

OPDATERING AF KVÆLSTOFUDVASKNING FRA ØKOLOGISKE BEDRIFTER

JØRGEN E. OLESEN, TROELS KRISTENSEN, IB SILLEBAK KRISTENSEN, CHRISTEN D. BØRGESEN,
JØRGEN ERIKSEN, BIRGER FAURHOLT PEDERSEN, ANNE GRETE KONGSTED.

DCA RAPPORT NR. 176 · OKTOBER 2020 · RÅDGIVNING



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



OPDATERING AF KVÆLSTOFUDVASKNING FRA ØKOLOGISKE BEDRIFTER

DCA RAPPORT NR. 176 · OKTOBER 2020 · RÅDGIVNING



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Jørgen E. Olesen, Troels Kristensen, Ib Sillebak Kristensen, Christen D. Børgesen, Jørgen Eriksen,
Birger Faurholt Pedersen, Anne Grete Kongsted

Aarhus Universitet

Institut for Agroøkologi

Blichers Allé 20

8830 Tjele

OPDATERING AF KVÆLSTOFUDVASKNING FRA ØKOLOGISKE BEDRIFTER

Serietitel og nummer:	DCA rapport nr. 176
Rapporttype:	Rådgivning
Udgivelsesår	Oktober 2020, 1. udgave, 1. oplag
Forfatter(e)	Jørgen E. Olesen, Troels Kristensen, Ib Sillebak Kristensen, Christen D. Børgesen, Jørgen Eriksen, Birger Faurholt Pedersen, Anne Grete Kongsted
Rekvirent:	Miljø- og Fødevareministeriet, Landbrugsstyrelsen
Finansiéring:	Rapporten er udarbejdet som led i Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2020-2023
Faglig kommentering:	Elly Møller Hansen og Peter Sørensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCA	Specialkonsulent Lene Hegelund, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet
Ekstern kommentering:	Landbrugsstyrelsen. Se https://bit.ly/31P3Q5S
Eksterne bidrag:	Nej
Eksternt review	Som en del af denne opgave er der indsamlet og behandlet nye data, og rapporten præsenterer resultater, som ikke ved rapportens udgivelse har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Udgiver:	DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk , hjemmeside: dca.au.dk
Bedes citeret:	Olesen, J. E., Kristensen, T., Kristensen, I. S., Børgesen, C. D., Eriksen, J., Pedersen, B. F. og Kongsted, A. G. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 55 s. - DCA rapport nr. 176 https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport176.pdf
Layout:	Jytte Christensen, Institut for Agroøkologi og Cecilie Ditte Christensen, DCA - Nationalt center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet
Fotos omslag:	Henning Thomsen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
Tryk:	Digisource.dk
ISBN:	Trykt version 978-87-93998-24-7, elektronisk version 978-87-93998-25-4
ISNN:	2245-1684
Sideantal:	55
Internetversion:	https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport176.pdf

Forord

Denne rapport er udarbejdet på grundlag af en bestilling fra Miljø- og Fødevareministeriet, Landbrugsstyrelsen som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2020-2023". I bestillingen har Landbrugsstyrelsen ønsket en revurdering af kvælstofudvaskningen fra økologiske bedrifter.

Rapporten er fagfællebedømt af Elly Møller Hansen og Peter Sørensen (begge Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet). Landbrugsstyrelsen har haft mulighed for at kommentere på et udkast til rapporten.

Niels Halberg,

Direktør, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Indholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	7
Summary	8
1 Baggrund	9
2 Tidligere opgørelser af kvælstofudvaskning fra økologisk produktion	10
3 Eksperimentelle undersøgelser af kvælstofudvaskning i økologisk jordbrug	11
3.1 Planteavl	11
3.1.1 Afgrøder	12
3.1.2 Gødskning og kvælstofoverskud	13
3.1.3 Efterafgrøder	13
3.1.4 Ukrudtsbekæmpelse	14
3.2 Kvægbrug	14
3.2.1 Afgrøder i sædskiftet	14
3.2.2 Kløvergræsmarker med afgræsning	15
3.2.3 Omløjning af kløvergræs	15
3.3 Svinebrug	16
3.3.1 Søer på friland	16
3.3.2 Slagtesvin på friland	18
4 Udvikling i økologiske produktionsformer og omlægning til økologisk jordbrug	20
4.1 Areal med forskellige produktionsgrene og afgrøder	20
4.2 Omlægning	24
5 Standardsædskifter	26
5.1 Sammenligning af standardsædskifter med faktisk afgrødefordeling	28
6 Kvælstofudvaskning fra karakteristiske økologiske og konventionelle bedrifter	31
6.1 NLES5 modellen	31
6.1.1 Husdyrgødning	34
6.1.2 Jorddække i efteråret	34
7 Resultater	35
8 Samlet vurdering af økologiens effekt på nitratudvaskning	38

8.1	Yderligere effekter og usikkerheder.....	40
8.2	Sammenligning med tidligere estimater	42
9	Konklusion.....	45
10	Referencer	46
11	Appendiks A.....	51

Sammendrag

Landbrugsstyrelsen har bedt DCA om en revurdering af den generelle nitratudvaskning fra økologiske arealer, da der er sket betydelige ændringer i regulering af landbrugets gødningsanvendelse siden denne effekt tidligere er blevet estimeret. Effekten på nitratudvaskning af omlægning til økologisk jordbrug har været estimeret i flere tidligere studier, og effekten har generelt været faldende over tid. Dette skyldes især, at der er sket stramninger på kvælstofanvendelse og jordbearbejdning i efteråret på det konventionelle landbrug. Senest er effekten i 2013 nedjusteret til 10-17 kg N/ha.

Der er i denne rapport taget udgangspunkt i den landbrugsmæssige arealanvendelse i 2017. Både konventionelle og økologiske bedrifter er opdelt i fire driftsgrene: kvæg, svin, plante og blandet. Der er for hver af disse otte bedriftstyper opstillet sædskifter, der tilsammen repræsenterer den landbrugsmæssige drift på økologiske og konventionelle bedrifter i 2017, herunder også den kvælstofanvendelse der er betinget af den generelle regulering og af kravene til Økologisk Arealstøtte. Nitratudvaskningen er beregnet med NLES5 modellen for hver af sædskifterne for det danske klima for hvert af årene 2000-2010 for repræsentative jordtyper. Modelberegningerne viser at økologisk drift med typesædskifterne reducerer nitratudvaskningen med 18, 22, -3 og 18 kg N/ha årligt for plante, kvæg, svin og blandet landbrugsdrift. Et arealvægtet landsgennemsnit viser en reduktion i den modelberegnete kvælstofudvaskning på 16 kg N/ha ved overgang fra konventionel til økologisk drift. Dette estimat er i ringe grad påvirket af om der sammenlignes mellem typiske konventionelle og økologiske bedrifter eller om der tages udgangspunkt i faktisk omlagte bedrifter.

Modelberegningerne er baseret på typesædskifter, hvor visse forskelle mellem produktionsformerne i anvendelse af efterafgrøder og management af græsmarker ikke er medregnet. Der er en større udbredelse af afgræsning i økologisk end i konventionel kvægbrug. Denne effekt er beregnet at øge nitratudvaskningen i økologisk landbrug sammenlignet med konventionel landbrug med 3-4 kg N/ha. Brugen af målrettede efterafgrøder og husdyrefterafgrøder, der har været implementeret i de seneste år på konventionelle brug, har mindsket nitratudvaskningen med 2-3 kg N/ha på konventionelle brug i 2017. Den samlede effekt med udgangspunkt i dyrknings- og gødningspraksis for 2017 bliver derfor en reduktion i nitratudvaskning ved overgang fra konventionel til økologisk drift på 9 til 11 kg N/ha. Der er frem til 2020 sket en yderligere stigning i omfanget af målrettede efterafgrøder på det konventionelt dyrkede areal, og der er også en lille stigning i dyrkningen af frivillige efterafgrøder på det økologiske areal. Disse ændringer reducerer forskellen med 2 til 3 kg N/ha til et estimeret interval for reduktion i nitratudvaskningen på 6 til 9 kg N/ha for 2020.

Summary

Nitrate leaching from agricultural land is affected by the cropping systems, crop and soil management and by nitrogen (N) inputs. There are thus differences in nitrate leaching between organic and conventional farming practices. This difference was in 2003 assessed to a reduced leaching for organic farming practices in Denmark of 33 kg N/ha annually. However, over time there has been considerable regulation of agricultural N use that primarily has affected conventional agriculture. In 2013 the effect was therefore adjusted to an estimated effect of 10-17 kg N/ha. Since then additional regulations and support schemes have affect nitrate leaching through requirements for cover crops and tillage as well as changes affecting fertilization rates. This calls for a reassessment of the effect of conversion from conventional to organic farming on nitrate leaching.

