



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG
Økologi

Reduktion af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter

Margrethe Askegaard, Videncentret for Landbrug, Økologi
Oktober, 2012



Foto: Torkild S. Birkmose



Indhold

| | |
|--|----|
| Introduktion..... | 2 |
| Forskelle mellem økologiske og konventionelle bedrifter | 2 |
| Konklusion | 6 |
| Tiltag der kan reducere udvaskningen af kvælstof..... | 6 |
| Reduceret tilførsel af husdyrgødning | 7 |
| Konklusion | 8 |
| Afgasning af gyllen..... | 8 |
| Management af kløvergræsmarkerne..... | 8 |
| Benyttelse og gødsning af kløvergræsset | 9 |
| Afgøringsperiode | 10 |
| Forlængelse af græsmarksalder | 10 |
| Tidspunkt for nedpløjning af kløvegræsmarker | 10 |
| Konklusion | 11 |
| Sædskifter og efterafgrøder | 11 |
| En teoretisk mulighed: Fra majs til foderroer på kvægbrugene | 15 |
| Konklusion | 15 |
| Strategier til forebyggelse/bekæmpelse af rodukrudt..... | 15 |
| Halmnedmuldning | 16 |
| Jordbearbejdning..... | 17 |
| Håndtering af mislykkede afgrøder | 17 |
| Forøgelse af de økologiske udbytter | 17 |
| Det dur ikke for økologer..... | 18 |
| Tidlig såning af vintersæd..... | 18 |
| Kørerne på stald..... | 18 |
| Pløjefri dyrkning | 18 |
| Konklusioner og perspektiver | 18 |
| Referencer | 19 |

Artiklen er skrevet i projektet "Landbrugsproduktion under hensyn til natur, miljø og klima" finansieret af Promilleafgiftsfonden for landbrug og Fødevareministeriet og EU



*Askegaard, M. 2012. Reduktion af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter.
www.LandbrugsInfo.dk/oekologi*

Introduktion

Generelt gælder, at jo større overskud af kvælstof (N) på markerne des større er risikoen for at det tabes gennem udvaskning. Kvælstof optræder på mange former, både organisk og mineralsk. Det er når kvælstoffet er mineraliseret til nitrat (NO_3), at det kan udvaskes. Der foreligger et betydeligt datamateriale med målinger og beregninger af N-udvaskning fra konventionelle landbrug. Dette materiale kan kun til en vis grad overføres til økologiske forhold. Det skyldes nogle væsentlige forskelle i management mellem økologiske og konventionelle bedrifter:

- Økologerne anvender kun organiske N-gødninger, hovedsagelig husdyrgødning.
- Husdyrintensiteten på økologiske bedrifter er mindre end på konventionelle husdyrbedrifter.
- Der anvendes generelt mindre mængder af gødnings-N på økologiske bedrifter.
- Der er en større andel af kløvergræs i sædskifterne og større andel af kløver i græsmarkerne på økologiske bedrifter.
- Ukrudt bekæmpes alene vha. mekaniske metoder i de økologiske marker.

Alle disse forhold har potentiel indflydelse på udvaskningen af kvælstof fra landbrugsjorden – både i positiv og negativ retning.

I det følgende gennemgås den eksisterende viden mht. forskelle i N-udvaskning mellem økologiske og konventionelle bedrifter, og der listes en række tiltag, der kan reducere N-udvaskningen.

Forskelle mellem økologiske og konventionelle bedrifter

En stor udfordring i at sammenligne N-udvaskning fra forskellige driftssystemer er, at det er kompliceret at måle den præcise udvaskning. Derfor anvendes normalt indirekte metoder som balanceberegninger og dynamiske computermodeller. Hver metode har sine tilknyttede usikkerheder. Derfor vil sammenligninger af N-udvaskning fra økologiske og konventionelle landbrug være usikre. I det følgende gennemgås resultater fra nogle forskellige kilder.

Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III (Waagepetersen, 2009)

Her vurderes effekterne på N-udvaskningen ved at omlægge fra konventionel til økologisk drift. Det vurderes, at omlægning af planteavlsbedrifter til økologisk drift resulterer i en merudvaskning på omkring 7 kg N pr. ha. Omlægning fra sammenlignelige konventionelle malkekvægbrug til økologisk malkekvægbrug blev vurderet til at give en mindre udvaskning på 40 kg N pr. ha. En gennemsnitseffekt af omlægning fra konventionelt til økologisk jordbrug blev vurderet til at medføre en mindre udvaskning på 16 kg N pr. ha.

Effekt af omlægning til økologisk kvægbrug vurderet i "Notat vedr. virkemidler og omkostninger til implementering af vandrammedirektivet" (Anonym, 2009 samt kilder heri):

I notatet lægges vægt på to forhold, der taler for en mindre udvaskning fra økologiske end fra konventionelle kvægbrug: 1) da der ikke må anvendes handelsgødning, drives de økologiske bedrifter ved et lavere gødningsniveau og 2) på de økologiske bedrifter er majs mindre udbredt og græs mere udbredt end på konventionelle kvægbrug.

Notatets værdisætning af N-udvaskning tager udgangspunkt i registrerede data for en række økologiske og konventionelle bedrifter. På baggrund af disse data beregnes bedrifternes N-overskud. Ved at trække beregnede luftformige tab og ændringer i jordens N-indhold fra bedrifternes N-overskud bestemmes N-udvaskningen. I beregningerne opnås en reduktion i N-udvaskningen på mellem 32 og 41 kg N ha pr. ha ved at omlægge konventionel mælkeproduktion på brug med under 1,4 DE ha pr. ha til økologisk mælkeproduktion.

Beregninger med en dynamisk model (N-LES modellen) gav et noget andet resultat. Her medførte omlægning fra konventionel mælkeproduktion (under 1,4 DE pr. ha) til økologisk mælkeproduktion kun en reduktion af udvaskningen på 6 kg N pr. ha. Forfatterne af notatet vurderer dog, at der ikke bør lægges så stor vægt på modelberegningerne. Det skyldes, at det er vanskeligt at modelberegne konsekvenserne af en mindre gødningstilførsel i det komplekse samspil, der eksisterer mellem gødning, dyr, kløver og græs i afgræsningsmarkerne.

Notatet konkluderer, at reduktionen i N-udvaskningen ved omlægning af malkekvægsbrug med under 1,4 DE ha pr. ha til økologisk produktion med stor sandsynlighed vil ligge mellem 6 og 41 kg N pr. ha. Endvidere konkluderes, at vidensgrundlaget er for usikkert til at differentiere mellem ler og sand i denne sammenligning.

I en rapport om virkemidler til reduktion af udvaskningsrisiko skriver Sørensen og Waagepetersen (2010) at såfremt den økologiske mælkeproduktion sker i et sædskifte med over 80 pct. af arealet med græs og helsæd, med god styring af afgræsning og uden arealer med bar jord i længere perioder, kan der forventes en årlig reduktion i N-udvaskning på 40 kg pr. ha på sandjord og 20 kg pr. ha på lerjord ved omlægning fra konventionel til økologisk drift. De forventer dog ikke en lavere N-udvaskning end 55 kg N pr. ha på sandjord og 35 kg N pr. ha på lerjord.

Udvaskningen af nitrat-N fra økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter beregnet vha. den dynamiske bedriftsmodel FASSET (Berntsen m.fl., 2004)

For at sammenligne udvaskningen af nitrat-N fra økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter gennemførte Berntsen m.fl. (2004) en række beregninger med den dynamiske bedriftsmodel FASSET. Der blev lagt en række forudsætninger ind i modellen med henblik på at designe en repræsentativ økologisk og konventionel bedriftstype. Beregninger med modellen viste, at begge modelbedrifter havde en årlig N-udvaskning på 36 kg pr. ha som gennemsnit af jordtyper (JB1, JB3, JB6) og frugtbarhedsniveauer (lav, høj) og med klimadata hentet fra Foulum. Der var altså ikke forskel mellem de to bedriftsformer, når det drejede sig om N-udvaskning. Der var derimod forskel, når der blev regnet på jordens N-puljer. Her viste beregningerne, at de økologiske planteavlsbedrifter i gennemsnit indbyggede 13 kg kvælstof pr. ha årligt, mens de konventionelle planteavlsbedrifter reducerede frugtbarheden ved i gennemsnit at tære 6 kg kvælstof pr. ha pr. år på jordens indhold af organisk kvælstof.

