



Beregning af effekter på nitratudvaskning

Baggrundsnotat til +10 mio. tons planen

Jørgensen, Uffe

Published in:
+10 mio. tons planen

Publication date:
2012

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jørgensen, U. (2012). Beregning af effekter på nitratudvaskning: Baggrundsnotat til +10 mio. tons planen. I +10 mio. tons planen Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

BAGGRUNDSNOTAT:

Beregning af effekter på nitratudvasking

Uffe Jørgensen

Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

2012



+ 10 MIO. TONS PLANEN

muligheder for en øget dansk produktion
af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier



Forudsætninger

Effekten på nitratudvaskning af yderligere biomasseproduktion og/eller -udnyttelse i de tre scenarier i 2020 beregnes. Der er alene indregnet ændringer i nitratudvaskning, som direkte er knyttet til biomasseudnyttelsen. Det vil sige, at andre strukturelle ændringer, som forventes frem mod 2020 ikke er indregnet. Fx forventes det som følge af Grøn Vækst aftalen og løbende husdyrgødningssprocedurer, at arealet med efterafgrøder øges betragteligt frem mod 2020. I nærværende beregning er ikke indregnet den grundlæggende reduktion i nitratudvaskningen, der vil opnås med denne udvikling, men alene de ekstra effekter som høst af efterafgrøden til biomasseudnyttelse forventes at have.

Det antages, at det organiske stof i den anvendte biomasse udnyttes 100 % i bioraffinaderierne, og at alene næringsstofferne recirkuleres til afgrøderne, hvor de udnyttes ligeså effektivt som handelsgødning. Hvis noget af det organiske stof returneres (fx returneres i dag ca. 50 % af det organiske stof i gylle efter udnyttelse i biogasanlæggene) vil det have betydning for den beregnede udvaskningsreduktion (den vil oftest blive mindre).

Den beregnede effekt af et tiltag på nitratudvaskning afhænger af, hvor lang en tidshorisont der beregnes over. Det skyldes, at tiltagene oftest påvirker jordens organiske stofpulje, hvilket påvirker mineralisering af kvælstof og dermed tabsprocesserne i en lang fremtid. Beregningerne her er gjort for ændringen i nitratudvaskning over en forholdsvis kort tidshorisont på 5-15 år.

De enkelte tiltag

Husdyrgødning

Husdyrgødning har tidligere været en stor kilde til nitratudvaskning fra landbruget, men gennemførelsen af vandmiljøplaner har reduceret gylleudbringningens bidrag (dybstrøelse og afsætning på græs ikke indregnet) til nitratudvaskningen til ca. 7 % af den samlede udvaskning (Schou et al., 2007). Dette bidrag kan dog yderligere reduceres ved at udnytte det organiske stof i gyllen til energi, hvorved det organisk bundne kvælstof mineraliseres eller omdannes til frit kvælstof, således at udnyttelsen af kvælstof i den resterende gyllefraktion kan blive ligeså effektiv som udnyttelsen af handelsgødning.

I Schou et al. (2007) er gennemført detaljerede modelanalyser af, hvad bioforgasning og afbrænding af gyllefibre vil betyde for nitratudvaskningen. Effekten vil afhænge af hvor effektive de teknikker, der tages i brug, vil være til at omsætte det organiske stof. Desuden vil reduktionen af nitratudvaskningen være større på sandet jord med stort nedbørsoverskud end på lerjord med lille nedbørsoverskud. Endelig opnås større reduktion i nitratudvaskningen ved omsætning af kvæggylle end ved svinegylle.

For faste gødningstyper er anvendt forventede udvaskningsreduktioner beregnet af Andersen et al. (2011), mens værdierne for gylle er baseret på Schou et al. (2007) - de anvendte værdier fremgår af Tabel 1. I scenarierne antages det, at 75 % af husdyrgødning afsat på stald udnyttes til bioraffinering, mens resten udnyttes som gødning som hidtil.

I miljøscenariet forudsættes, at 10 % af de 75 % af husdyrgødningen, der udnyttes, alene omsættes i biogasanlæg. Heri omsættes ca. halvdelen af det organiske stof, hvorefter resten returneres som gødning (af hensyn til jordens kvalitet i områder med kritisk lavt kulstofindhold). Når det antages, at 50 % af gylletørstoffet udnyttes i biogasprocessen, betyder det at 5 % af det udnyttede husdyrgødningstørstof returneres til jorden i miljøscenariet. Det er dog de mere tungt omsættelige kulstofforbindelser, der returneres efter biogaforgasning, og det antages derfor, at udvaskningsreduktionen reduceres lidt mindre end svarende til de 5 % gødningstørstof, der returneres (4,3 %). Denne beregning er baseret på værdier fra Schou et al. (2007).