This report takes the basis in the agricultural land use in 2017. Both conventional and organic farms are divided into four types: cattle, pig, arable and mixed. Crop rotations were then defined for each of these eight farm types that in total represent the agricultural systems on organic and conventional farms in 2017, including the use of N in fertilizers and manure. The nitrate leaching was estimated with the NLES5 model for each of the crop rotations for the Danish climate for each of the years from 2000 to 2010 for representative soil types. The model calculations show that organic farming with the typical crop rotations reduces nitrate leaching by 18, 22, -3 and 18 kg N/ha annually for farms with crops, cattle, pigs and mixed agriculture, respectively. An area-weighted estimate shows a reduction of 16 kg N/ha in nitrate leaching from converting from conventional to organic farming. This estimate does not to any great extent depend on whether typical conventional and organic farms are compared or if the comparison considers which conventional farm types are converted to which organic farms.

The model calculations are based on typical crop rotations, where certain characteristics of the production systems in terms of grassland management and use of cover crops are not accounted for. There is a greater use of grazing in organic than conventional agriculture. This effect was estimated to increase nitrate leaching of organic compared with conventional farming by 3-4 kg N/ha. The increased use of cover crops that have been implemented in recent years have reduced nitrate leaching by 2-3 kg N/ha on conventional farming in 2017. The total effect of organic farming compared with conventional farming in 2017 is therefore a reduction in nitrate leaching of 9-11 kg N/ha. The use of cover crops have further increased from 2017 to 2020 in both conventional and organic farming further, reducing the effect of organic farming on nitrate leaching by 2-3 kg N/ha to an estimated reduction of 6-9 kg N/ha in 2020.

1 Baggrund

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, ønsket en revurdering af kvælstofudvaskningen fra økologiske bedrifter. I bestillingen anføres, at der skal tages udgangspunkt i en tidligere besvarelse fra DCA "Afklaring af om der er grundlag for en ny faglig opdatering af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter" (Olesen et al., 2019), hvori der er projektbeskrivelse for en sådanne revurdering.

Besvarelsen fra Olesen et al. (2019) er udarbejdet på baggrund af en bestilling, hvor Landbrugsstyrelsen bad DCA om en vurdering af, om der er grundlag for at igangsætte en revurdering af den generelle udvaskning fra økologiske arealer, og hvordan AU i givet fald foreslår opgaven løst. Der spørges specifikt til, hvilken effekt indførelsen af Økologisk Arealtilskud (ØA) har haft, og der ønskes en vurdering af, hvad der skal til for at konsolidere en vurdering af udvaskningen fra økologiske arealer ift. driftsgrene frem mod tredje vandplanperiode. Ifølge Landbrugsstyrelsen, må ændrede forudsætninger under Fødevarer- og Landbrugspakken gerne inddrages i besvarelsen, f.eks. indfasning af ophævelsen af gødskning under økonomisk optimum og ændret harmoniareal for svinehold. Ligeledes beder Landbrugsstyrelsen om at effekter af krav (fx MFO og husdyrefterafgrøder), der ikke gælder for økologiske bedrifter, inddrages.

Landbrugsstyrelsen gav i deres bestilling en gennemgang af relevante ændringer af tilskudsregler, arealer mm. siden den seneste faglige vurdering af kvælstofudvaskningen fra økologiske bedrifter (Børgesen et al., 2013). Disse oplysninger omfatter:

- Før 2014 var økologerne enten begrænset af økologireglernes generelle krav om maksimal anvendelse af 170 kg total N/ha eller de daværende tilskudsordningers krav om maksimal anvendelse af 140 kg total N/ha. Siden er der sket ændringer i rammevilkårene for landbruget generelt med Fødevarer- og Landbrugspakken fra 2015 og for økologerne via nye tilskudsordninger fra 2014.
- Pr. 1. september 2014 indførte Landbrugsstyrelsen ØA. Her var der krav om anvendelse af maksimalt 100 kg udnyttet N/ha. Yderligere blev der indført et tillæg i arealtilskuddet til reduceret anvendelse af kvælstof med et krav om maksimal anvendelse af 60 kg udnyttet N/ha på alle bedriftens arealer inkl. eventuelle ikke-økologiske arealer.
- I 2017 var der ca. 229.565 ha med ØA, heraf ca. 63.000 ha som kun måtte tildeles 60 kg udnytteligt N/ha, mod et loft på 100 kg udnytteligt N/ha, der er en forudsætning for at modtage ØA. Dette skal ses i forhold til at økologer ellers må anvende 170 kg total N/ha.

I nærværende notat revurderes kvælstofudvaskningen ved omlægning fra konventionel til økologisk landbrug med udgangspunkt i den foreslåede metode i Olesen et al. (2019).

2 Tidligere opgørelser af kvælstofudvaskning fra økologisk produktion

Estimaterne for hvilken effekt økologisk jordbrug har på kvælstofudvaskning i forhold til konventionel jordbrug er løbende blevet justeret. I forbindelse med VMPII evalueringen blev effekten af omlægning til økologisk drift vurderet til at være 33 kg N/ha (Blicher-Mathiesen et al., 2003). Her blev effekten for kvægbedrifter vurderet ved at sammenholde bedriftsbalancer mellem konventionelt drevne kvægbedrifter i 1999 og økologisk drevne kvægbedrifter i 2003. Effekten på planteavlsbedrifter blev analyseret med bedriftsmodellen FASSET (Knudsen et al., 2006). Den gennemsnitlige reduktion af nitratudvaskningen ved omlægning til økologisk jordbrug blev beregnet som et arealvægtet gennemsnit af reduktion af udvaskningen på 69 kg N/ha for malkekvægsproduktion og en stigning på 4 kg N/ha ved omlægning fra konventionel til økologisk planteavl, svarende til en gennemsnitlig reduktion på 33 kg N/ha årligt.

I forbindelse med midtvejsevaluering af VMPIII blev effekten af omlægning til økologisk drift revurderet til 17 kg N/ha (Børgesen et al., 2009). Nedjusteringen fra 33 til 17 kg N/ha var baseret på skøn, men den primære årsag til denne reduktion i effekten var, at der i den mellemliggende periode var sket væsentlige stramninger i gødningsanvendelsen, hvorved udvaskningen fra konventionel jordbrug var reduceret i forhold til udvaskningen fra økologisk jordbrug. Der blev opstillet kvælstofbalancer for økologiske og konventionelle kvæg- og planteavlsbedrifter for at understøtte dette.

Ved evalueringen af Grøn Vækst aftalen blev den udvaskningsreducerende effekt af omlægning til økologisk jordbrug skønnet at være i størrelsesordenen 10-17 kg N/ha (Børgesen et al., 2013). Nedjusteringen i forhold til midtvejsevalueringen af VMPIII blev begrundet med nye regler vedrørende forbud mod jordbearbejdning og ompløjning af fodergræs om efteråret. Da disse forbud alene var gældende for konventionelt jordbrug, blev forskellene i udvaskning mellem konventionel og økologisk jordbrug reduceret.

Siden skønnet for den udvaskningsreducerende effekt af omlægning til økologisk jordbrug i 2013 blev revurderet til 10-17 kg N/ha (Børgesen et al., 2013), er det sket en del ændringer i reguleringen af det konventionelle landbrug, der også har haft betydning for gødningsniveau, afgrødevalg og anvendelse af efterafgrøder. Samtidig er der på det seneste sket en stigning i omfanget af økologisk landbrug samt i reglerne for støtte til økologisk produktion, der også har haft betydning for gødningsanvendelse. Både for det konventionelle og økologiske landbrug er der således sket betydelige ændringer, siden der med analyserne i 2006 (Knudsen et al., 2006) og 2009 (Børgesen et al., 2009) blev gennemført egentlige beregninger til sammenligning af kvælstofudvaskning fra økologisk og konventionelt landbrug. Der er i den mellemliggende periode også opsamlet yderligere eksperimentelle data på kvælstofudvaskning, der vil kunne bruges som grundlag for kvalificering af forskellene mellem brugstyperne.

3 Eksperimentelle undersøgelser af kvælstofudvaskning i økologisk jordbrug

Hermansen et al. (2015) gennemgik litteraturen omkring kvælstofudvaskning fra økologiske kontra konventionelle produktionssystemer i Danmark. For malkekvægbedrifter er hovedforskellen et større husdyrhold pr. ha på konventionelle sammenlignet med økologiske bedrifter. Dette giver et større kvælstofoverskud på konventionelle bedrifter, og en beregnet kvælstofudvaskning, der er 30 kg N/ha større på konventionelle sammenlignet med økologiske malkekvægbedrifter. For planteavlbedrifter blev det, baseret på eksperimentelle og modelbaserede studier, konkluderet, at der ikke er forskelle i udvaskningen. For grønsagsproduktion kan der være stor risiko for udvaskning, og med store forskelle mellem forskellige grønsagskulturer. Dette gælder for både økologisk og konventionel produktion, og risikoen for udvaskning reduceres især gennem anvendelse af efterafgrøder. For svinebedrifter fandt Hermansen et al. (2015) både meget store forskelle mellem økologiske og konventionelle produktionssystemer, og også store forskelle inden for økologiske produktionssystemer. Der må dog generelt forventes en noget højere kvælstofudvaskning fra de økologiske svinebedrifter sammenlignet med konventionelle bedrifter, og det er estimeret at kvælstofudvaskningen fra typiske økologiske svinebedrifter er 50 kg N/ha større end fra konventionel produktion (Hermansen et al., 2015).