Effekten af forskellige driftsmæssige tiltag på udvaskningen blev undersøgt, herunder nedmuldning af halm, reduktion af gødningstilførsel, brug af efterafgrøder og reduktion af arealandel med grøngødning (tabel 1). Analysen viste, at efterafgrøder var de mest effektive af de undersøgte virkemidler til at reducere N-udvaskningen. Som gennemsnit af det økologiske sædskifte blev udvaskningen reduceret med 9 kg N pr. ha

i forhold til basisbehandlingen uden efterafgrøder. En reduktion af gødningstilførslen på 50 og 100 pct. på de økologiske planteavlsbedrifter gav kun en reduktion i N-udvaskningen på hhv. 2 og 4 kg pr. ha. Nedmuldning af halm havde ligeledes en begrænset effekt på 3 kg N pr. ha årligt.

Den større anvendelse af husdyrgødning og større andel af græsmarker i økologisk planteavl fører til opbygning af kvælstofpuljen i jorden i forhold til konventionel planteavl. På længere sigt betyder den øgede jordfrugtbarhed en højere N-mineralisering. Det er godt for udbytterne, men det øger også risikoen for udvaskning af kvælstof. På baggrund af modelberegningen samt andre undersøgelser vurderer forfatterne, at udvaskningen fra økologiske planteavlssædskifte på langt sigt kan overstige udvaskningen fra det konventionelle sædskifte med omkring 6 kg pr. ha pr. år, hvis det ikke imødegås med dyrkningsmæssige foranstaltninger som f.eks. efterafgrøder.

Tabel 1. Ændringer i jordpulje og N-udvaskning ved forskellige driftsmæssige tiltag målt i forhold til basisbehandlingerne.

| Behandling | Økologisk | | Konventionel | |
|---------------------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| | Jordpulje | N-udvaskning | Jordpulje | N-udvaskning |
| | | | | |
| Basisbehandling ^{1,2} | 13 | 36 | -6 | 36 |
| +efterafgrøder (+30 pct. af markerne) | +9 | -9 | +7 | -7 |
| +halmnedmuldning | +14 | -3 | +26 | -1 |
| +halm +efterafgrøder | +24 | -10 | | |
| Halvering af gødningsinput | -9 | -2 | | |
| Ingen gødsning | -19 | -4 | | |
| Halvering af kløvergræsareal | -4 | -3 | | |

¹Sædskifte i basisbehandlinger: Det økologiske sædskifte indeholdt 20 pct. kløvergræs (50 pct. slået og 50 pct. grøngødning). Der var ingen kløvergræs i det konventionelle sædskifte, kun korn og vinterraps og 6 pct. med efterafgrøder.

²Gødning af basisbehandlinger: Det blev gødet med 52 kg total-N pr. ha i husdyrgødning i det økologiske sædskifte og med 39 kg total-N pr. ha i husdyrgødning + 95 kg N pr. ha i handelsgødning på de konventionelle sædskifter.

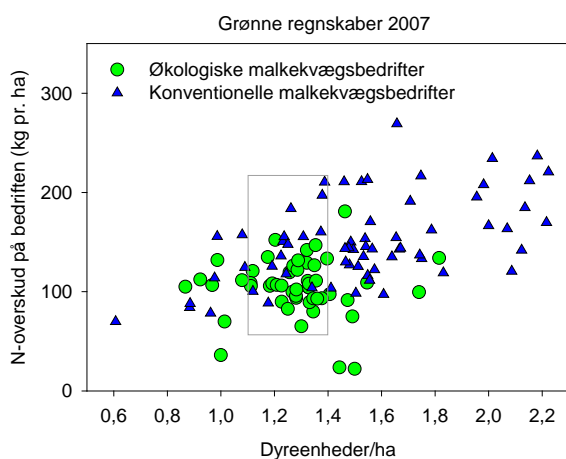
Grønne regnskaber for økologiske og konventionelle malkekvægsbedrifter

I et samarbejde med konsulenter, der udarbejder grønne regnskaber, har afdeling for Planteproduktion, Videncentret for Landbrug, indsamlet nøgledata for et stort antal grønne regnskaber i perioden 2002 til 2008. Resultater er præsenteret i Hvid (2008; 2010). De grønne regnskaber dækker alle driftsformer, men i nærværende eksempel fokuseres alene på malkekvægsbedrifter, da datagrundlaget er størst. Data viser bl.a. et generelt stigende N-overskud med stigende dyretæthed på malkekvægbrug samt større N-overskud hos konventionelle end hos økologiske malkekvægsbedrifter.

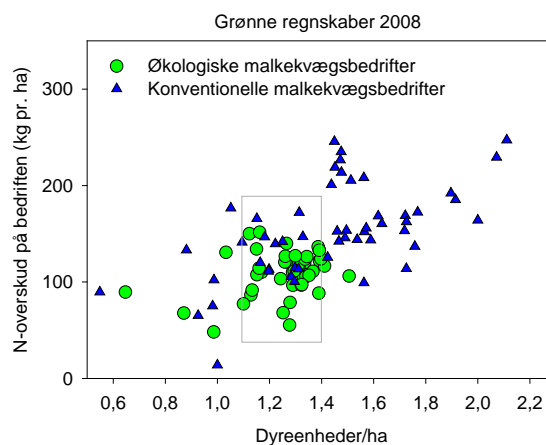
N-overskuddet i de grønne regnskaber er bestemt som N-input (foder, gødning, atmosfærisk deposition, kvælstoffiksering, indkøbte dyr) minus N-output (husdyrprodukter, solgt høst og husdyr, solgt husdyrgødning). Differencen, altså N-overskuddet, dækker over fire forskellige poster: N-udvaskning, denitrifikation, ammoniakfordampning fra stald, lager og mark samt ændringer i jordens N-pulje. Jo større

N-overskud des større risiko er der for at udlede kvælstof gennem udvaskning, drivhusgassen lattergas og/eller som ammoniakfordampning.

I figur 1 og 2 er vist de beregnede N-overskud i grønne regnskaber for økologiske og konventionelle malkekvægsbedrifter. N-overskuddet stiger med stigende husdyrtæthed, men der er stor variation hos både økologer og konventionelle bedrifter. Ved en given husdyrtæthed kan der være en forskel i N-overskuddet på over 100 kg pr. ha hos både økologer og konventionelle bedrifter. Det skyldes hovedsagelig forskelle i mængder af indkøbt foder og gødning, men det kan dog også i nogle tilfælde skyldes lagerforskydninger mellem år.

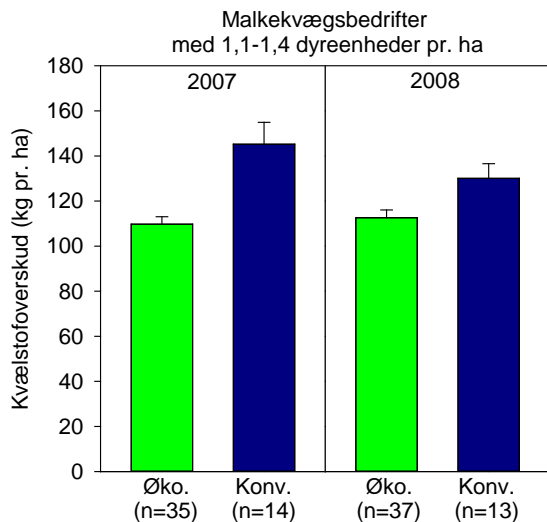


Figur 1. Kvælstofoverskud (kg pr. ha) på 52 økologiske og 69 konventionelle malkekvægsbedrifter beregnet ud fra grønne regnskaber 2007. Rammen indeholder bedrifter med over 1,1 og under eller lig med 1,4 dyreenheder pr. ha.



Figur 2. Kvælstofoverskud (kg pr. ha) på 44 økologiske og 53 konventionelle malkekvægsbedrifter beregnet ud fra grønne regnskaber 2008. Rammen indeholder bedrifter med over 1,1 og under eller lig med 1,4 dyreenheder pr. ha.

For at kunne sammenligne N-overskuddene hos økologiske og konventionelle bedrifter isoleres de bedrifter der ligger over 1,1 og under eller lig med 1,4 DE pr. ha. De er afgrænset med en grå boks i figur 1 og 2. N-overskuddet var 35 og 18 kg pr. ha mindre på de økologiske bedrifter end de konventionelle i hhv. 2007 og 2008 (Figur 3). De poster i balanceberegningerne, hvor der var forholdsmæssigt størst forskel mellem de økologiske og de konventionelle bedrifter, var indkøb af foder (55-69 kg N pr. ha på økologiske og 139-169 kg N pr. ha på konventionelle bedrifter), indkøb af handelsgødning (ingen på økologiske og 77-83 kg N pr. ha på konventionelle bedrifter) samt i kvælstoffiksering (75-77 kg N pr. ha på økologiske og 15-22 kg N pr. ha på konventionelle bedrifter).