Tabel 1. Anvendte udvaskningsreduktioner ved udnyttelse af al organisk stof i forskellige gødningstyper.

Gødningstype	Udvaskningsreduktion (kg N/dyreenhed)
Kvæggylle	3,2
Svinegylle	2,1
Fast gødning	7,0
Dybstrøelse	13,0

Ændrede afgrøder

En afgørende faktor for næringsstoffetab ved dyrkning af biomasse er, hvilken afgrødetype der er tale om. Den store skillelinje går mellem enårige og flerårige afgrøder. De flerårige afgrøder (fx alm. græs eller pil) har et permanent og ofte dybt rodnet, og der er således altid rødder tilstede til at optage det kvælstof, der mineraliseres. Målinger ved AU har vist meget lav nitratudvaskning fra pil og elefantgræs selv på grovsandet jord og ved gødskning til optimalt niveau (Jørgensen, 2005). Disse lave niveauer svarer omtrent til udvaskningen fra almindeligt slætgræs eller frøgræs i landbruget.

For at beregne udvaskningen fra de afgrødeomlægninger, der indgår i biomassescenarierne, er benyttet den empiriske udvaskningsmodel N-LES₄ (Kristensen et al., 2008). Udvasning fra kornrige sædskifter med roer og raps samt fra vedvarende slætgræs er beregnet for henholdsvis en Vestjysk sandjord (gennemsnit af beregning for JB1 og JB4) og for en Østjysk lerjord. Vandbalancen er beregnet på basis af klimadata for 1990-2006. Afgrøderne er antaget gødsket til gældende N-norm (Naturerhvervstyrelsen, 2012), idet halvdelen er givet som husdyrgødning og halvdelen som handelsgødning. Hvis al husdyrgødning, eller en større andel, i fremtiden omsættes til energi eller materialer inden næringsstofferne recirkuleres, vil det påvirke udvaskningen fra de forskellige afgrøder, og en mere præcis beregning af effekterne vil kræve beregning med en samlet model for hele jordbruget, som kan inddrage samspil mellem de forskellige tiltag og den øvrige landbrugsproduktion. Det kan fx være med modelværktøjet SKEP/Daisy (Børgesen & Heidmann, 2002). Resultaterne fra modelberegningen for landbrugsafgrøder er angivet i Tabel 2 sammen med en litteraturværdi for udvaskningen fra skovrejsning på landbrugsjord (Gundersen et al., 2004).

Tabel 2. Modelberegnet nitratudvaskning på henholdsvis sand og lerjord fra landbrugsafgrøder samt litteraturværdi for udvaskning fra skovrejsning på landbrugsjord

	Sandjord	Lerjord
Korn (vinterhvede og vårbyg)	61	41
Vinterraps	117	76
Roer	70	40
Vedvarende græs	22	14
Skov	12	12

Efterafgrøder

Den samlede forventning til øget areal med efterafgrøder som følge af aftalerne i grøn vækst og ved husdyrgødkendelser er i alt 262.000 ha (Andersen et al., 2011). Dette areal indgår derfor som udgangspunkt i alle scenarierne. Det er dog alene i det biomasseoptimerede og det miljøoptimerede scenario, at efterafgrøderne (75 % af efterafgrødearealet) antages høstet til bioraffinering. I disse to scenarier antages udbyttet af efterafgrøder øget i forhold til i dag ved at fremskynde høsttidspunktet i kornafgrøderne, således at væksten i efterafgrøderne kan begynde tidligere på sommeren. I biomassescenariet antages efterafgrøderne desuden i nogle tilfælde at være gødgede eller at være N-fikserende for yderligere at øge tilvæksten efter hovedafgrøden, hvor jordens indhold af mineralisk N kan være lavt. Endelig er der i miljøscenariet antaget udlægning af yderligere 81.000 ha efterafgrøder svarende til det potentielle areal i dag nedstrøms nederste sø i afstrømningsoplande (Andersen et al., 2011).