Der er således store forskelle i kvælstofudvaskning mellem forskellige produktionssystemer, og forskellene i nitratudvaskning mellem økologisk og konventionel produktion er også afhængig af produktionssystemet og dets specifikke sammensætning. Her gives en opdatering af resultater fra eksperimentelle undersøgelser omkring nitratudvaskning i forskellige økologiske produktionssystemer med udgangspunkt i de dominerende driftsgrene planteavl, kvæg- og svinebrug. Der er i gennemgangen fokus på effekter af management, som har ganske betydelig effekt på N-udvaskningen.

3.1 Planteavl

Der er gennemført forsøg med sammenligning af økologiske og konventionelle planteavlssædskifter på tre lokaliteter i Danmark (fx de Notaris et al., 2018; Pandey et al., 2018). I disse langvarige sædskifteforsøg, der startede i 1997, er der benyttet standardiserede sædskifter, hvor afgrødefølgen for nogle af sædskifterne er identiske mellem de økologiske og konventionelle systemer og hvor der benyttes husdyrgødning i de økologiske systemer og handelsgødning i de konventionelle systemer (Shah et al., 2017). I disse sammenligninger blev der ved opgørelse over 4-års periode (2005-2008 og 2011-2014) ikke fundet forskel i kvælstofudvaskning mellem økologiske og konventionelle planteavlssystemer med samme afgrødesammensætning (Knudsen et al., 2014; de Notaris et al., 2018; Pandey et al., 2018). Der var dog store forskelle i udvaskningsniveau mellem forskellige lokaliteter betinget af forskelle i klima og jordtype (Pandey et al., 2018).

Der er tidligere gennemført en modelbaseret analyse af nitratudvaskning fra typiske økologiske og konventionelle planteavlssædskifter i Danmark (Knudsen et al., 2006). Her blev der heller ikke fundet betydelige forskelle i kvælstofudvaskning mellem økologisk og konventionel dyrkning.

Biernat et al. (2020) sammenlignede målt nitratudvaskning fra en konventionel og to økologiske planteavlsbedrifter i Nordtyskland. De økologiske planteavlsbrug varierede med hensyn til hvor store gødningsmængder, der blev brugt. Nitratudvaskningen i de økologiske brug lå dog på samme niveau, hvorimod nitratudvaskningen på det konventionelle planteavlsbrug var ca. 12 kg N/ha højere end for de økologiske planteavlsbrug. Det skal dog bemærkes, at reguleringen omkring kvælstofanvendelsen i Tyskland afviger fra den danske, hvilket også vil påvirke kvælstofudvaskningen. Der er endvidere tale om specifikke bedrifter, hvor både bedriftens struktur og management samt lokale jordbundsforhold spiller en rolle for nitratudvaskningen, og generalisering af sådanne data til sammenligninger mellem økologisk og konventionel planteavl er derfor forbundet med stor usikkerhed.

I praksis er de økologiske planteavlsbrug typisk mere alsidige end konventionel planteavl, og der vil ofte også være et mindre husdyrhold på bedrifterne. En del planteavlsbrug har også et samarbejde med et kvægbrug, således at der dyrkes foder (typisk kløvergræs) til kvægbruget mod at der modtages husdyrgødning (Noe et al., 2015). På konventionelle planteavlsbedrifter er der også import af husdyrgødning, men dog primært til kornbaserede sædskifter. Der er en række faktorer, der er afgørende for resultatet af sammenligningen af nitratudvaskning mellem økologisk og konventionel dyrkning, og her spiller især afgrødevalg, gødning og efterafgrøder en stor rolle.

3.1.1 Afgrøder

Der er stor forskel på nitratudvaskning fra forskellige afgrøder og afgrødesekvenser. Af særlig stor betydning er situationer med stor kvælstofmineralisering i efteråret kombineret med sparsom eller ingen plantedække til at optage det mineraliserede kvælstof (Askegaard et al., 2011). Der er således fundet meget stor udvaskning ved dyrkning af vintersæd umiddelbart efter kløvergræs (Askegaard et al., 2005, 2011) eller efter økologiske kartofler, der følger en kløvergræs (de Notaris et al., 2018). Bælgsæd, som hestebønner, kan også efterlade en betydelig organisk kvælstofmængde i jorden, der kan være kilde til kvælstofudvaskning, hvis dette ikke reduceres gennem effektiv planteoptag, fx i efterafgrøder (Zhao et al., 2020).

Der er dog også afgrøder med lav kvælstofudvaskning, og her spiller især græsmarker en rolle for at reducere kvælstofudvaskningen. Der er fundet en lidt højere kvælstofudvaskning for kløvergræs, der fungerer som grøngødning med tilbageførsel af plantemassen, end hvor græsset er høstet og bortført (Brozyna et al., 2013). Kvælstofbalancen i græsmarker har således betydning for kvælstofudvaskning i både græsmarken og i de efterfølgende afgrøder.

3.1.2 Gødskning og kvælstofoverskud

Gødskningsniveauet har indflydelse på nitratudvaskningen, men effekten afhænger af jordtype og klima (Pandey et al., 2018). En større andel af den tilførte kvælstofmængde i gødning og kvælstoffiksering tabes på sandjord og ved høj afstrømning (Pandey et al., 2018). Analyser af de langvarige forsøg med økologiske og konventionelle planteavlssædskifter viser, at 8 til 14 % af stigningen i tilført kvælstof tabes ved udvaskning (de Notaris et al., 2018; Pandey et al., 2018), og at 19 til 27 % af stigningen i kvælstofoverskuddet tabes. Kvælstofoverskuddet er opgjort som tilført kvælstof i gødning, kvælstoffiksering og deposition fratrukket kvælstof i de høstede afgrøder. Disse effekter er beregnet ved sammenligning af økologiske og konventionelle dyrkningssystemer med forskellig afgrødesammensætning og forskellige gødningsniveauer. Derimod er effekterne beregnet separat for dyrkningssystemer med og uden efterafgrøder, da brugen af efterafgrøder har stor betydning for kvælstofudvaskningen, men stort set ingen effekt på kvælstofoverskuddet.

Kvælstofoverskuddet varierer mellem konventionelle og økologiske planteavlssystemer som følge af forskelle i både kvælstoftilførsel og høstudbytte. Det er i stort omfang den begrænsede kvælstofmængde i gødningen, der begrænser udbyttet i økologiske planteavl, men også ukrudt og forekomst af sygdomme og skadedyr kan i visse situationer have stor betydning (Shah et al., 2017). Der vil især i forbindelse med alvorlige angreb af sygdomme og skadedyr være risiko for at afgrøden efterlader kvælstof i efteråret, som efterfølgende kan udvaskes (de Notaris et al., 2018).

3.1.3 Efterafgrøder

Brug af efterafgrøder er fundet at være af større betydning for nitratudvaskningen i planteavlssystemer end niveauet på kvælstofgødskningen (de Notaris et al., 2018). Det er forskellen mellem efterårssituationer med og uden bar jord, der er afgørende for udvaskningen (Askegaard et al., 2011), og her er effekten af bar jord på nitratudvaskningen på tværs af jordtyper i det langvarige forsøg med økologiske og konventionelle planteavlssædskifter fundet at være ca. 20 kg N/ha (Pandey et al., 2018). de Notaris et al. (2018) fandt tilsvarende en forskel på dyrkningssystemniveau af efterafgrøder på ca. 20 kg N/ha for både økologiske og konventionelle planteavlssystemer. I disse sædskifter har andelen af efterafgrøder varieret from 25 til 75 %. Der er ikke fundet forskelle i effekt på nitratudvaskningen ved brug af efterafgrøder med og uden kvælstoffikserende arter i efterafgrødeblandingen (de Notaris et al., 2018). Der er her i dette langvarige forsøg i de økologiske sædskifter været benyttet en blanding af fikserende og ikke-fikserende arter, hvor de kvælstoffikserende planter har udgjort under halvdelen af blandingen. Der er gennemsnit målt en kvælstoffiksering på 36 kg N/ha i disse efterafgrøder (Pandey et al., 2017).

3.1.4 Ukrudtsbekæmpelse

Behovet for mekanisk ukrudtsbekæmpelse til kontrol af rodukruddt udgør en særlig udfordring i økologisk planteavl, hvor der ofte ikke er tilstrækkelig andel af kløvergræs til at sikre en effektiv forebyggelse af rodukruddt, især tidsler (Melander et al., 2016). Nogle former for rodukruddt, især kvik, kan dog opformeres i græsmarker (Rasmussen, 2014). Der indgår derfor ofte jordbearbejdning i efteråret for at bekæmpe rodukruddt. Hvis denne jordbearbejdning ikke efterfølges af en efterafgrøde, vil der være stor risiko for nitratudvaskning (Askegaard et al., 2011). Desuden øges nitratudvaskningen med antallet af jordbearbejdninger i efteråret (Askegaard et al., 2011). Ved store forekomster af rodukruddt kan det være nødvendigt at gennemføre intensiv jordbearbejdning over en længere periode i sommerperioden, og dette kan føre til stor nitratudvaskning i perioder med nedbøverskud (Askegaard et al., 2005).

3.2 Kvægbrug

Nedenfor gennemgås forsøg i økologiske kvægsædskifter på sandjord, hvor effekter af sædskifter, belægning, afgræsning og ompløjning af kløvergræs på nitratudvaskningen er belyst.