Figur 3. Overskud af kvælstof på økologiske og konventionelle malkekvægsbedrifter med belægningsgrader på over 1,1 og under eller lig med 1,4 dyreenheder pr. ha (n= antal bedrifter). Gns. dyreenheder (DE) pr. ha er 1,3 på de økologiske bedrifter i begge år. De konventionelle bedrifter har i gennemsnit 1,3 DE pr. ha i 2007 og 1,2 DE pr. ha i 2008. Data fra de grønne regnskaber.

Konklusion

- Udvaskningen af nitrat-N fra de økologiske malkekvægsbedrifter er mindre end fra de konventionelle malkekvægsbedrifter, hvilket primært skyldes et mindre N-overskud på de økologiske bedrifter.
- Der er ikke fundet en sikker forskel i N-udvaskningen mellem økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter. Dog er det sandsynligt at økologiske planteavlere har en større indbygget N-pulje i jorden som potentielt kan mineraliseres og udvaskes.

Tiltag der kan reducere udvaskningen af kvælstof

Balanceberegninger fortæller, at N-overskuddet på bedrifterne kan reduceres ved at reducere indkøb af foder, reducere brug af gødning, ved at opnå en højere produktivitet, så der sælges mere kvælstof i produkterne, samt ved at indbygge en højere andel af N-overskuddet i jordpuljen. I balanceberegninger indgår imidlertid ikke effekten af management. Ligeledes kan effekten af efterafgrøder, der blev inddraget i modelberegningerne på planteavlsbedrifterne, være meget forskellig, alt efter hvilke typer af efterafgrøder der anvendes, og hvordan de etableres.

I det følgende gennemgås nogle af de virkemidler økologer har til rådighed, som kan medvirke til yderligere reduktion af N-udvaskningen og dermed til en større udnyttelse af kvælstof i planteproduktionen.

En skønnet relativ effekt på N-udvaskningen af forskellige tiltag på bedrifterne er vist i tabel 2. Brug af efterafgrøder, design af sædskifter samt optimale rodukrudsstrategier er vurderet til at have de største effekter. I tabel 2 er også listet nogle af de virkemidler, der er forbudt eller problematiske på økologiske bedrifter.

Tabel 2. Skønnede effekter af faktorer der kan påvirke udvaskningen af kvælstof fra de økologiske bedrifter. ”+++” størst effekt” og ”-” er ingen effekt.

| Virkemidler | Kvægbrug | Planteavl |
|---|-------------|-------------|
| Reduceret tilførsel af husdyrgødning | - | - |
| Afgasset gylle | + | + |
| Management af kløvergræsmarker: | | |
| Benyttelse og gødskning | ++ | Ikke aktuel |
| Afgræsningsperiode | + | Ikke aktuel |
| Forlængelse af græsmarksalder | + | Ikke aktuel |
| Tidspunkt for nedpløjning af kløvergræsmarker | +++ | +++ |
| Sædskifter/efterafgrøder | +++ | +++ |
| Rodukrudsstrategier | +++ | +++ |
| Halmnedmuldning | Ikke aktuel | (+) |
| Fjernelse af mislykkede afgrøder | + | + |
| Kun for konventionelle | | |
| Tidlig såning af vintersæd | - | - |
| Køerne på stald | - | - |
| Pløjefri dyrkning | - | - |

Reduceret tilførsel af husdyrgødning

I forsøg med økologiske planteavls- og kvægbrugssædskifter er der fundet små eller ingen effekter på N-udvaskningen ved at reducere mængderne af den tilført husdyrgødning. Det skyldes sandsynligvis, at udgangsmængderne er lave jfr. reglerne for økologisk landbrug (faktaboks 1). Udvasningen af nitrat-N er normalt relativt upåvirket af den tilførte gødningsmængde op til et niveau tæt på det økonomisk optimale niveau. I kløvergræsmarker er der en tæt vekselvirkning mellem tilført kvælstof i gødning og N-fikseringen i kløver. Kløveren fungerer som en N-buffer. Det vil sige at, ved en lille tilførsel af kvælstof i gødning vil kløvergræsmarker med stor kløverandel, og dermed stor N-fiksering, helt eller delvist kunne kompensere for det manglende kvælstof. Tilsvarende vil kløverbælgens og N-fikseringen reduceres ved tilførsel af større mængder kvælstof i gødning.

FAKTABOKS 1: Regler vedr. gødningstilførsel i økologisk landbrug

I økologisk produktion må der maksimalt tilføres kvælstofgødning svarende til 140 kg total-N pr. ha. Kun på de bedrifter der ikke er omfattet af en brancheaftale, og hvor der ikke søges om økologitilskud, er øverste grænse for tilførsel af N-gødning på 170 kg total-N pr. ha i gennemsnit af de gødede arealer. Maksimalt 70 kg total-N pr. ha må være af konventionel oprindelse. Over en periode, der begynder i 2017, har de økologiske organisationer i Danmark planer om at udfase brugen af konventionel husdyrgødning. Det vil betyde en yderligere reduktion af forbruget af husdyrgødning på de økologiske bedrifter.

I fire års forsøg blev der i et økologiske kvægbrugssædskifte på Foulum (JB 4) målt en stigning i N-udvaskningen på kun 6 kg pr. ha ved at øge belægningsgraden fra 0,9 til 1,4 DE pr. ha (Eriksen m.fl., 1999). Sædskifterne var ens for de to belægningsgrader. Den gennemsnitlige N-udvaskning, målt vha. sugeceller installeret i 1 m dybde, var 38 kg pr. ha. I de efterfølgende fire år, hvor sædskifte og belægningsgrader blev justeret en smule, blev der ikke fundet sikre forskelle i N-udvaskningen mellem to husdyrintensiteter på hhv. 0,7 og 1,4 DE pr. ha (Eriksen m.fl., 2004). Den gennemsnitlige udvaskning i denne periode var 30 kg nitrat-N pr. ha.

I 12 års forsøg med de langvarige økologiske planteavlssædskifter blev der ikke målt forskel på N-udvaskningen mellem sædskifter, hvor der slet ikke blev tilført husdyrgødning, og sædskifter hvor der blev tilført gylle svarende til i gennemsnit 70 kg total-N pr. ha (Askegaard m.fl. 2011). Dette resultat gjaldt for forsøg på flere jordtyper, hhv. Jyndevad (JB1), Foulum (JB4) og Flakkebjerg (JB6).

Konklusion

Det er ikke sandsynligt, at der vil blive en mærkbar effekt på N-udvaskningen fra markerne ved at reducere de totale mængder husdyrgødning, der i dag anvendes på de økologiske planteavls- og kvægbedrifter, såfremt mængderne fordeles hensigtsmæssigt i sædskifterne.

Afgasning af gyllen

Afgasning af gylle reducerer indholdet af organisk stof og øger indholdet af ammonium. Det medfører mulighed for en lidt større N-optagelse i afgrøden og dermed lidt større udbytter. På lang sigt reduceres den pulje af organisk bundet kvælstof, der stammer fra gyllen, hvilket reducerer potentialet for N-udvaskning (Birkmose og Petersen, 2004). Det vurderes dog, at effekten af biogasbehandling af gyllen på N-udvaskningen vil være meget begrænset pga. de i forvejen relativt lave tilførsler af husdyrgødning, som anvendes på økologiske bedrifter.

Management af kløvergræsmarkerne

Management af kløvergræsmarkerne har en betydelig indflydelse på risikoen for N-udvaskning. Forsøg har vist, at optimal management kan medføre, at vandkvaliteten i det afstrømmende jordvand (målt i 1 m dybde) kan fastholdes på under EUs grænse for drikkevandskvalitet på 50 mg nitrat pr. liter jordvand (Eriksen m.fl. 2004).

