsmæssige eftervirkning indregnes i gødningsplanlægningen. Kvælstof der opsamles i efterafgrøder frigives gradvist igen i

de efterfølgende år, og eftervirkningen er et udtryk for, hvor meget handelsgødning dette frigivne kvælstof kan erstatte, eller med andre ord, hvor meget handelsgødnings-N kvoten skal reduceres, for at det svarer til den mængde N, der bliver frigivet fra de nedpløjede efterafgrøder. Efterafgrøders gødningsmæssige eftervirkning er estimeret ud fra modelberegninger med FASSET (Berntsen et al., 2005), og på baggrund heraf indstillede Normudvalget på et møde d. 23/5 2005, at der skal regnes med en eftervirkning på 17 kg N/ha på brug med under 0,8 DE/ha og 25 kg N/ha for efterafgrøder på brug med over 0,8 DE/ha (Waagepetersen, 2009). Der tages her ikke hensyn til jordtype.

De ovenfor angivne værdier for efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt er beregnet med bar jord, pga. ukrudtssprøjtning, som reference. Efter indførelse af det generelle virkemiddel "Ingen jordbearbejdning efterår" er referencen imidlertid ikke længere bar jord, og effekten af ingen jordbearbejdning efterår skal i princippet fratrækkes efterafgrødeeffekten, som beskrevet i "Noget for noget" arbejdet (Anonym, 2008). Effekten af såvel efterafgrøder som ingen jordbearbejdning om efteråret er imidlertid behæftet med stor usikkerhed. Da det desuden forventes, at tiltaget vedr. ingen jordbearbejdning om efteråret kun får indflydelse på 100.000 ha (Miljøministeriet, 2010) ud af et potentielt areal på knap 600.000 ha (Anonym, 2008), så vurderer vi, at der på dette grundlag ikke er basis for at justere effekten i forhold til ingen jordbearbejdning om efteråret.

Tabel V10.2. Yderligere efterafgrøder ud over Grøn Vækst.

	<0,8 DE/ha		>0,8 DE/ha	
	Ler	Sand	Ler	Sand
Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha):	16	34	28	46

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland for arealet nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

V11. Permanent udtagning af lavbundsarealer uden sløjfning af dræn

Potentiale

Lavbundsarealet er kortlagt (lavbundskort 1:25.000, baseret på okkerkortlægningen 1981-84).

Det forudsættes i nærværende arbejde, at kun arealer, der ikke indgår i opfyldelse af et harmonikrav, kan udtages. Opgørelse af ledigt harmoniareal er beskrevet under V8. Da placeringen af fri-harmoniareal indenfor blokken ikke er kendt, findes areal-potentialet ved pr. blok at gange lavbundsandel med fri-harmoni-andel.

Effekt

Som nævnt ovenfor i V2 (Yderligere energiafgrøder), er forholdene på lavbundsjord langt mere variable end på højbundsjord, som følge af forskelle i dræningsgrad, mineraliseringspotentiale og hydrologiske forhold. Udtagning af lavbundsjarde, hvor der som følge af høj denitrifikation i forvejen er lav udvaskning, vil ikke reducere udvaskningen væsentligt. Hvis dræn bibeholdes, vil der dog sandsynligvis være en lavere denitrifikation under de mere "tørre" forhold, hvorved der kan opnås større reduktion ved udtagning af sådanne arealer. Effekten af udtagning afhænger endvidere af, hvad der dyrkes på arealerne inden udtagning. Der vil maksimalt kunne opnås en effekt svarende til effekten af at udtage højbundsjord, jf. V8, hvorved effekten kan variere fra 0 til ca. 60 kg N/ha. Som tilfældet er med energiafgrøder på lavbundsjord (se V2) bør dette interval i effekten afspejles ved beregning af den samlede effekt på landsplan, og et retvisende estimat opnås ikke ved kun at foretage beregningerne med en gennemsnitseffekt på 30 kg N/ha.

Tablet V11.1. Permanent udtagning af lavbundsarealer uden sløjfning af dræn

Udvaskningsreducerende effekt (kg N/ha):	0 - 60
--	--------

Beregning

Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

V12. Afbrænding af husdyrgødning

Potentiale

Det er antaget, at hhv. 20% og 50% af gyllen bioforgasses (V6). Fiberfraktionen fra denne mængde gylle antages derefter afbrændt. For nuværende er anvendt det herved beregnede fulde potentiale. Dette kan eventuelt begrænses indenfor hovedvandoplande, hvor husdyrtætheden er lille og potentialet for etablering af biogasanlæg dermed er lille.