3.2.1 Afgrøder i sædskiftet

I en fireårig periode var den gennemsnitlige N-udvaskning 38 kg N/ha i det økologiske kvægbrugssædskifte i Foulum. Der var en øgning i nitratudvaskningen på kun 6 kg N/ha fra 0,9 til 1,4 DE pr. ha (Eriksen et al., 1999). I forsøget indgik kvæggylle hhv. en kombination af kvæggylle og dybstrøelse, men uden forskel i nitratudvaskning imellem gødningssystemer. Sædskiftet var ikke optimalt med hensyn til reduktion af udvaskningen fra det forårsplojede kløvergræs. Første vinter efter nedpløjning af kløvergræs, var jorden tilsået med vinterhvede, og anden vinter var jorden bar, og det var hovedsageligt her udvaskningen skete. I de efterfølgende fire år blev sædskifte og behandlinger justeret. Forskellen i husdyrintensitet blev øget, og behandlingerne med kombinationen af dybstrøelse og gylle blev ændret til ren dybstrøelse. Der blev fortsat ikke fundet sikre forskelle i N-udvaskningen mellem de to husdyrintensiteter på 0,7 og 1,4 DE pr. ha (Eriksen et al., 2004), men udbytterne steg med 7-9 %, når husdyrintensiteten blev fordoblet. Erstatning af vinterhvede med havre og etablering af efterafgrøder undersøet om foråret de to første år efter nedpløjningen af kløvergræsset, reducerede N-udvaskning i forhold til den foregående rotation, og den gennemsnitlige nitratudvaskning var 30 kg N/ha i denne perioden.

Efterfølgende er sædskiftet delt for at kunne repræsentere store økologiske kvægbedrifter med indmarks- og udmarkssædskifter. Indmarken er kendetegnet ved en høj kløvergræsandel og stor hyppighed af afgræsning, da den ligger tæt på stalden, mens udmarken ligger længere væk og derfor har en lavere kløvergræsandel. Den laveste N-udvaskning i begge sædskifter over en femårig periode, mindre end 10 kg N/ha pr. år, blev bestemt i marker med grønbyg/ital. rajgræs, som efterfulgte forårsnedpløjet 2. års kløvergræs (udmark) og 4. års kløvergræs (indmark) (Eriksen et al.

2015). I udmarks-sædskiftet blev der målt størst udvaskning fra majs på lidt over 100 kg N/ha. Majsen var gødet med 200 kg total-N/ha i gylle, og der var undersøgt en efterafgrøde af vinterraps og rajgræs i forbindelse med den sidste hypning. Efterafgrøden i majs udviklede sig svagt alle år, og den var øjensynligt ikke i stand til at optage al mineraliseret N. Også efter lupin med rug som efterafgrøde var udvaskningen relativ høj.

3.2.2 Kløvergræsmarker med afgræsning

I kløvergræsmarkerne påvirkede både benyttelse og gødningstilførsel nitratudvaskningen (Eriksen et al., 2015). 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/ha.

I et længerevarende forsøg med afgræsning med malkekøer blev der målt en gennemsnitlig årlig nitratudvaskning på 47 kg N/ha fra N-gødet afgræsset rent rajgræs (300 kg N/ha i handelsgødning) mod 24 kg N/ha pr. år fra en ugødet afgræsset kløvergræsmark (Eriksen et al., 2008). I 6.-8. produktionsår var udvaskningen af nitrat-N fra den ugødede afgræsede kløvergræsmark kun 9-13% af udvaskningen fra den afgræsede 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 udbytteerne på omkring 9 ton tørstof/ha pr. år. I 7.-8. brugsår var udbytteerne i kløvergræsset reduceret til 5-6 tons/ha pr. år. Udbytteerne i de gødede rajgræsmarker blev derimod opretholdt på et niveau på 9-11 ton tørstof/ha pr. år gennem hele forsøgsperioden.

Afsatte urinpletter er den vigtigste årsag til nitratudvaskning fra afgræsningsmarker. Et forsøg med 32 sugeceller pr. behandling blev anlagt i en 4-årig økologisk kløvergræsmark (Hansen et al., 2012). De tre testede behandlinger var ren afgræsning, et første slæt efterfulgt af afgræsning og et første slæt efterfulgt af afgræsning samt et slæt i efteråret. På grund af en stor variation i de målte nitrat-koncentrationer, fra meget lave værdier på under 10 ppm nitrat-N pr. liter til meget høje værdier på over 300 mg nitrat-N pr. liter, kunne det ikke statistisk sikkert vises, at nitratudvaskningen kan reduceres ved at droppe efterårsafgræsningen til fordel for slæt.

3.2.3 Ompløjning af kløvergræs

Der er risiko for en betydelig nitratudvaskning efter ompløjning af kløvergræs, og det anføres generelt at nedpløjningen på sandjorde (JB 1-4) bør ske om foråret frem for om efteråret (Djurhuus og Olsen, 1997). Inden for det økologiske regelsæt er det muligt at ompløje efterår, men det vides ikke hvor mange landmænd, som rent faktisk benytter sig af denne mulighed. I en opgørelse af den nuværende praksis med dyrkning af afgrøder efter græs blev 10% dyrket med vintersæd, og det

øvrige areal dyrket med vårafgrøder bliver i stort omfang formentlig først opløjet i foråret (Thomsen et al., 2019).

Forsøg på en økologisk malkekvægsbedrift på grovsandet jord (JB1) viste, at der efter forårsplojning af både en 3. og 5. års kløvergræsmark til afgræsning, kunne opnås en stærk reduktion af nitratudvaskningen gennem optimalt afgrødevalg (Hansen et al., 2007). Ugødet grønbyg undersøgt med ital. rajgræs medførte en nitratudvaskning på under 10 kg N/ha pr. år. Der blev i alt høstet tre slæt. Fra ugødet vårbyg til modenhed undersøgt med alm. rajgræs (ingen slæt) var der en nitratudvaskning på 34 kg N/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 171 kg N/ha. Tilførsel af 120 kg ammonium-N/ha i gylle til vårbyg til modenhed efterfulgt af bar jord gav i gennemsnit en merudvaskning på omkring 126 kg N/ha, i alt 297 kg N/ha. Merudbyttet for gødningstilførslen var meget begrænset.

Effekten af efterafgrøder i majs med forfrugt kløvergræs er undersøgt i et etårigt forsøg (Hansen og Eriksen, 2016). Rajgræs som efterafgrøde i majs reducerede ikke N-udvaskningen nævneværdigt. Der var en tendens til at udlægget reducerede majsudbyttet en lille smule. Tilførsel af 135 kg total-N/ha i kvæggylle til majs øgede nitratudvaskningen med 40-50 kg N/ha. Men det øgede også udbyttet fra omkring 13 tons tørstof/ha til 15-16 tons tørstof/ha. I dette tilfælde medførte udbyttestigningen således 16-18 kg udvasket nitrat-N pr. tons høstet majsstørstof. Grønbyg med ital. rajgræs til slæt reducerede udvaskningen markant i forhold til majs.

3.3 Svinebrug

Der er gennemført forsøg, som dækker forskellige aspekter af udendørs so- og i mindre omfang slagtesvinehold. Der har været fokus på de forhold som adskiller svinehold fra anden økologisk drift, især om udnyttelsen af gødning fra dyr på friland. Slagtesvin på friland er ikke medtaget, da omkring 99% af økologiske slagtesvin produceres i stalde.

3.3.1 Søer på friland

Intensiv fodring af søer i diegivningsperioden giver en stor udskillelse af næringsstoffer i dyrenes gødning, og jordens indhold af næringsstoffer i visse dele af farefoldene forøges betydeligt. Undersøgelser har vist, at kvælstof hovedsageligt afsættes i nærheden af vigtige ressourcer såsom foderautomater (Eriksen og Kristensen, 2001) og hytter (Jakobsen et al., 2018) – om end det tyder på, at grise generelt forsøger at undgå afsætning af fast gødning i umiddelbar nærhed af hytte, foder og vand (Jakobsen et al., 2018; Andersen et al., 2020). Den ujævne fordeling af kvælstofafsætningen øger risikoen for tab (Eriksen og Kristensen, 2001). Udvasningsmålinger viste, at der i punkter kan være endda meget høje koncentrationer af nitrat i udvasningsvandet, men også at disse i det store hele kan relateres til fodringsstedet. Resultater fra sugeceller installeret i enkeltfarefolde på 10×35 m,

hvor vanding og fodring i hele perioden skete i den ene ende af marken, viste, at jo længere væk fra fodringsstedet sugecellerne var placeret, jo lavere nitratkoncentration og dermed nitratudvaskning (Eriksen, 2001).