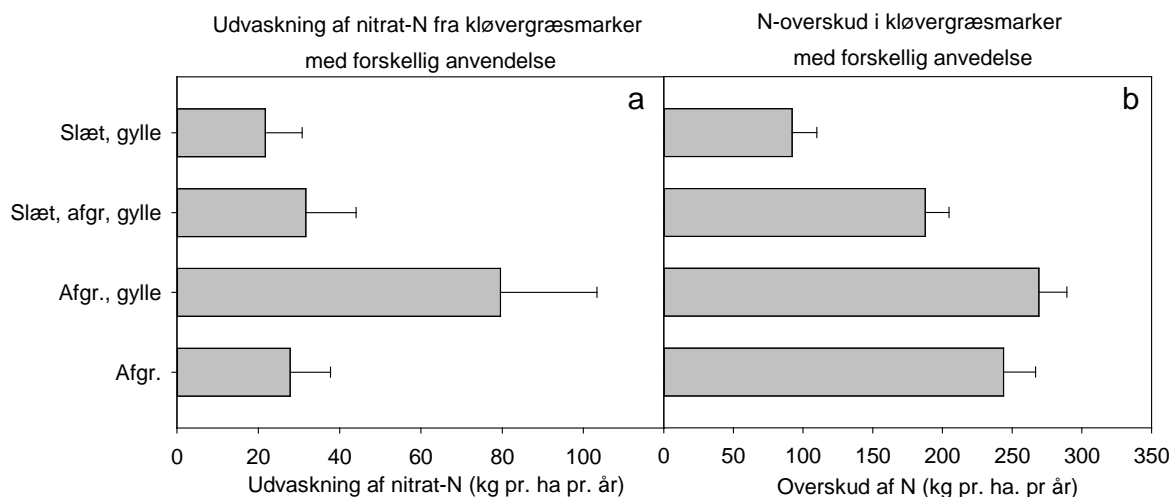
FAKTABOKS 2: Om N-fiksering og gødningsklatter

- Ved afgræsning tilbageføres over 70 pct. af det optagne kvælstof til marken i form af urin og fast gødning.
- N-tilførslen i en urinplet svarer til op til 1.000 kg pr. ha.
- Kløveren i kløvergræsmarkerne optræder som en buffer, der i høj grad kompenserer for reduceret tilførsel af gødning og, som ved afsætning af urinpletter, ophører med at fiksere N og i stedet optager mineralsk kvælstof fra jorden.
- Rodknoldenes fiksering af kvælstof ophører næsten helt inden for kort tid efter, at en ko har afsat en urinplet. Efter 1-3 måneder vil N-fikseringen normalt være tilbage på almindeligt niveau igen.

Benyttelse og gødskning af kløvergræsset

Med de store besætninger, som præger mange økologiske malkekvægbrug, er der brug for at have en stor del af græsset tæt på stalden, som derfor vil blive intensivt afgræsset. Intensiv afgræsning påvirker N-udvaskningen pga. en stor tilbageførsel af kvælstof i afsatte gødningsklatter og urinpletter. Normalt er N-udvaskning fra slætmarker mindre end fra afgræsningsmarker, da der bortføres kvælstof i den høstede plantemasse.

I det økologiske kvægbrugssædskifte på Foulum er der gennemført forsøg med test af forskellige managementstrategier i kløvergræsmarkerne. Både benyttelse og gødningstilførsel påvirkede N-udvaskningen. Figur 4a viser et eksempel på N-udvaskning fra kløvergræs behandlet efter fire forskellige strategier. Udvasningen var mindst, hvor der alene blev høstet slæt, og højest hvor der blev nedfældet gylle om foråret på afgræsningsmarken. Udeladelse af gylletilførslen til afgræsningsmarken reducerede N-udvaskningen med 50 kg N pr. ha, på trods af et stort beregnet N-overskud (Figur 4b). Dette forklares af Eriksen m.fl. (2011) med, at N-indholdet i urinpletter i den ugødede afgræsningsmark i højere grad modsvarer af en reduceret N-fiksering i kløver i forhold til den gødede afgræsningsmark.



Figur 4. a) Årlig nitratudvaskning fra kløvergræsmarker med forskellig benyttelse. Der blev om foråret nedfældet 200 kg N pr. ha i kvæggylle til slætmarken og 100 kg N pr. ha til de øvrige marker med gylle. b) N-overskuddet er beregnet som N-input i gødning, vanding, atmosfærisk deposition og N-fiksering minus kvælstof bortført i slæt. Data er gennemsnit af fire års forsøg og gennemsnit af 1. til 4. års marker (efter Eriksen m.fl. 2011). Intervallerne angiver standardafvigelsen.

I et andet forsøg med afgræsning med malkekøer på Foulum blev der målt en gennemsnitlig N-udvaskning på 47 kg pr. ha pr. år fra N-gødet afgræsset rent rajgræs (tilført 300 kg N pr. ha pr. år i handelsgødning) mod 24 kg pr. ha pr. år fra en ugødet afgræsset kløvergræsmark (Eriksen m.fl., 2004). I 6.-8. produktionsår var udvaskningen af nitrat-N fra den ugødede afgræssede kløvergræsmark kun 9-13 pct. af udvaskningen fra den afgræssede og gødede rajgræsmark. Forskellen mellem de to afgræsningssystemer skyldtes en faldende N-fiksering over årene i kløvergræsset og en faldende produktivitet. Dette reducerede afgræsningsintensiteten og dermed tilbageførslen af afsat urin og gødningsklatter. I de første brugsår lå udbyttet på omkring 9 ton tørstof pr. ha pr. år. I 7.-8. brugsår var udbyttet i kløvergræsset reduceret til

5-6 tons pr. ha pr. år. Udbytte i de gødede rajgræsmarker blev derimod opretholdt på et niveau på 9-11 ton tørstof pr. ha pr år gennem hele forsøgsperioden.

Afgræsningsperiode

Det er generelt anerkendt, at udvaskningen fra slætmarker normalt er lavere end fra afgræsningsmarker. På grovsandet jord, hvor en stor del af kvægbrugsbedrifterne findes, er jorden karakteriseret ved en lav vandholdende evne. Det betyder, at kraftig regn lige efter afsætning af urinpletter vil øge risikoen for N-udvaskning.

Andel af kvælstof, der afsættes i urin og fast gødning på marken, er proportional med opholdstiden i marken (Kristensen og Oudshoorn, 2006). Modelberegninger har vist, at der kan reduceres forholdsvis mere i N-udvaskningen ved at fremskynde indbindingen om efteråret end ved at udsætte udbindingen om foråret (Eriksen m.fl., 2010). Afgræsning er imidlertid et vigtigt element i økologisk landbrug af hensyn til dyrenes sundhed og naturlige adfærd (se faktaboks 3).

Det kan dog iflg. danske forsøg lade sig gøre at afgræsse uden ekstra tab af kvælstof i udvaskning. Eriksen m.fl. (2004; 2011) har vist, at så længe afgræsningsintensiteten afpasses græsudbuddet, og så længe der ikke tilføres husdyrgødning til afgræsningsmarkerne, så kan N-udvaskningen holdes på et lavt niveau. Dette betyder enten få timer på græs eller et større areal pr. ko, når græsvæksten aftager i efterårsmånederne.

FAKTABOKS 3. Regler for afgræsning for økologiske dyr

Fra d. 15. april til d. 1. november skal alle dyr have adgang til afgræsning, når vejrforholdene og hensyn til dyrene og arealerne tillader det. Køerne skal være på afgræsningsarealet mindst 6 lyse timer dagligt og have mulighed for at æde frisk græs.

Forlængelse af græsmarksalder

Da pløjning af kløvergræsmarkerne er det mest kritiske punkt på bedrifterne, når det angår risiko for N-udvaskning, vil en reduktion af antallet af pløjninger kunne reducere den samlede N-udvaskning. Ved at øge græsmarksalderen fra 2 til 4 år halveres antallet af pløjninger af kløvergræs.

Der kan dog opstå en modsatrettet effekt, når græsmarkernes alder øges, idet udvaskningen fra markerne kan stige med stigende akkumulationen af kvælstof og kulstof i jorden. Det er sandsynligt, at der er opsamlet en større mængde kvælstof og kulstof under en 4-årig end under en 2-årig kløvergræsmark (Eriksen m.fl., 2010). Denne effekt antages dog at være betydelig mindre end den direkte effekt af pløjning på N-udvaskningen, og i følge undersøgelser af Eriksen m.fl. (2008) har græsmarkens alder ikke påvirket N-udvaskningen efter pløjning.

En forlængelse af kløvergræsmarkernes liggetid vil normalt betyde et fald i produktiviteten. Faldets størrelse afhænger af kløvergræsmarkernes management og artssammensætning.

Tidspunkt for nedpløjning af kløvegræsmarker

Den mest risikable fase for N-udvaskningen er de første to år efter nedpløjning af kløvergræsmarken. I kløvergræsmarken akkumuleres kvælstof og kulstof, da jorden ikke behandles mekanisk, og da det

kvælstof, som kjerne optager i græsset, recirkuleres gennem afsætning af urin og gødningsklatter. Denne akkumulering aftager efter nogle år, hvorefter der opstår en ligevægt. Kløvergræs fikserer 2-300 kg N pr. ha pr. år i de første produktionsår. Efter pløjning sker der en betydelig mineralisering af det akkumulerede kvælstof, som let overskrider behovet for kvælstof i en efterfølgende afgrøde.

På sandjorde og til dels også sandblandede lerjorde kan det ikke anbefales at anvende efterårspløjninger af kløvergræsmarker, selv om det er lovligt på økologiske bedrifter (Faktaboks 4). Ved pløjningen frigives store mængder kvælstof gennem mineralisering, og en nyetableret vintersæd har ikke kapacitet til at optage de store N-mængder. Resultatet er risiko for en betydelig N-udvaskning. Pløjning om foråret giver mulighed for at etablere en hovedafgrøde, der kan fuldgødes med N-eftervirkningen fra kløvergræsset. Det giver mulighed for etablering af en effektiv efterafgrøde. Se mere under afsnittet om efterafgrøder.