Effekt

Afbrænding af husdyrgødning giver muligheder for at reducere fosforoverskuddet i husdyrintensive områder, overholde harmonikravene, samt at implementere tiltag, hvor harmoniarealet reduceres (fx udtagning af højbundsjord og skovrejsning). Det er alene fast husdyrgødning, herunder den faste fraktion efter separering af gylle, der kan komme på tale til afbrænding.

Afbrænding af fiberfraktion fra bioforgasset svinegylle er beregnet til at reducere udvaskningen fra rodzonen med 1,9 kg N/DE (1,4 - 2,9) set over en 50 årig horisont (Schou et al. 2007). Set over en 10-årig horisont reduceres udvaskningen fra rodzonen med ca. det halve svarende til 1 kg N/DE i svinegylle. For kvæggylle kan forventes en lidt højere effekt (Peter Sørensen, pers. meddel.). Udvasningsreduktionen ved afbrænding af fast staldgødning er estimeret til 7 kg N/DE og reduktionen ved afbrænding af dybstrøelse er 13 kg N/DE over 10-årig horisont, baseret på simple beregninger, hvor det er antaget, at 30% udvaskes fra handelsgødning/mineralsk N og 26% fra organisk N, samt med de nuværende udnyttelseskrav på hhv. 65% og 45%. Udvasningsreduktionen over 50-årig horisont ved afbrænding af fast staldgødning er estimeret til 18 kg N/DE og reduktionen ved afbrænding af dybstrøelse er 24 kg N/DE.

Tabel V12.1. Afbrænding af husdyrgødning.

Udvasningsreducerende effekt (kg N/DE, 10-årig horisont):

- Fiberfraktion af afgasset gylle	1
- Fast staldgødning	7
- Dybstrøelse	13

I 2007 blev ca. 3% af alt gylle separeret og kun 3% af den faste fraktion blev brændt, hvilket mængdemæssigt er relativt begrænset (Landscentret og KU, 2007).

Der er ikke taget stilling til hvor meget gødning der kan/skal afbrændes, men det vurderes dog ikke at afbrænding i større stil pt. er realistisk og hensigtsmæssigt. For at opnå kontrol med emissioner fra forbrændingen kræves der større anlæg, og anlæg der er velegnede til forbrænding af husdyrgødning er endnu ikke fuldt udviklede.

Beregning

Gyllemængderne, der antages afbrændt, er omregnet til dyreenheder under antagelsen $100 \text{ kg N} = 1 \text{ DE}$. Potentiale og effekt ganges sammen pr. markblok. Den samlede effekt opgøres pr. hovedvandopland opdelt i arealer hhv. opstrøms og nedstrøms nederste sø og yderligere opdelt på N-retentionsklasser.

Referencer

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.

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.

Børgesen, C.D., Kristensen, I. og Grant, R. 2009a. Landbrugsregisterdata anvendt i regionale og landsdækkende beregninger af N og P tab s. 77-95. I. Midtvejsevaluering af vandplan III. DJF rapport Markbrug, 142.

Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B. & Elmholt, S. (2009b) Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III - hoved og baggrundsnotater. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser. DJF rapport Markbrug 142. 233 s.

DJF (2009) Kommentarer vedr. landbrugets høringssvar på gødskningsloven. Svar til Plantedirektoratet af 22. september og 13. oktober 2009.

DJF-svar 11-09-2009: Vedrørende eftervirkning af mellemafgrøder.

DJF-svar 29-09-2010: Vedrørende tidspunkt for nedvisning og/eller nedmuldning af efterafgrøder.

DJF-svar 23-12-2010: Vedrørende omregningsfaktor mellem energiafgrøder og efterafgrøder.

DMU 2010: Status for husdyrgodkendelser for perioden 2007 til juni 2010. Notat til husdyrreguleringsudvalget

Grant, R. et al: Landovervågningsoplande 2010. Faglig rapport fra DCE nr XX, november 2011.

Hansen, E.M. & Djurhuus, J. (1997). Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil Tillage Research 41, 2003-219.