I Danmark er det almindelig praksis at tryneringe søer på friland. Ringens formål er at forhindre søerne i at rode for meget i jorden og ødelægge græsdaekket. Et godt græsdaekke er vigtigt af miljømæssige årsager, da det optager og tilbageholder næringsstoffer fra dyrenes gødning. Derudover kan græs udgøre en betragtelig del af søernes daglige energi- og proteinbehov (Eskildsen et al., 2020), og det tyder på, at et godt græsdaekke kan medvirke til reduceret smågrisedødelighed. I forsøg undersøgte effekten af ringning for både drægtige og diegivende søer med relation til græsdaekke og næringsstoffer, herunder nitrat i jorden (Eriksen et al., 2006a). For søer uden ring anvendtes enten kontinuert brug af samme fold eller dobbelt belægning og foldskifte halvvejs. Ikke overraskende blev det bekræftet, at græsdaekket er bedst bevaret, hvor søerne er ringede. I drægtighedsfolde øgede ringning græsdaekket fra 14 til 38%, hvilket dog stadig er lavt, og i farefolde fra 64 til 81%. Dobbelt belægning og foldskifte påvirkede græsdaekket forskelligt. I farefolde reducerede den høje belægning græsdaekket fra 64 til kun 28%. I drægtighedsfoldene påvirkede dyretætheden ikke græsdaekket, men foldene, som blev anvendt i første halvdel af forsøgsperioden, havde en stor genvækst af græs. Ved afslutning af forsøget var græsdaekket bedre her, end hvor søerne var ringede. Indholdet af mineralsk N i jorden blev målt i lokale områder i foldene. I farefoldene var niveauet af mineralsk N i jorden generelt højt, og der var ingen sammenhæng med græsdaekket. Dvs. indholdet kunne være ret højt også i områder med godt græsdaekke, hvilket tyder på, at græssets kapacitet for optagelse var overskredet. I drægtighedsfoldene, hvor mineralsk N generelt var lavere pga. mere moderat fodring af denne dyregruppe, var der til gengæld en positiv effekt af græsdaekke, som betød at selv i lettere oprodede områder med 50-60% græsdaekke var det tilstrækkeligt til at holde jordens indhold af mineralsk N på et lavt niveau.

Det er svært ud fra undersøgelsen at give et definitivt svar på, om ring i trynen reducerer nitratudvaskningen. Håndteringen af en række andre forhold som fodring, dyretæthed og hensigtsmæssig arealanvendelse spiller en mindst lige så væsentlig rolle. Ringning kan således betragtes som driftslederens mulighed for at øge bevarelse af græsdaekket, men som ikke i sig selv er en garanti for lav miljøbelastning. Og omvendt, hvis man ønsker et sohold uden ring i trynen er det miljømæssigt muligt, hvis der tages højde for oprodning, f.eks. ved hyppige foldudvidelser, og i det hele taget anvendelse af betydelig større arealer til sohold end anvendt i de pågældende forsøg. Næringsstofbalancer for foldarealer beregnet på baggrund af nyligt indsamlet besætningsspecifikke produktions- og folddata tyder på, at næringsstofbelastningen for det samlede foldareal (fare- og drægtighedsfolde inkl. køreveje) generelt er faldet de senere år som følge af større arealinddragelse og reduceret proteinniveau i det tildelte foder, men stadig ligger på et niveau, der udgør en betydelig risiko for nitratudvaskning (Kongsted et al., 2019).

I de senere år er der lavet undersøgelser i sofolde med poppel (Jakobsen et al., 2018; Manevski et al., 2019). I folde med diegivende søer har poppel vist et potentiale, idet udvaskningen blev reduceret fra 165 kg N/ha i områder uden poppel til 71 kg N/ha i områder med søer mellem popler (Manevski et al., 2019). Det anføres, at træer i foldene skal ses i sammenhæng med andre strategier som fx reduktion af dyretætheden (de beregnede kvælstofoverskud i det refererede forsøg varierede fra 397-468 kg N/ha). Reduktion i dyretætheden bør især praktiseres i vinterperioden, hvor både græs og træers optag af kvælstof er begrænset. I sommerperioden er mulige strategier desuden øget fraførelse af kvælstof via græsslæt og reduceret tilførsel af kvælstof via reduceret indhold af protein i det tildelte foder.

3.3.2 Slagtesvin på friland

Ved produktion af svin på friland er det almindeligt at have søerne på græs, mens smågrisene ved fravæning sættes på stald med adgang til et betonbelagt udeareal. Når producenterne normalt vælger ikke at have slagtesvin på friland hænger det blandt andet sammen med en række forventede negative effekter, såsom et stort arealkrav, stor arbejdsbelastning, stort foderforbrug og stort næringsstofftab til omgivelserne. Der er undersøgt forskellige strategier for slagtesvin på friland mht. produktion og kødkvalitet og en sideløbende undersøgelse fokuserede på den miljømæssige konsekvens af strategierne (Eriksen et al., 2006b). Formålet var at undersøge næringsstofudnyttelsen samt næringsstofbelastning og -fordeling i folde med slagtesvin som 1) var en del af eller hele deres liv på græs, 2) blev fodret enten restriktivt eller ad libitum, og 3) blev fravænet på forskellige tidspunkter af året. Dyretætheden blev beregnet så den teoretisk svarer til en afsætning på 280 kg N/ha ud fra definitionen på dyreenheder og retningslinjer, som tillader svin på græs hvert andet år. Hytter, foder- og vandtrug blev flyttet hver fjerde uge for at minimere meget koncentrerede områder forårsaget af dyrenes gødeadfærd og foderspild. Det aktuelle næringsstofoverskud i foldene oversteg betydeligt de 280 kg N/ha, som var intentionen. Det skyldes en kombination af 20% højere N-indhold i det økologiske foder og større foderforbrug end for konventionelle svin, som er grundlaget for definitionen af dyreenheder og næringsstofbelastning. Kvælstofudnyttelsen i foldene (N fraført i dyr i forhold til N i tilført foder) faldt jo større en del af deres liv grisene var på græs som en konsekvens af den velkendte forøgelse i foderforbrug pr. kg tilvækst. For svin på græs indtil 40 kg var N-udnyttelsen 38%, mens udnyttelsen af N i dyr, der var på græs helt til slagtning kun var 30%.

Generelt var det svært at bevare græsdækket, især om efteråret og vinteren (Eriksen et al., 2006b). Græsdækket var ikke relateret til forsøgsbehandlingerne, men kun til tidspunkt på året. Igennem foråret og sommeren var der græs i dele af foldene, mens efterår og vinter holdt svinene græsdækket under 10% af foldarealet. Der var ikke nogen sammenhæng imellem græsdække og jordens indhold af mineralisk N, selv om ingen af de få pletter i foldene med et græsdække over 50% viste høje niveauer. Slagtesvin på friland er problematisk fra et miljømæssigt synspunkt pga. den store risiko for næringsstofftab. Potentialet for tab i det omtalte forsøg var betydelig og vil uundgåeligt også

have ført til faktiske tab. Dette understreger vigtigheden af en passende lav dyretæthed og at N-indholdet i foder tilpasses dyrenes behov. Forsøget viste dog også, at en nogenlunde ensartet fordeling kunne opnås, hvis hytter, foder- og vandtrug blev flyttet regelmæssigt. Når problemerne med at bevare græsdækket tages i betragtning, kan høje niveauer af næringsstofafsætning kun være acceptabel, hvis de efterfølges af en næringsstofkrævende efterafgrøde eller hovedafgrøde evt. kombineret med slæt af græs før 'afgræsning' – sidstnævnte kun muligt ved foldudvidelse/-skift eller ved brug af mobile enheder. Derfor forekommer sæsonproduktion at være den mest miljømæssigt acceptable måde at have slagtesvin på friland, med mindre at dyretætheden reduceres især i vinterperioden og kombineres med hyppige flytninger af hytte og foder eller brug af mobile enheder, der muliggør hyppige foldskifte.

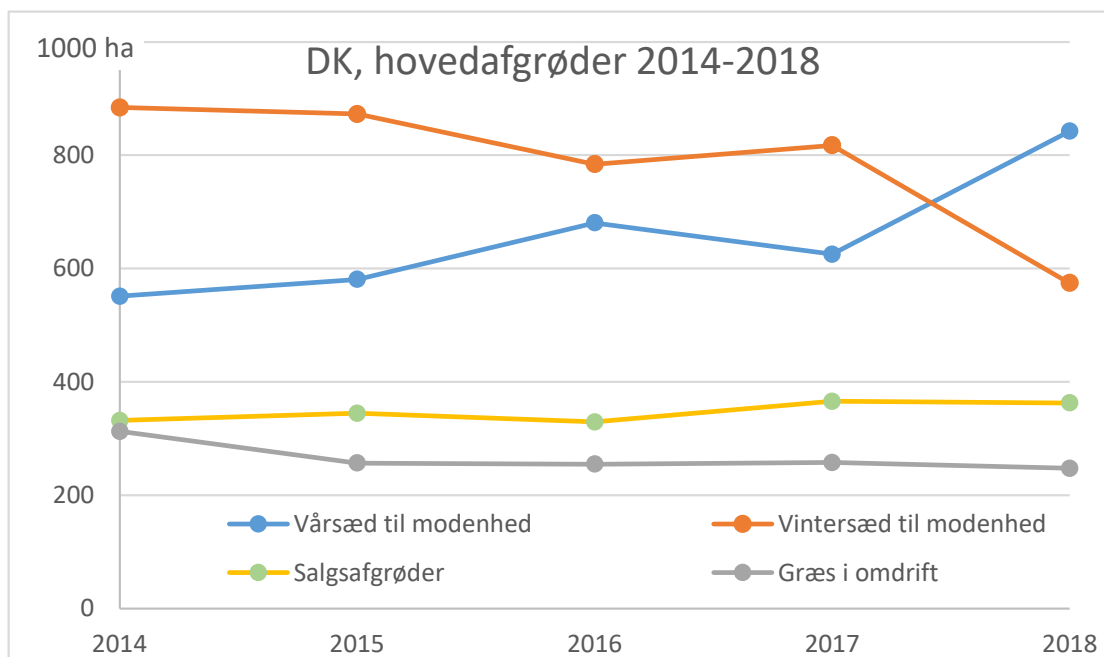
Effekt af dyretæthed på mineralisk N i jorden er undersøgt for slagtesvin i et koncept med 70% energiafgrøder (Jørgensen et al., 2018). To forskellige dyretætheder (N overskud på hhv. 626 og 185 kg N/ha) blev sammenlignet i et design med kløvergræs på 27% af arealet og energiafgrøder bestående af pil, poppel og elefantgræs på 73% af arealet. I folde med lav dyretæthed var indholdet af mineralisk N signifikant lavere end i folde med høj dyretæthed både umiddelbart efter 'afgræsning' og det efterfølgende forår efter en vinterperiode uden 'afgræsning'. Det vurderes, at risikoen for nitratudvaskning i konceptet med lav dyretæthed og energiafgrøder var på niveau med risikoen ved afgrødeproduktion. Det bør dog understreges, at udvaskningen ikke blev målt i det pågældende forsøg.