Tidligere etablering af efterafgrøder og dermed bedre tilvækst må forventes at øge reduktionen i nitratudvaskning. Gødsning af efterafgrøderne i biomassescenariet må forventes at mindske reduktionen i nitratudvaskning. Endelig må høst inden vinteren af efterafgrødens overjordiske plantemasse med dens N-indhold forventes at øge reduktionen i nitratudvaskning. Der findes ikke eksperimentel viden, der kan kvantificere den samlede effekt af disse ændringer på nitratudvaskningen. Beregningerne bygger derfor på følgende antagelser:

- Tidligere etablering, gødsning og høst i biomassescenariet påvirker samlet set ikke nitratudvaskningen i forhold til praksis i dag.
- Etablering af yderligere efterafgrødearealer som en del af miljøscenariet vil reducere nitratudvaskningen med 25 kg N/ha
- Tidligere etablering samt høst af efterafgrøderne i miljøscenariet vil reducere nitratudvaskningen med ca. 10 kg N/ha ud over den generelle effekt af efterafgrøder.

Beregningen af effekten af at høste efterafgrøderne i miljøscenariet er foretaget med følgende antagelser: Der høstes 1,5 tons tørstof i efterafgrøde per ha med et forventet indhold på 40 kg N. Denne biomasse ville have forårsaget en udvaskning på $40 * 0,4 = 16$ kg N/ha, idet ændret tilførsel af organisk bundet N i et landbrug med stor andel af efterafgrøder og flerårige afgrøder antages at slå igennem med 40 % i ændret udvaskning (Petersen & Jørgensen, 2004). Kvælstof i efterafgrøder forventes at bidrage med en "eftervirkning" i sædskiftet (gødningsværdi til de efterfølgende afgrøder) på ca. 50 % af efterafgrødens kvælstofindhold (Berntsen et al., 2005), og eftervirkningen skal indregnes i gødningsregnskabet (Naturerhvervstyrelsen, 2012). Det vil sige, der skal indregnes $40/2 = 20$ kg N i tabt eftervirkning, når afgrøden høstes. Det vil formentlig medføre, at landmanden får tilladelse til at gøde med 20 kg N yderligere i handelsgødning. Det antages at ville give anledning til en øget nitratudvaskning på $20 * 0,3 = 6$ kg N/ha, idet 30 % af ændret gødskning med mineralisk kvælstof antages at slå igennem i ændret nitratudvaskning (Petersen & Jørgensen, 2004). Samlet effekt af høst og udnyttelse af efterafgrøder til bioraffinering er således beregnet til: Reduceret udvaskning sfa. høst - øget udvaskning sfa. mindre eftervirkning og øget gødskning = $16 - 6 = 10$ kg N/ha.

Samlede effekter

Det er ikke alle tiltag i scenarierne der forventes at påvirke nitratudvaskningen. Således vil øget udnyttelse af den eksisterende rapsolieproduktion til energi frem for til fødevarer i Business-As-Usual (BAU) scenariet ikke ændre nitratudvaskningen fra rapsarealerne. Selvom halmfjernelse kan ændre udvaskningen lidt, er det ikke indregnet svarende til argumentationen i Jørgensen et al. (2008). Ved høst af biomasse fra græsarealer på lavbundsjord kan man i miljøscenariet forestille sig, at det vil resultere i mindre nitratudvaskning, da der fjernes betydelige mængder kvælstof med biomassen uden at der gødskes. På lavbundsjord sker dog også en betydelig denitrifikation af nitrat, som kan betyde, at ændrede dyrkningsforhold ikke har særligt stor betydning for nitratudvaskning. Foreløbigt har målinger ved AU i projektet BioM (www.biom-kask.eu) ikke kunnet påvise forskelle i nitratudvaskning fra høstede og ikke-høstede engarealer, og vi har derfor ikke indregnet en effekt i scenarierne. Tilsvarende kan der også forventes en svag reduktion i udvaskningen fra grøftkanter efter høst af deres biomasse, men der findes heller ikke her eksperimentel dokumentation, og der vil i givet fald være tale om en forholdsvis lille effekt i forhold til de øvrige tiltag.

Samlet effekt af de indregnede tiltag viser en reduktion i nitratudvaskningen i alle scenarier sammenlignet med 2009, stigende fra knapt 7.000 tons i BAU til godt 23.000 tons årligt i miljøscenariet (Tabel 3). Nogle af tiltagenes effekter spiller sammen, således at effekten ved samtidig gennemførelse af alle tiltag vil reduceres. Det gælder fx effekten af nye flerårige afgrøder eller skov, der vil være mindre i en fremtid uden udspreddning af organisk materiale fra husdyrgødning. På den anden side beregnes effekten af fjernelse af husdyrgødningstørstof oftest over en længere periode end den ca. 10 årige horisont, der er antaget her. Beregning over en 50-årig horisont vil således ca. fordoble reduktionen af nitratudvaskning som følge af udnyttelsen af husdyrgødningstørstof (Andersen et al., 2011). Total reduktion i nitratudvaskningen på 7-23.000 tons N årligt vurderes derfor samlet set som et fornuftigt bud på den potentielle effekt af øget biomasseudnyttelse i landbruget, men der savnes eksperimentel viden om en række af effekterne og der bør gennemføres mere detaljerede beregninger, hvis den mere præcise effekt skal fastlægges.