Hansen E.M., Kristensen, K. & Djurhuus, J. (2000a). Yield parameters as affected by introduction or discontinuation of catch crop use. Agron.J. 92. 909-914.

Hansen E.M., Kyllingsbæk A., Thomsen I.K., Djurhuus J., Thorup-Kristensen K. & Jørgensen U. (2000b) Efterafgrøder. DJF-rapport 37, Markbrug, 49 p.

Jacobsen, B.H. 2011. Analyse af landbrugets omkostninger ved implementering af høringsforslag til vandplaner. 3. udkast (dateret 5. september 2011). Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Jørgensen U., Hansen J. F. & Kristensen I.T. (2003) Analyse af VMP III Scenarie for Odense Fjord. www.vmp3.dk

Landscenteret og KU, 2007 "Status over anvendelse af gylleseparation i Danmark".

http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Husdyrgoedning/Separering/Sider/Status_over_anvendelse_af_gylleseparerin.aspx

Miljøministeriet (2010) Virkemiddelkatalog til brug for vandplanindsatsprogrammer. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, 45 p. www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/

Nordemann Jensen, P. et al 2009: Notat vedr. omkostninger til implementering af Vandrammedirektivet. Notat til Virkemiddeludvalget II.

Petersen, J. & Sørensen, P. (2004) Gødningsnormer, krav til udnyttelse af N i husdyrgødning og harmonikrav. I: Jørgensen, U. (red.). Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. Faglig udredning i forbindelse med forberedelsen af Vandmiljøplan III. DJF rapport - Markbrug 103, 203-216.

Petersen, J. & Sørensen, P. (2008.) Gødningsvirkning af kvælstof i husdyrgødning - Grundlag for fastlæggelse af substitutionskrav. DJF Rapport Markbrug nr. 138. 111 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. (2007) Virkemidler til realisering af målene i EUs Vandrammedirektiv. Udredning for udvalg nedsat af Finansministeriet og Miljøministeriet: Langsigtet indsats for bedre vandmiljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Faglig rapport fra DMU nr. 625. 132 s. <http://www.dmu.dk/Pub/FR625.pdf>

Sørensen, P (2011): Notat om konsekvenser ved hævnning af udnyttelsesprocenten på 5 og 10 % i husdyrgødningen. Notat fra Institut for Agroøkonomi, Aarhus Universitet, august 2011.

Sørensen, P., Waagepetersen, J. & Hasler, B. (2010a) Udtagning af landbrugsjord på højbund. Faktablade B1: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet & Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Sørensen, P., Waagepetersen, J. & Hasler, B. (2010b) Skovrejsning på landbrugsjord. Faktablad B2: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet & Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Sørensen, P., Waagepetersen, J. & Hasler, B. (2010c) Reduceret kvælstof norm. Faktablad A2: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet & Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Sørensen, P., Hansen, E.M., Waagepetersen, J. & Hasler, B. (2010d) Efterafgrøder ud over lovkrav. Faktablad A1: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet & Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Sørensen, P., Waagepetersen, J. & Jørgensen, U. & Hasler, B. (2010e) Dyrkning af flerårige energiafgrøder. Faktablad B3: Virkemidler til reduktion af N-udvaskningsrisiko, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet & Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Thomsen, I.K. (1995). Catch crop and animal slurry in spring barley grown with straw incorporation. *Acta Agric. Scand. Sect. B45*, 166-170.

Thomsen, I.K. & Christensen, B.T. (1999). Nitrogen conserving potential of successive ryegrass catch crops in continuous spring barley. *Soil Use Management* 15: 1995-2000.

Thomsen, I. (2005) Nitrate leaching under spring barley is influenced by the presence of a ryegrass catch crop: Results from a lysimeter experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111: 21-29.

Thomsen, I.K., Petersen, B.M., Jacobsen, B., Kudsk, P. & Hansen, E.M. (2008) Dyrkning og effektivitet af mellemafgrøder – foreløbige resultater. Udredning til Fødevareministeriet 29. april 2008. Intern rapport, DJF Markbrug nr. 17.

Vand og Jord, 2, 2009. Tema: N- og P-risikokortlægning

Waagepetersen, J. (1992). Braklægningens betydning for N-udvaskning fra landbrugsarealer. Statens Planteavlsforsøg, Beretning nr. S2224, 37-44.