4 Udvikling i økologiske produktionsformer og omlægning til økologisk jordbrug

4.1 Areal med forskellige produktionsgrene og afgrøder

Produktionen i de to produktionsformer, konventionel og økologisk, er beskrevet ud fra data i Det Jordbrugsrelaterede Forskningsregister (FRJOR) ved AU, Institut for Agroøkologi. FRJOR indeholder data fra arealstøtteansøgninger, gødningsregnskaber og husdyrregisteret (Pedersen et al., 2006). Bedrifterne er grupperet efter metoden i Kristensen et al. (2003), dog med yderligere opdeling af økologisk produktion. Grupperingen omfatter tre driftsgrene: kvæg, svineproduktion, planteavl og en rest "blandet", inden for henholdsvis konventionel og økologi. Kvæg- og svinebrug er defineret som fuldtidsbedrifter med over 80% DE fra henholdsvis malkekvæg og svin. Kvægbrug inkluderer også ammekvæg, såfremt der er over 0,5 DE kødkvæg/ha. Deltidsbedrifter er i driftsgrenen "blandet". Ved opstilling af sædskifter er planteavl yderligere opdelt i 6 grupper inden for konventionel produktion for at kunne repræsentere de typiske sædskifter knyttet til specialafgrøder som kartofler, sukkerroer og frøgræs.

For at sikre sammenhængende data for afgrødefordeling, efterafgrøde, tildeling af husdyrgødning og samlet produktionsomfang inden for produktionsform og driftsgren er der opstillet typesædskifter, som grundlag for beregning af nitratudvaskningen. Der er valgt at tage udgangspunkt i situationen i 2017, som vurderes som repræsentativ for arealanvendelsen i perioden 2014 til 2018 (figur 1). Arealet med græs og salgsafgrøder var nogenlunde konstant i perioden 2014 til 2018. Derimod er vinterkornsarealet i 2018 markant lavere end tidligere år, forårsaget af et vådt efterår 2017 med vanskelige såforhold for vintersæden. Ændringer i gødningsnormer med Fødevarer- og Landbrugspakken er endvidere indfaset i 2017, og dette år udgør derfor det seneste år med tilgængelige data, hvor arealfordeling og gødningsanvendelse svarer til nuværende praksis.



Figur 1. Udvikling af danske hovedafgrødetyper i perioden 2014 til 2018.

Det samlede areal, antal bedrifter og det gennemsnitlige sædskifteareal pr. bedrift inden for konventionel og økologisk produktion opdelt i fire driftsgrene for vækståret 2017 er vist i tabel 1. Det samlede økologiske sædskifteareal er på 164.000 ha svarende til 7% af det samlede sædskifteareal i Danmark, mens det totale økologiske areal på 222.000 ha svarer til 8% af Danmarks landbrugsareal i 2017. Dette afviger fra arealet på 245.000 ha økologisk dyrket opgjort af Landbrugsstyrelsen for 2017, hvoraf 170.000 ha er fuldt omlagt, 67.000 ha under omlægning og 7.000 ha ikke omlagt. Forskelle mellem de forskellige arealangivelser kan skyldes forskelle i definitionen af det omlagt areal samt hvilket tidspunkt på året, der tages som udgangspunkt for opgørelsen, da der løbende over året sker til- og fragange i det økologisk dyrkede areal. Der er betydelige forskelle i omfanget af driftsgrene inden for produktionsformerne, hvor mælk er mest dominerende inden for økologi med 57% af sædskiftearealet, mens planteavl med 37% er mest udbredt i den konventionelle gruppe.

Der tildeles som gennemsnit 12 kg N/ha mere kvælstof som husdyrgødning på de økologiske arealer i forhold til konventionel, men inden for samme driftsgren er der mindre tildeling af husdyrgødning på de økologiske kvægbrug end konventionelle, og mere på de økologiske plantebrug end på de konventionelle. De angivne mængder af husdyrgødning er kg N ab lager som er anvendt på bedriften, hvorfor dette kan afvige fra det der er produceret inden for de viste driftsgrene, men også inden for henholdsvis konventionel og økologisk produktion. Som det fremgår af tabel 1, er der netto modtaget husdyrgødning svarende til 26 kg N/ha i gennemsnit for de økologiske bedrifter, mens nettoimporten udgør 2 kg N/ha på de konventionelle bedrifter. Samlet for Danmark er der 4 kg N/ha i forskel mellem modtaget og afgivet husdyrgødning, inklusiv lagerforskydninger, hvilket skyldes at Gødningsregistret ikke var helt afsluttet ved dato for udtræk. De 4 kg N/ha svarer til knap 5% af produceret husdyrgødning i 2017. De samlede mængder udbragt handelsgødning på 237.000 tons

N og husdyrgødning på 217.000 tons N skal sammenlignes med henholdsvis 251.000 og 218.000 tons N opgjort af Blicher-Mathiesen et al. (2019). I tidligere opgørelser er det fundet at 24% af det tilførte N i den økologiske produktion er importeret fra den konventionelle husdyrproduktion (Kyed et al., 2006).

Afgrødefordelingen viser, at der generelt er mere græs, svarende til 40% af sædskiftet, på de økologiske bedrifter i forhold til 9% på konventionelle bedrifter. Vintersæd er langt mere udbredt på de konventionelle bedrifter, svarende til 38% af sædskiftearealet, mod kun 13% på de økologiske bedrifter. Inden for driftsgrene er der også store forskelle, fx udgør græs 11% i driftsgrenen "blandet" ved konventionel produktion mod 38% på de økologiske bedrifter i samme driftsgren.

Tabel 1. Konventionelle og økologiske bedrifter opdelt efter driftsgrene i vækståret 2017.

	Konventionel					Økologisk					DK
	Kvæg	Plante	Svin	Blandet	I alt	Kvæg	Plante	Svin	Blandet	I alt	I alt
Antal brug	3.225	4.276	2.013	19.751	29.265	518	224	57	1.397	2.196	31.461
Ha/brug	138	210	243	31	84	208	226	136	40	101	85
Handelsgødning, 1.000 t N	36	101	43	57	237	0	0	0	0	1	237
Husdyrgødning, 1.000 t N	73	38	50	35	196	13	3	1	3	20	217
Netto modtage HUS (=-udført/+indført), t N	-8	+34	-14	-8	+4	+1	+3	0	+2	+6	+10
Handelsgødning, N/ha	80	112	88	94	97	1	7	8	3	3	89
Husdyrgødning, N/ha	164	42	103	57	80	124	59	102	59	92	81
Netto modtage HUS (=-udført/+indført), N/ha	-17	+37	-29	-13	+2	+9	+58	+21	+30	+26	+4
	1.000 ha										
Landbrugssædskifte	406	793	466	452	2.116	93	31	7	33	164	2.281
Vårsæd til modenhed	81	227	118	155	581	17	12	3	11	44	625
Vintersæd til modenhed	55	315	255	171	796	9	6	2	5	22	818
Oliefrø og bælg­sæd	7	86	62	34	190	3	4	1	2	9	199
Rodfrugter til fabrik	1	25	4	4	34	0	0	0	0	0	35
Frøgræs	2	53	15	11	81	0	2	0	0	2	83
Kartofler	2	31	6	9	48	1	1	0	0	2	49
Korn, grønkorn	13	2	0	3	19	3	0	0	1	4	23
Græs i omdrift	110	28	4	51	193	46	6	1	13	65	258
Helsæd	9	2	0	3	14	9	0	0	1	11	25
Silomajs	125	25	2	11	163	4	0	0	0	4	167
Græsafgrøder, permanent	29	34	11	76	148	8	5	0	9	22	170
Sum	434	827	476	527	2.265	101	36	7	42	186	2.451
DK total	447	898	489	610	2.445	108	51	8	56	222	2.667
Øvrige	12	72	13	83	180	7	15	1	14	36	216
Varig græs, miljøordninger	5	19	2	26	51	3	6	0	5	15	66
	Procent af sædskifteareal pr. bedriftstype										
Vårsæd til modenhed	20	29	25	34	27	19	38	51	34	27	27
Vintersæd til modenhed	14	40	55	38	38	10	20	23	15	13	36
Oliefrø og bælg­sæd	2	11	13	8	9	3	12	9	5	6	9
Rodfrugter til fabrik	0	3	1	1	2	0	1	0	0	0	2
Frøgræs	0	7	3	2	4	0	5	2	1	1	4
Kartofler	1	4	1	2	2	1	2	2	1	1	2
Korn, grønkorn	3	0	0	1	1	3	1	0	2	2	1
Græs i omdrift	27	4	1	11	9	50	18	11	38	40	11
Helsæd	2	0	0	1	1	10	1	2	4	7	1
Silomajs	31	3	0	2	8	4	0	1	0	3	7