Reduktionen kan sammenlignes med, at den samlede nitratudvaskning fra dansk landbrug er beregnet til at være ca. 157.000 ton i 2007 (Børgesen et al., 2009). Til opfyldelse af Vandrammedirektivet mangler stadig virkemidler til at opfylde godt halvdelen af kvælstofmålsætningen, og gennemførelse af miljøscenariet vil omtrent levere den nødvendige reduktion, idet det antages at godt halvdelen af det tabte nitratkvælstof reduceres i grundvand, søer m.m. til frit kvælstof, inden resten når havmiljøet. I BAU og biomasse scenarierne er det udnyttelsen af tørstof fra husdyrgødning, der bidrager mest til den samlede reduktion af nitratudvaskningen. Men i miljøscenariet opnås den største andel af udvaskningsreduktionen ved omlægningen til mere miljøvenlige dyrkningssystemer (flerårige afgrøder, flere efterafgrøder, øget skovrejsning).

Tabel 3. Samlet oversigt over beregnede effekter af scenarierne på nitratudvaskningen fra rodzonen af landbrugets afgrøder.

Tiltag	Arealer (ha)				Ændret nitratudvaskning (ton N/år)		
	2009	BAU	Biomasse	Miljø	BAU	Biomasse	Miljø
Husdyrgødning					-5.752	-5.752	-5.487
Energiskov	4.320	11.661	11.661	11.661	-248	-248	-248
Nye biomasseafgrøder på rapsarealer			74.249	74.249		-3.142	-6.085
Nye biomasseafgrøder på kornarealer			149.176	149.176		775	-5.040
Skovrejsning		20.900	20.900	49.500	-847	-847	-2.005
Efterafgrøder	191.539	262.000	262.000	343.000		0	-4.598
				I alt	-6.846	-9.214	-23.463

Referencer

Andersen HE, Grant R, Blicher-Mathiesen G, Jensen PN, Vinther FP, Sørensen P, Hansen EM, Thomsen IK, Jørgensen U & Jacobsen B, 2011. Virkemidler til N-reduktion - potentialer og effekter. Notat fra Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

Berntsen J, Petersen BM, Hansen EM, Jørgensen U, Østergaard HS & Grant R, 2005. Eftervirkning af efterafgrøder. Notat til N-normudvalget.

Børgesen CD & Heidmann T, 2002. Landsberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget med SKEP/Daisy og SIM IIIB modellerne. DJF Rapport 62, Markbrug.

Børgesen CD, Waagepetersen J, Iversen TM, Grant R, Jacobsen B & Elmholt S, 2009. Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. DJF Rapport Markbrug 142.

Gundersen P, Hansen K, Anthon S. & Pedersen LB, 2004. Skovrejsning på tidligere landbrugsjord. I: Jørgensen U (red.): Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport Markbrug 103, 188-196.

Jørgensen U, 2005. How to reduce nitrate leaching by production of perennial energy crops. I: Zhu Z, Minami K and Xing G (eds.): 3rd International Nitrogen Conference. Science Press, NJ, USA. p. 513-518.

Jørgensen U, Christensen BT, Olesen JE, Rubæk G, Petersen BM & Halberg N, 2008. Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en øget biomasseudnyttelse i Danmark. I: Fødevarerministeriet: Jorden - en knap ressource.

Kristensen K, Waagepetersen J, Børgesen CD, Vinther FP, Grant R. & Blicher-Mathiesen G, 2008. Reestimation and further development in the model N-LES; N-LES₃ to N-LES₄. DJF Plant Science 139.

Naturerhvervstyrelsen, 2012. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler - Planperioden 1. august 2011 til 31. juli 2012. www. <http://naturerhverv.fvm.dk>

Petersen J & Jørgensen U, 2004. Reduktion i husdyrproduktionen. I: Jørgensen U (red.): Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport Markbrug 103, 226-230.

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 EU's Vandrammedirektiv. Faglig rapport fra DMU nr. 625.