FAKTABOKS 4. Regler for nedpløjning af kløvergræsmarker

Fra 2012 er økologer ikke omfattet af forbuddet mod omlægning af fodergræs om efteråret og efterfølgende såning af vintersæd.

Konklusion

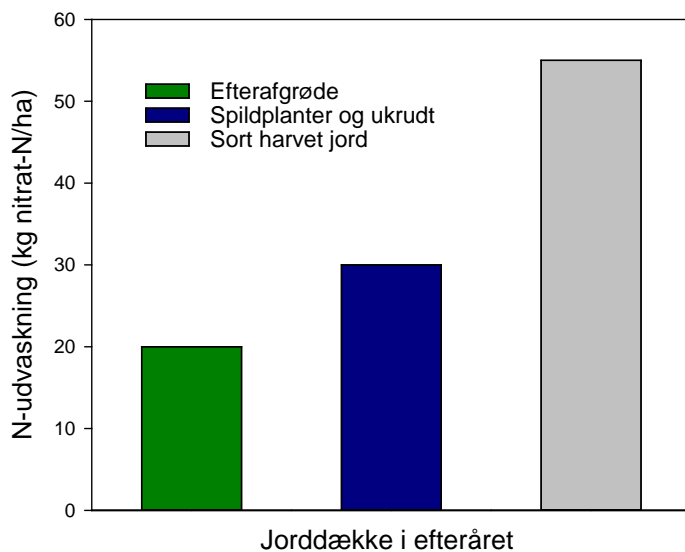
- Kløvergræsmarker, der afgræsses, bør ikke gødes med gylle, da det kan give anledning til en betydelig merudvaskning af kvælstof. Kombineres tilførsel af gylle med et første slæt reduceres denne udvaskning betydeligt.
- Så længe afgræsningsintensiteten afpasses græsudbuddet, og så længe der ikke tilføres husdyrgødning til de rene afgræsningsmarker, så kan N-udvaskningen opretholdes på et lavt niveau.
- Kløvergræsmarker på sandjorde bør altid forårspløjes.

Sædskifter og efterafgrøder

Erfaringer fra både de langvarige økologiske sædskifter på Jyndevad, Foulum og Flakkebjerg samt fra det økologiske kvægbrugssædskifte på Foulum er, at der udvaskes nitrat fra jorden, så snart der er et "hul" i sædskiftet i efterårs- og vintermånederne, eller så snart der vokser en afgrøde med ringe N-optagelse i efteråret. Jo større pulje af mineraliserbart kvælstof i jorden, des større udvaskning kan der ske, når der er et åbent hul i plantedækket. Disse "huller" opstår bl.a. i forbindelse med mekanisk bekæmpelse af rodgrødt om efteråret, og de indgår ikke i N-balanceregnskaberne.

Effekt af efterafgrøder på N-udvaskning i sædskifteforsøget (Askegaard m.fl. 2011)

Udvaskning af nitrat-N er igennem 12 år undersøgt i AU-DJF's forsøg med økologiske sædskifter til planteproduktion. Der var sikre effekter af efterafgrøder. N-udvaskningen var i høj grad bestemt af markernes tilstand om efteråret. N-udvaskningen var lavest, hvor jorden var dækket af en efterafgrøde (se figur 5). Et jorddække med ukrudt og spildplanter, hvor der ikke var gennemført stubbearbejdning, medførte en lidt forøget N-udvaskning, mens den største N-udvaskning fandt sted efter stubbearbejdninger mod rodgrødt. Ligeledes steg udvaskningen med antallet af harvninger. N-udvaskning og effekt af efterafgrøder var størst på sandjorden og mindst på lerjorden.



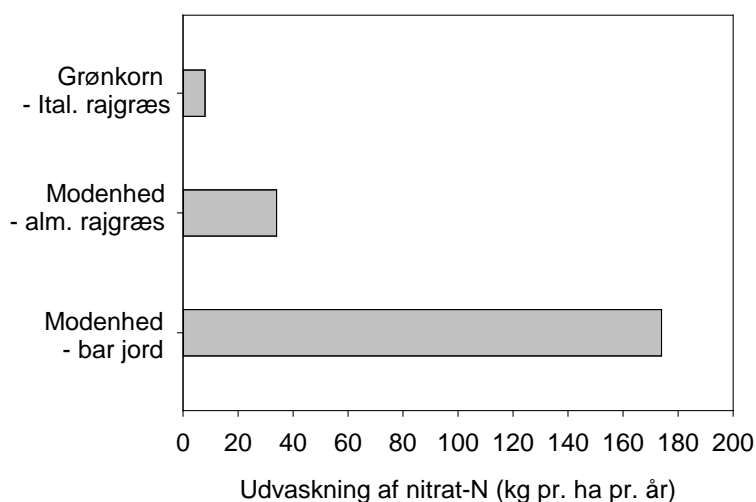
Figur 5. Effekt af jorddække på N-udvaskningen. Gns. af tre lokaliteter; Jydevad (JB1), Foulum (JB4) og Flakkebjerg (JB6).

Også N-fikserende efterafgrøder reducerer udvaskningen (Askegaard og Eriksen, 2008):

Udvaskning af nitrat-N blev undersøgt i et andet forsøg på Jydevad. Her blev effekten af rajgræs sammenlignet med en blanding af rødkløver, hvidkløver og rajgræs. Efterafgrøderne reducerede udvaskningen effektivt med 40-45 pct. i det første forsøgsår og med 70-75 pct. i det efterfølgende forsøgsår. Udvaskningen i referencebehandlingen uden efterafgrøde var ca. 100 kg nitrat-N pr. ha begge år. Der var ikke sikker forskel på udvaskningen mellem rajgræs og kløver, men dog en tendens til at rajgræs var en lille smule bedre end kløvergræsblandingen. I kløverblandingen var rajgræsset næsten totalt udkonkurreret af kløveren, hvorfor effekterne på udbytter og N-udvaskning alene kunne tilskrives kløveren.

Ital. rajgræs undersået i grønbyg reducerer N-udvaskningen effektivt efter forårsnedpløjet kløvergræs

Forsøg på et økologisk landbrug på grovsandet jord (JB1) i Sønderjylland viste, at der efter forårsplojning af både en 3. og 5. års kløvergræsmark til afgræsning, kunne opnås en stærk reduktion af N-udvaskningen gennem optimalt afgrødevalg (Hansen m.fl., 2004). Udvaskningen blev målt vha. installerede sugeceller. Figur 6 viser udvaskningen fra tre af de afprøvede behandlinger i 3. års kløvergræsmarken. Ugødet grønbyg undersået med ital. rajgræs medførte en N-udvaskning på under 10 kg pr. ha. pr. år. Der blev i alt høstet tre slæt. Fra ugødet vårbyg til modenhed undersået med alm. rajgræs (ingen slæt) var der en N-udvaskning på 34 kg pr. ha. I behandlingen med ugødet vårbyg til modenhed efterfulgt af to gange fræsninger om efteråret, for at holde jorden sort, var der en N-udvaskning på omkring 170 kg N pr. ha. Tilførsel af 120 kg ammonium-N pr. ha i gylle til vårbyg til modenhed efterfulgt af barjord gav i gennemsnit en merudvaskning på omkring 120 kg nitrat-N pr. ha, i alt 300 kg N pr. ha. Merudbyttet for gødningstilførslen var meget begrænset.



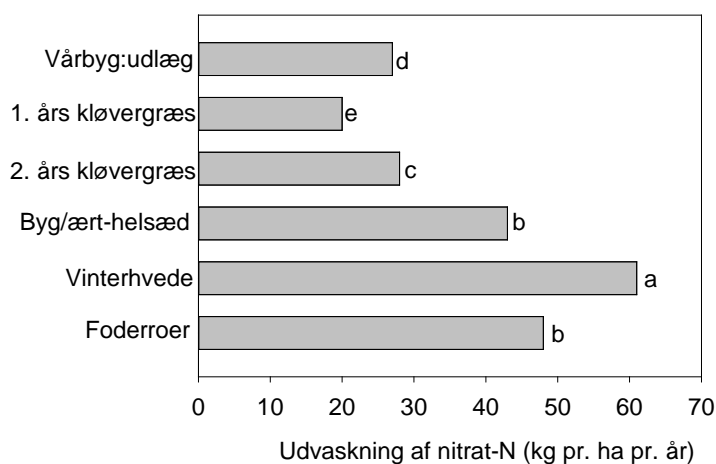
Figur 6. Effekt af anvendelse af vårbyg/efterafgrøder på N-udvaskningen efter forårsplojning af en 3. års kløvergræsmark på grovsandet jord (JB1). Et års forsøg (efter Hansen m. fl., 2004).