4.2 Omlægning

Ved opdeling i driftsgrene anvender Landbrugsstyrelsen (2020a) en anden definition af driftsgren end i tabel 1. Ved opdelingen i driftsgrene tager Landbrugsstyrelsen (2020a) udgangspunkt i antal dyr. Således kategoriseres en bedrift f.eks. som "mælk", hvis bedriften har mere end 40 malkekøer. Inden for planteavl er der 4 kategorier, hvor kategorien "foderproduktion" er bedrifter med 85% eller mere af arealet med foderafgrøder (korn, grovfoder), mens ekstensiv planteproduktion er bedrifter med over 75% af arealet drevet med ekstensivt græs, natur og skov. Med den opdeling, der er foretaget i denne rapport, bliver en stor del af den økologiske produktion henført til kategorien "blandet" (tabel 3).

Der har i perioden fra 2014 til 2019 været en stigning på 125.000 ha i det økologiske areal, svarende til omkring 70% over de seneste fem år (Landbrugsstyrelsen, 2020a). En opgørelse over ændringen i arealet fra 2018 til 2019 inden for bedriftstyper viser, at den største tilvækst i areal har været i bedrifter i kategorien foderproduktion, som er bedrifter med kvægproduktion, mens der i andre bedriftstyper som ekstensiv planteavl og bedrifter med mindre husdyrproduktion har været en tilbagegang i det økologiske areal, trods en samlet tilvækst på 22.182 ha (tabel 2). Ved en effektvurdering af omlægning er det afgørende hvilke konventionelle og evt. økologiske arealer, der er årsagen til denne tilvækst, såvel generelt som inden for driftsgrene.

Tabel 2. Areal tilknyttet økologiske bedrifter opdelt efter bedriftstype i 2019 og udviklingen i arealet fra 2018 til 2019 inden for bedriftstype (Landbrugsstyrelsen, 2020).

Bedriftstype	Antal bedrifter	Ikke påbegyndt omlagt areal (ha)	Areal under omlægning (ha)	Fuldt omlagt areal (ha)	Økologisk areal i alt (ha)	Arealudvikling fra 2018 til 2019 (ha)
Mælkeproduktion	402	31	16.552	92.514	109.096	2.811
Produktion af kødkvæg, får, ged og hjort	223	65	5.556	29.794	35.416	6.515
Svineproduktion	78	612	1.499	6.890	9.000	371
Fjerkræproduktion	86	.	3.246	6.437	9.683	1.236
Frugt og bær produktion	202	108	2.392	4.380	6.880	776
Specialiseret plante	258	237	7.827	15.813	23.876	799
Foderproduktion	837	664	23.147	27.207	51.017	12.914
Ekstensiv planteproduktion	866	203	3.466	14.410	18.079	-1.884
Mindre husdyrproduktion	318	15	2.153	8.088	10.256	-1.014
Øvrig produktion	657	795	10.924	16.459	28.178	-341
Ikke klassificerbar	89
Alle bedriftstyper	4.016	2.728	76.762	221.991	301.481	22.182

I tillæg til opgørelserne fra Landbrugsstyrelsens generelle økologistatistik (Landbrugsstyrelsen, 2020), er der på baggrund af en særkørsel i FRJOR lavet en opgørelse af omlægningen til økologisk landbrug på

markniveau for henholdsvis 2014/2015 og 2017/2018, der repræsenterer udviklingen i de seneste år. Den anvendte metode bygger på en klassifikation af alle markerne i dansk landbrug i de driftsgrene, der er anført i tabel 1. Der er set på omlægning fra konventionel til økologi i årene 2014 til 2015 og 2017 til 2018, og indeholder således ikke de økologiske arealer, der i samme periode er lagt tilbage til konventionel drift. Tabel 3 viser den procentuelle fordeling af omlagte konventionelle marker til økologi fra 2014 til 2015 samt fra 2017 til 2018. Gruppen "blandet" udgør en stor andel af det omlagte areal. Bedrifterne i denne gruppe er en blanding af alsidige bedrifter med både planter og dyr, bedrifter med flere kategorier af dyr samt bedrifter med fjerkræ og gartnerier, foruden deltids- og hobbybrug.

Den øgede omlægning i 2018 i forhold til 2015 er primært sket ved øget omlægning fra konventionel planteavl, men også en stigning på 8.620 ha af konventionel svinebrug, der er omlagt til økologi (tabel 3).

Tabel 3. Omlagte arealer i forhold til konventionel driftsgren året før omlægning og økologisk driftsgren i første omlægningår for 2017-2018 (øverst) og 2014-2015 (nederst). Den omlagte andel er vist for hver driftsgren i procent af det konventionelle areal, der omlægges fra. Definitioner på driftsgrene er som i tabel 1.

		Konventionel 2014					
		Driftsgren	Blandet	Kvæg	Plante	Svin	I alt, ha
Økologi 2015	Blandet		76%	5%	14%	4%	16.791
	Kvæg		59%	28%	9%	4%	9.438
	Plante		37%	3%	55%	5%	2.917
	Svin		15%	10%	9%	66%	334
	I alt, ha		19.508	3.638	4.895	1.440	29.480
		Konventionel 2017					
		Driftsgren	Blandet	Kvæg	Plante	Svin	I alt, ha
Økologi 2018	Blandet		53%	5%	30%	12%	25.333
	Kvæg		28%	27%	32%	12%	10.780
	Plante		23%	3%	69%	5%	10.984
	Svin		12%	1%	22%	65%	5.690
	I alt, ha		19.597	4.591	19.978	8.620	52.786

Tilgangen til økologi er i begge perioder størst til driftsgrenen "blandet", og i begge perioder kommer hovedparten fra den tilsvarende konventionelle driftsgren, henholdsvis 76% i 2014 og 53% i 2018. I nogle driftsgrene er der sket en væsentlig forskydning fra 2015 til 2018 i forhold til, hvilken driftsgren der var forud for omlægningen. Eksempelvis var der i 2015 et areal på 9% med økologisk kvæg, der året før var konventionel planteproduktion. I 2018 var denne andel steget til 32%. Den modsatte tendens ses blandt de økologiske svineproduktioner, hvor der i 2015 var 10% der var omlagt fra konventionel kvægproduktion, mens denne andel var nede på 1% i 2018. Inden for økologisk svin og planteavl er der i begge perioder en stor andel, svarende til 55-69%, som omlægges fra den tilsvarende konventionelle driftsgren.

5 Standardsædskifter

Baseret på arealanvendelsen i 2017 er der for de fire driftsgrene inden for konventionel og økologisk produktion opstillet et 10-årigt standard sædskifte efter principperne i Sørensen et al. (2019). For at kunne inddrage en repræsentation af arealer med specialafgrøder (kartofler, sukkerroer, frøgræs) samt en realistisk afgrødefølge (sædskifte) og areal med efterafgrøder, blev den konventionelle driftsgren planteavl opdelt i seks undertyper. Herudover er opstillet to undersædskifter for driftsgrenene kvæg og svin for såvel konventionelle som økologiske for tilstrækkeligt nuanceret at indpasse andel og rækkefølge af græsarealerne, herunder græsarealer med afgræsning/udeophold. Der er således opstillet i alt 17 standard sædskifter. Sædskifterne er vist i appendiks A.

Sædskifterne er sammensat iterativt, hvor arealandel af de 4-5 dominerende afgrøder er tilpasset ift. aktuel dyrkning i 2017. Der er i et vist omfang nuanceret mellem kornarter, men afstemning i forhold til faktisk areal er sket inden for henholdsvis vår- og vinterkorn. Vinterraps er valgt at repræsentere både raps og bælgæd i de konventionelle sædskifter, idet vinterraps i 2017 blev avlet på 86% af det totale areal med raps og bælgæd. I de økologiske sædskifter er hestebønner valgt som repræsentant, da den var den mest udbredte afgrøde inden for gruppen olieplanter og bælgæd på økologiske brug (Landbrugsstyrelsen, 2020).