”Drikkevand” efter nedpløjet kløvergræs vha. rajgræsefterafgrøde undersøgt i vårbyg (Eriksen, 2001):

I et forsøg på Foulum (JB4) kunne årets gennemsnitlige nitrat-koncentration, målt i 1 meters dybde, holdes under EU’s grænse for drikkevand på 50 mg nitrat pr. liter i hele tre år efter nedpløjning af flerårige kløvergræsmarker. Det skyldtes brugen af veletablerede rajgræsefterafgrøder (8 kg pr. ha) udlagt i ugødet vårsæd høstet til modenhed de to første år og som helsæd i det 3. år. Tilførsel af gødning til vårsædsmarkerne øgede N-udvaskningen mærkbart. Eftervirkningen, det første år efter nedpløjning, blev målt til omkring 115 kg N pr. ha, hvilket betyder, at der ikke var behov for at tilføre yderligere gødning. Herefter faldt eftervirkningen til 60 kg N pr ha i det 2. år, og i det 3. år var der ingen målelig eftervirkning (Eriksen m.fl. 2001). Forsøgene på Foulum viste, at N-udvaskningen efter nedpløjet græs ikke var bestemt af andelen af græs i sædskiftet eller af græsmarkstypen.

Resultater I fra kvægbrugssædskiftet på Foulum 1994-1997 (Eriksen m.fl., 1999):

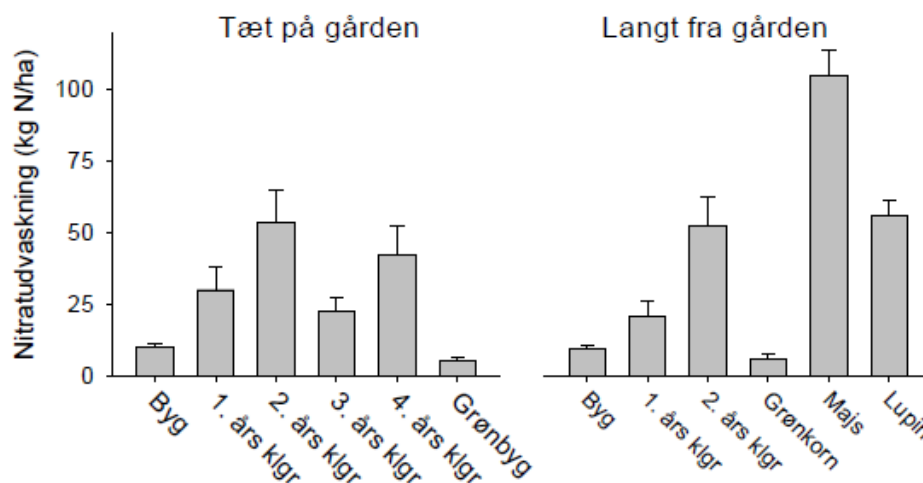
I den første forsøgsperiode i det økologiske kvægbrugssædskifte var sædskiftet ikke optimalt med hensyn til reduktion af udvaskningen fra det forårsplojede kløvergræs (se figur 7). Første vinter, efter nedpløjning af kløvergræs, var jorden tilsået med vinterhvede, og anden vinter var jorden bar. I det tredje år efter ompløjningen var roernes lange vækstsæson ikke tilstrækkelig til at reducere N-udvaskningen væsentligt.



Figur 7. N-udvaskning fra hver afgrøde i et 6-mark kvægbrugssædskifte på Foulum. Gennemsnit af 4 år, 4 forskellige gødningsbehandlinger og 4 gentagelser. Hvis bogstaverne er forskellige, er der signifikant forskel mellem afgrøderne.

Resultater II fra kvægbrugssædskiftet på Foulum 2007-2010 (Eriksen m.fl., 2011):

I figur 8 ses den årlige nitratudvaskning fra kvægbrugssædskiftet på Foulum. Den laveste N-udvaskning blev målt i markerne med grønbyg/ital. rajgræs, som efterfulgte forårsnedpløjet 2. års kløvergræs ("langt fra gården") og 4. års kløvergræs ("tæt på gården"). Her var udvaskningen til 1 m dybde, målt vha. sugeceller, mindre end 10 kg nitrat-N pr. ha. pr. år. Med hensyn til N-udvaskningen fra kløvergræsmarkerne så er det især de gødgede afgræsningsmarker, der har trukket niveauet op iflg. figur. 4a.

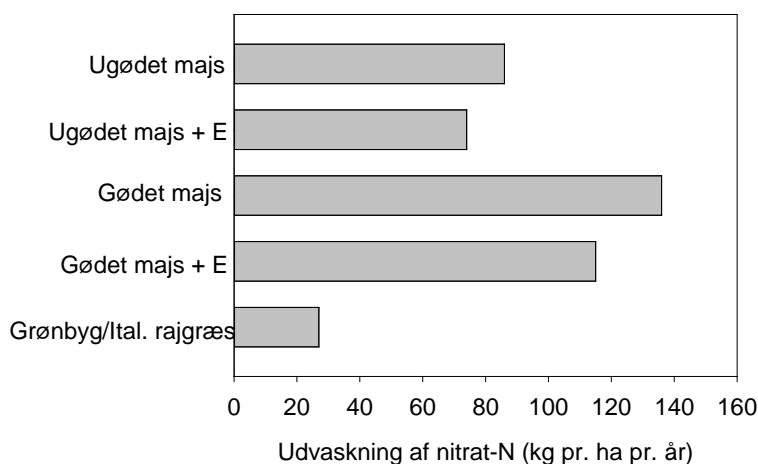


Figur 8. Årlig nitratudvaskning fra to forskellige kvægsædskifter på Foulum (JB4). Gennemsnit af år, græsmarksbehandlinger og gentagelser (Eriksen m.fl., 2011). Effekterne på N-udvaskningen af behandlingerne i samme forsøg er vist i figur 4a.

I sædskiftet "langt fra gården" var der størst udvaskning efter majs, lidt over 100 kg nitrat-N pr. ha. Majsene var gødet med 200 kg total-N pr. ha i gylle, og der var undersået en efterafgrøde af vinterraps og rajgræs i forbindelse med den sidste hypning. Efterafgrøden udviklede sig svagt alle år, og den var øjensynligt ikke i stand til at optage al den kvælstof, der blev mineraliseret. Også efter lupin var udvaskningen relativ høj. Efter høst af lupinen blev der sået rug som efterafgrøde. Den har heller ikke været i stand til at reducere N-udvaskningen tilfredsstillende.

Effekt af efterafgrøder i majs (Hansen og Eriksen, 2009):

Effekten af efterafgrøder i majs med forfrugt kløvergræs er undersøgt i et etårigt forsøg på en økologisk mark i Sønderjylland. Rajgræs som efterafgrøde i majs reducerede ikke N-udvaskningen nævneværdigt (figur 9). Der var en tendens til at udlægget reducerede majsudbyttet en lille smule. Tilførsel af 135 kg total-N i kvæggylle til majsene øgede udvaskningen med 40-50 kg nitrat-N pr. ha. Men det øgede også udbytterne fra omkring 13 tons tørstof pr. ha til 15-16 tons tørstof pr. ha. I dette tilfælde medførte udbyttetigningen således 16-18 kg udvasket nitrat-N pr. tons høstet majstørstof. Grønbyg med ital. rajgræs til slæt reducerede udvaskningen markant i forhold til majs.



Figur 9. Nitratudvaskning fra 1. april 2009 til 31. marts 2010 fra gødet og ugødet majs med og uden efterafgrøde samt efter grønbyg med ital. rajgræs til slæt. Alle afgrøder efterfølger en 6-årig kløvergræsmark (slæt/afgræsning) på grovsandet jord (JB1).

En teoretisk mulighed: Fra majs til foderroer på kvægbrugene

Da roerne fortsætter næringsstofoptagelsen til langt ind i efteråret, og da majs stopper sin optagelse allerede i august måned, og først høstes i oktober, er det nærliggende at antage, at N-udvaskningen vil kunne reduceres, hvis majs ombyttes med foderroer. Såfremt det blev muligt at etablere effektive efterafgrøder i majsmarkerne, ville dette forhold dog kunne ændres. Endvidere er der en lang række praktiske forhold, som skal løses, såfremt foderroerne genindføres på malkebedrifterne. Der har ikke været gennemført sammenlignende forsøg med roer og majs, som har inkluderet målinger af N-udvaskning.

Konklusion

- Efter forårsplojning af kløvergræsmarker bør jorden som minimum holdes plantedækket de efterfølgende to efterår/vintre med effektive efterafgrøder, f.eks. rajgræs undersået om foråret i vårkorn.
- Da det med baggrund i nuværende erfaringer er vanskeligt at etablere en effektiv efterafgrøde i majs, bør den ikke placeres de to første år efter nedpløjning af kløvergræs i sædskifterne.

Strategier til forebyggelse/bekæmpelse af rod ukrudt

De økologiske planteavlsbedrifter har ofte større problemer med rod ukrudt end kvægbrugsbedrifterne. Det skyldes en større andel af enårige afgrøder kombineret med en generel lavere jordfrugtbarhed og dermed ringere konkurrenceevne hos afgrøderne over for ukrudt. I figur 5 er vist forskellen i N-udvaskning fra jord der er efterårsharvet mod rod ukrudt, og jord der er plantedækket. Der kan tabes store mængder kvælstof ved u hensigtsmæssige efterårsharvninger. For økologer er det derfor vigtigt at vælge forebyggelsesstrategier, der både er effektive over for rod ukrudtet og samtidig fastholder så meget kvælstof i rodzonen som muligt. Der er flere muligheder:

- Tidsler, svinemælk og følfod på lerjorde (JB større end 4): Inficerede marker tilsås med en tidligt modnende kornafgrøde således, at der senest 10. august kan pløjes (eller harves med fuld gennemskæring) og sås efterafgrøder af olieræddike eller gul sennep (Askegaard m.fl., 2012). Om foråret, før etablering af en ny afgrøde, gentages pløjningen. Følfod kræver en indsats over flere år for at opnå effekt – og behandlinger både efter høst og i det tidlige forår.
- Tidsler og svinemælk på alle jordtyper: Etablering af kløvergræs eller lucerne, hvor der kan tages 4-5 slæt gennem vækstsæsonen, kan reducere bestandene. I disse marker opbygges en stor N-pulje, som skal fastholdes vha. efterafgrøder de to første år efter nedpløjning.
- Kvik: En effektiv metode er harvninger forår og efterår med henblik på udsultning og/eller udtørring af kvikken. Det kræver planlægning af sædskiftet således, at harvningerne gennemføres det sted i sædskiftet, hvor jordens indhold af mineraliserbart kvælstof er lavest.
- Kvik: Forud for sent såede afgrøder om foråret, f.eks. majs, kan der gennemføres en god bekæmpelse med udtørring af kvikken, f.eks. med en kvik-up-harvning.

Læs også om bekæmpelse af rodukrudt i Olsen (2011).

Halmnedmuldning

En stor del af den økologiske halm fra planteavlsbedrifterne nedpløjes på markerne. Det skyldes bl.a. behovet for at fastholde så mange næringsstoffer i jorden som muligt, især kalium. Da kulstofindholdet på de lerede jorde i Østdanmark igennem årtier har været faldende pga. korndominerede sædskifter og ingen eller kun lille tilførsel af husdyrgødning, er der et yderligere behov for at forbedre jordfrugtbarheden. Hos de økologiske mælkeproducenter fjernes halmen normalt fra markerne for at bruge det som strøelse. Den halm er derfor heller ikke til rådighed som virkemiddel på disse bedriftstyper.

På grund af halmens høje C/N-forhold (60-100) vil der efter nedpløjning ske en binding af kvælstof som et led i halmens omsætning. Denne binding reducerer N-udvaskning afhængig af mængde af halm og mængde af kvælstof i jorden. På en sandjord med lille indhold af mineralisk kvælstof vil N-bindingen være mindre end på en lerjord med et større indhold.

Nedpløjning af 4-5 tons halm pr. ha pr. år fra ensidig vårbygdyrkning har i konventionelle markforsøg på JB4- og JB6-jorde reduceret udvaskningen med i gennemsnit 12-14 kg kvælstof pr. ha (Christensen og Schjøning, 1987). Der var dog store variationer mellem forsøgsår, fra 3 til 25 kg pr. ha. Langtidseffekter af halmnedmuldning er beskrevet i Schjøning (2004). Resultaterne viser, at der kun går ca. 5 år for at nå halvdelen af den mulige effekt af halm på indbygning af kulstof i jorden ved ensidig dyrkning af vårbyg. Efter 10 år aftager effekten stærkt, og efter 35 år er der opnået en ligevægtstilstand, hvor der frigives lige så meget kulstof (og kvælstof) som der bindes.

På økologiske bedrifter vil der være en højere jordfrugtbarhed end i de ovenfor beskrevne forsøg med ensidig vårbyg og mineralisk gødning. Det skyldes et varieret sædskifte med bl.a. kløvergræs samt brug af husdyrgødning. En høj jordfrugtbarhed betyder, at der sandsynligvis kan bindes mere kvælstof fra jorden med en deraf større reduktion af N-udvaskningen, end det der kan opnås på konventionelle bedrifter.

Imidlertid har mange økologiske bedrifter igennem mange år nedpløjet halmen, hvilket betyder, at den reducerende effekt på N-udvaskningen må antages at være helt eller delvist aftaget.

Jordbearbejdning

Jordbearbejdning har betydning for mineraliseringen af kvælstof, og dermed også for risikoen for N-udvaskning. I faktaboks 5 er beskrevet gældende regler for jordbearbejdning på økologiske bedrifter. Selvom det er tilladt, fraråder vi stærkt at efterårspløje fodergræsmarker på sandede jorde pga. forøget risiko for N-udvaskning. Jordbearbejdning gennem efteråret bør alene finde sted på de pladser i sædskifterne, hvor jordens indhold af mineraliserbart kvælstof er lavest. Det vil sige tidligst 3. år efter kløvergræsmarker og ikke lige efter høst af N-fikserende afgrøder som hestebønne og lupin. Pløjning forud for vårsæd bør normalt altid først ske om foråret, såfremt der ikke er tale om lerjorde, der er vanskelige at bearbejde på dette tidspunkt.

FAKTABOKS 5. Regler for jordbearbejdning

Autoriserede økologiske bedrifter er ikke omfattet af de restriktioner som konventionelle bedrifter er underlagt med hensyn til jordbearbejdning efter høst. Det betyder, at økologer kan jordbehandle alle marker, og fra 2012 er det også tilladt at pløje fodergræs om efteråret og etablere vintersæd.

Håndtering af mislykkede afgrøder

I enkelte år kan der opstå så store problemer med sygdomme eller skadedyr i bælgplanter, at høsten ødelægges. Lus kan ødelægge en veludviklet hestebønneafgrøde fuldstændigt, gråskimmel kan nedvisne en lupinafgrøde, eller en sildig lupinafgrøde kan i våde år fortsætte den vegetative vækst, så den til sidst er umulig at høste. Tilbage står en plantemasse, der indeholder en stor mængde kvælstof, som efter visning eller nedmuldning kan give anledning til en betydelig N-udvaskning, især på sandjorde.

En løsning er at nedmulde den mislykkede afgrøde så hurtig som muligt efter dødsdommen og så etablere en efterafgrøde i perioden 15. juli til 10. august. Det kan f.eks. være olieræddike på lerjorde og en vinterfast blanding af vinterrug og ital. rajgræs på sandjorde.

Med adgang til et biogasanlæg er en god løsning at afhøste plantemassen og hælde den på biogasanlægget, og herefter etablere en effektiv efterafgrøde. Problemet er, at der endnu kun findes meget få økologiske biogasanlæg.

Der frarådes, at hælde plantemassen direkte i gyllebeholderen, da den desværre vil give anledning til en betydelig produktion af drivhusgassen metan. I stedet kan den afhøstede plantemasse ensileres, evt. sammen med halm, for at opsuge overskydende væske. Om foråret nedpløjes ensilagen direkte i marken eller hældes i gyllebeholderen. På dette tidspunkt er gyllen kold, og opholdstiden er ligeledes også kort, hvilket reducerer produktionen af metangasser (pers. medd. Torkild S. Birkmose).

Forøgelse af de økologiske udbytter

En forøgelse af udbytterne fra f.eks. 4 til 5 tons kerne pr. ha uden yderligere N-tilførsel vil betyde en merbortførsel af kvælstof fra marken på 15-18 kg pr. ha. Dele af eller hele denne N-mængde kunne

potentielt udvaskes. En ikke N-drevet udbyttetigning sker gennem optimal management, herunder sorts- og artsvalg, etableringsmetode og såtidspunkt, optimal vanding, dækning af behov for ikke-N-næringsstoffer samt kontrol af ukrudt. Også timing af nedpløjningen af efterafgrøder i forhold til deres type, udvikling og C/N forhold spiller en væsentlig rolle (Thorup-Kristensen og Askegaard, 2012).

Det dur ikke for økologer

I den konventionelle dyrkning findes en række foranstaltninger til reduktion af N-udvaskningen, som økologerne ikke må anvende iflg. det økologiske regelsæt, eller som bare ikke passer med dyrkningsformen.

Tidlig såning af vintersæd

I et notat skriver Vinther m.fl. (2010), at gentagne forsøg har vist, at en fremrykning af såtidspunktet af vintersæd med 1 uge medfører en øget planteoptagelse og reduceret N-min indhold i jorden på 5-7 kg N/ha, og at det må forventes, at udvaskningen vil reduceres i samme niveau som reduktionen i N-min. Tidlig såning af vintersæd er imidlertid ikke så attraktivt for økologer af hensyn til kontrollen med ukrudt. Jo tidligere såning des bedre forhold for vækst får ukrudtet. Det giver risiko for reduktion af høstudbyttet og for en forøgelse af jordens frøpulje. Rækkedyrkning, der giver mulighed for radrensning, vil dog til en vis grad kunne reducere problemerne med ukrudt. Men, et andet problem er, at tidlig såning også øger risikoen for angreb af bladsvampe i vintersæden.

Kørerne på stald

Slæt i stedet for afgræsning kan reducere risikoen for N-udvaskning fra kløvergræsmarkerne. Men dette er ikke i overensstemmelse med det økologiske regelsæt, hvori indgår hensynet til dyrs naturlige adfærd. I kapitlet om management af kløvergræsmarkerne diskuteres dette, og det konkluderes, at risikoen for N-udvaskning fra afgræsningsmarkerne kan nedsættes væsentligt gennem optimal management.

Pløjefri dyrkning

Pløjninger spiller en væsentlig rolle i de økologiske sædskifter både i forhold til at indarbejde grøngødningsafgrøder i jorden og i forhold til at bekæmpe rodukrudt. På længere sigt er det muligt, at robotteknologier med sensorer og billedgenkendelse kan reducere bekæmpelsesbehovet over for rodukrudt til isolerede pletter i marken.

Konklusioner og perspektiver

De mest effektive virkemidler i forhold til at reducere N-udvaskningen fra økologiske bedrifter findes inden for områderne management af kløvergræsmarkerne, brug af efterafgrøder og bekæmpelse af rodukrudt. N-udvaskningen fra afgræsningsmarker kan reduceres ved 1) at undlade tilførsel af gylle til afgræsningsmarkerne, eller ved at gøde moderat og så høste første slæt før kørerne bindes ud på græsmarken og 2) at tilpasse afgræsningsintensiteten efter græsudbuddet.

N-udvaskningen fra afgræsningsmarker kan sandsynligvis reduceres ved at forlænge græsmarkernes alder og ved at reducere køernes opholdstid på græs om efteråret. Med hensyn til sidstnævnte er der behov for

mere konkrete anvisninger vedr. strategier for efterårsafgræsningen samt en afvejning af hensynet til husdyradfærd og hensynet til vandmiljøet. Der er ligeledes behov for at regne på omkostningerne ved at udskyde kløvergræsmarkernes pløjning med 1-2 år.

En af målsætningerne i økologisk planteproduktion er at fremme jordfrugtbarheden gennem tilførsel af organisk stof. Og jo højere indhold af organisk stof i jorden des større er behovet for en optimal anvendelse af efterafgrøder for at holde på det kvælstof som mineraliseres gennem efterår og vinter. Der er brug for at udvikle operationelle strategier for anvendelse af efterafgrøder i forskellige sædskifter, så de kan indgå i den normale driftsplanlægning på bedrifterne.

Et væsentligt udestående er at få inddraget kløverens bufferegenskaber i beregningerne. I dag anvendes der standardniveauer i normale balanceberegninger, hvilket kan være meget misvisende, idet kløverens udvikling og grad af N-fiksering i høj grad responderer på jordens gødningsniveau. Det betyder, at der bag en balanceberegning kan gemme sig betydelige variationer i N-udnyttelse og N-udvaskning som følge af forskelle i driftsledelse.

Rodukrudt er en stor udfordring for økologerne, og når der gennemføres efterårsharvninger vil N-udvaskningen alt andet lige øges i forhold til en bevokset jord. De bedste virkemidler er at etablere en robust planteproduktion, hvor afgrødernes konkurrenceevne er høj, hvor der kan tages slæt eller afslås i kløvergræs- eller grøngødningsmarker, og/eller hvor der kan foretages jordbearbejdning i rækkeafgrøder gennem vækstsæsonen, hvor risikoen for N-udvaskning er lav. Hvis der skal gennemføres efterårsharvninger lægges disse på det sted i sædskiftet, hvor jordens indhold af mineraliserbart kvælstof er lavest. Ligesom med efterafgrøderne er der brug for i endnu højere grad at integrere forebyggelsen mod rodukrudt i den overordnede driftsplanlægning.

Referencer

- Anonym. 2009. Notat vedr. virkemidler og omkostninger til implementering af vandrammedirektivet. April 2009. Danmarks Miljøundersøgelser og Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet samt Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.
- Askegaard, M. Olsen, L.E. og Mejnertsen, P. 2012. Efterafgrøder i økologisk planteavl. www.landbrugsinfo.dk/oekologi/udfasning/
- 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.
- Askegaard M. and Eriksen J. 2008. Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch crops on a coarse sand. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 123, 99-108.
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Kristensen, I.S., Olesen, J.E. 2004. Nitratudvaskning fra økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter – simuleringer med FASSET bedriftsmodellen. DJF rapport, Markbrug nr. 107.
- Birkmose, T. og Petersen, J. 2004. Biogasbehandling. I: Jørgensen, U. (ed.) Muligheder for forbedret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport, Markbrug nr. 103.

- Christensen, B.T. og Schjøning, P. 1987. Nedmuldning af halm. Tidsskrift for Planteavl Specialserie. Beretning nr. S 1911.
- Eriksen J. 2001. Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grasslands. *Journal of Agricultural Science* 136, 271-281.
- Eriksen, J., Ledgard, S., Luo, J., Schils, R. og Rasmussen, J. 2010. Environmental impacts of grazed pastures. I: Schnyder, H. (Ed.) *Grassland Science in Europe 15*, 880-890.
- Eriksen, J., Askegaard, M. og Kristensen, K. 1999. Nitrate leaching in an organic dairy/crop rotation as affected by organic manure type, livestock density and crop. *Soil Use and Management*, 15, 176-182.
- Eriksen, J., Vinther, F.P. og Søgaard, K. 2004. Nitrate leaching and N₂-fixation in grasslands of different composition, age and management. *Journal of Agricultural Science*, 142, 141-151.
- Eriksen, J.; Søgaard, K.; Askegaard, M.; Lamandé, M. and Krogh, P.H. (2011) Produktion og næringsstofudnyttelse i kløvergræsmarker. Intern Rapport, Husdyrbrug 27. DJF, Aarhus Universitet, pp. 21-26.
- Eriksen, J., Askegaard, M., Søgaard, K. 2008. Residual effect and nitrate leaching in grass-arable rotations: Effect of grassland proportion, sward type and fertilizer history. *Soil Use and Management*, 24, 373-382.
- Hansen E. M. og Eriksen, J. 2009. Nitratudvaskning fra majs. ICROFS nyt, nr. 4, 3-4.
- Hansen, E., Eriksen, J. og Vinther, F. 2004. Øget udnyttelse af kvælstof efter ompløjning af afgræsset kløvergræs. *Grøn Viden, Markbrug* nr. 300.
- Hvid, S.K. 2008. Sammenligningstal for næringsstofoverskud på bedrifter med grønt regnskab. www.LandbrugsInfo.dk
- Hvid, S.K. 2010. Sammenligningstal for næringsstofoverskud på bedrifter med grønt regnskab 2003-2008. http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Sider/pl_10_067.aspx
- Kristensen T. og Oudshoorn, F. 2006. Begrænset afgræsningstid. *Plantekongres 2006*, 158-159.
- Olsen, L.E. 2011. Bekæmpelse af rod ukrudt. http://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/Ukrudt/Rodukrudt/Sider/Bekaempelse_af_rodukrudt.aspx
- Schjøning, P. 2004. Langtidseffekter af halmnedmuldning. *Grøn Viden, Markbrug* nr. 295.
- Sørensen, P. og Waagepetersen, J. 2010. Omlægning af malkekvægbrug til økologisk produktion. Virkemidler til reduktion af udvaskningsrisiko. Driftsmæssige reguleringer. Årgang 1, nr. A3. DMU og DJF
- Thorup-Kristensen og Askegaard, 2012. Tidspunkter for nedpløjning af grøngødning. <http://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/Afgroeder/Efterafgroeder/Sider/grongodning.aspx>
- Waagepetersen, J. 2009. Reduktion af N-udvaskning ved omlægning fra konventionel til økologisk jordbrug. I: Børgesen m.fl. Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater. DJF Rapport Markbrug 142.
- Vinter, F.P., Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2010. Faglig redegørelse vedr. efterafgrøder og tidlig såede vinterafgrøder. Aarhus Universitet.