Afgrøderækkefølgen er sammensat ud fra agronomiske sædskifteprincipper og den faktiske afgrøderækkefølge analyseret med 3-5 års forfrugt. Det betyder bl.a. at

- 3-5 år uden roer/kartofler/raps/bælgæd i sædskifter med sukkerroer, kartofler, raps og bælgæd (hestebønner til modenhed) efter principperne i Petersen (2013).
- Varighed af sædskiftegræs i overensstemmelse med Hansen et al. (2018), der fandt at 1/3 af arealet med sædskiftegræs blev ompløjet pr. år, svarende til gennemsnitlig 3 års alder på sædskiftegræs og kløvergræs på kvægbrug. En analyse af arealanvendelse for 2017 og 2018 viste ingen nævneværdige forskelle i varigheden af græsarealer mellem brugstyperne.
- Frøgræs er etårige og kløvergræs på andre driftsgrene end kvæg er et- eller toårige.
- Halvdelen af arealet efter græs blev dyrket med majs på konventionelle kvægbrug, mens den tilsvarende andel efter græs blev dyrket med vårkorn på økologiske brug. Det svarer til godt 10% af silomajs, der dyrkes efter kløvergræs.
- En fjerdedel af vintersæd på konventionelle planteavlsbrug blev dyrket efter vintersæd.

Der er ved udarbejdelsen af standardsædskifter kun medtaget pligtige efterafgrøder svarende til 10% eller 14% af efterafgrødegrundlaget på brug med under/over 0,8 DE/ha, (NaturErhvervstyrelsen, 2016). For de konventionelle landbrug er 145.000 ha målrettede afgrøder (Landbrugsstyrelsen (2017) og godt 19.000 ha husdyrefterafgrøder (tabel 10 i Landbrugs- og Fiskeristyrelsen, 2017) således ikke inkluderet i sædskifter, da registreringen af disse efterafgrøder er mangelfulde i databaserne. Krav til Miljø Følsomme Områder (MFO) bliver typisk opfyldt af de pligtige efterafgrøder. Det er således alene pligtige

efterafgrøder, der er medtaget i de opstillede typesædskifter. Udlæg er antaget at være undersøet i afgrøden før førsteårs græs til foder og frøgræs, alternativt efter høst af hovedafgrøden. Som konsekvens af afgrøde og placering af efterafgrøde og udlæg er der en række afgrøder, hvor der er bar jord/stub/genvækst i den følgende vinter.

Udbragt handelsgødning er beregnet efter normerne i 2016/2017 (NaturErhvervstyrelsen, 2016), korrigeret for mængden af N i husdyrgødning ab lager, opgjort på driftsgrensniveau på grundlag af FRJOR, med skønnede gennemsnitlige udnyttelseskrav for husdyrgødning på 67% på kvægbrug og 73% på øvrige driftsgrene. Herudover er der modregnet standard forfrugtsværdier og en effekt af pligtige efterafgrøde på 17 og 25 kg N/ha ved henholdsvis under og over 0,8 DE/ha. Der er således for de konventionelle brug benyttet 2017 gødningsnormer fra NaturErhvervsstyrelsen (2016). Disse N-normer er korrigeret for forfrugtsvirkning og reduceret N-kvotet efter pligtige efterafgrøder. I 2017 var N-normen indfaset på fuld økonomisk optimalt niveau. I de opstillede konventionelle sædskifter er udbragt 211.000 ton handelsgødning-N på 2,3 mill. ha sædskifteareal. Antages varig græs gødet med N-norm på 159 handelsgødning-N/ha på 166.659 ha fås i alt 251.000 ton handelsgødning-N. Dette overstiger den samlede anvendte mængde på 237.100 ton (Blicher-Mathiesen et al., 2020), hvilket formentlig skyldes, at der ikke anvendes kvælstofgødning til det optimale niveau på hele arealet med varig græs. Det anvendte kvælstofniveau på de konventionelle brug er således i overensstemmelse med praksis, og der er ikke nogen væsentlig ændring i anvendelse af kvælstof i handelsgødning i perioden 2016 til 2018 (Blicher-Mathiesen et al., 2020).

Fordelingen af husdyrgødning mellem afgrøder er foretaget ud fra en agronomisk vurdering, med en nogenlunde ens mængde på tværs af afgrøder inden for hver driftsgren, dog således at enkelte afgrøder som fx kartofler ikke tildeles husdyrgødning. Fordeling af husdyrgødning mellem delsædskifter på kvæg og svinebrug er ligeledes vurderet ud fra kendskab til praksis, da FRJOR ikke indeholder denne opdeling.

Kvælstoffikseringen er beregnet med grundlagt i modellen beskrevet af Høgh-Jensen et al. (2004) med data fra forskellige kilder (tabel 4). For konventionelle landbrug er N-fikseringen for kløvergræsmarker beregnet til 102 kg N/ha ud fra data med botanisk opdeling for tørstofudbytte, og tilsvarende er N-fikseringen for kløvergræs beregnet til 267 kg N/ha baseret på data fra økologiske sædskifter ved Foulumgård. I hestebønner antages en N fiksering på 157 kg N/ha baseret på målinger i Pandey et al. (2017). Endelig er der for korn og bælg-sæd til helsæd antaget en N-fiksering på 150 kg N/ha baseret på data fra De Notaris et al. (2018).

Tabel 4. Kvælstoffiksering for afgrøder i de opstillede sædskifter (kg N/ha).

Afgrøde	Helsæd vårbyg/bælg-sæd, økologi	Hestebønner	Kløvergræs udlæg, økologi	Kløvergræs udlæg, konventionel	Kløvergræs, konventionel	Kløvergræs, økologi
N- fiksering	150 ¹	157 ²	36 ³	18	102 ⁴	267 ⁵

¹ De Notaris et al., 2018

² Pandey et al., 2017.

³ de Notaris et al., 2019

⁴ Beregnet ud fra normudbytte af kløver i kløvergræsmarker (23%)

⁵ Gennemsnit fra økologiske sædskifter (Eriksen et al., 2008)

For økologiske brug er N-fikseringen målt til 36 kg N/ha i udlæg før kløvergræs (De Notaris et al., 2019), mens det for udlæg før kløvergræs/græs i konventionelle kvægsædskifter er vurderet til 18 kg N/ha.

Standardsædskifterne for de forskellige produktionsformer og driftsgrene er opsummeret i tabel 5. I appendiks A er vist afgrøderækkefølger, herunder placering af efterafgrøde og bar jord, andel udlæg/efterafgrøder, bar jord og de enkelte afgrøders gødskning.

Tabel 5. Oversigt over de opstillede standardsædskifter (se detaljer i appendiks A).

Produktions- form/ Drifts- gren	Jorddække i efteråret (%)					Afgørdeandel (%)				N-input, kg N/ha		
	1.000 ha	Ef- ter- af- grø- de	Ud- læg	Bar jord	Vår- korn	Vin- ter- korn	Majs	Græs	An- det	Hus- dyr- gød- ning	Han- dels- gød- ning	Fik- sering
Konventionel												
Plante	792	10	9	26	32	36	3	3	25	61	119	5
Kvæg	406	10	10	35	25	15	30	30	0	169	80	33
Svin	466	15	10	15	30	50	0	0	20	106	76	2
Blandet	452	10	10	20	40	40	0	10	10	69	108	12
Sum/Gns.	2.115	11	9	24	32	36	7	9	16	93	100	11
Økologi												
Plante	31	10	20	30	40	20	0	20	20	86	0	76
Kvæg	93	8	18	15	25	7	2	53	12	133	0	166
Svin	7	15	3	30	50	30	0	13	7	118	0	46
Andre	33	10	20	20	40	10	0	40	10	82	0	129
Sum/Gns.	164	9	18	19	36	11	1	43	13	113	0	137

5.1 Sammenligning af standardsædskifter med faktisk afgrødefordeling

Tabel 6 viser de samlede arealer af afgrøder i standardsædskifterne og det samlede areal af hovedafgrøder fra FRJOR i 2017. Ved opstilling af de 17 standard sædskifter var der inden for hvert sædskifte maksimalt en afvigelse på 8% mellem arealet i standardsædskiftet og det faktiske areal for hovedafgrøderne korn og græs (data ikke vist). Summeret inden for produktionsform ses det fra tabel 6, at der er 9-10% mindre græs og majs i de konventionelle scenarier, mens arealet med vårkorn er 17% højere. Inden for økologi er den største afvigelse indenfor vårkorn med 40% mere i scenarierne end i FRJOR.

Arealet med efterafgrøder i tabel 6 er sum af 10% og 14% pligtige efterafgrøder på brug med under/over 0,8 DE/ha (NaturErhvervstyrelsen, 2016). I dataudtræk fra det "Generelle Landbrugs Register" (GLR/GKEA) fra gødningskvote og efterafgrødeskemaet (GKEA) for 2017, som LBST har stillet til rådighed for AU, er der indberettet 183.000 ha med efterafgrøder i 2017, heraf er 64.500 ha indberettet som pligtige efterafgrøder. De 183.000 ha er ca. 50.000 ha mindre end det der kan beregnes ud fra arealet med de afgrøder, der udgør efterafgrødegrundlaget^[1] ud fra FRJOR i tabel 6, hvor areal med pligtige efterafgrøder kan beregnes til ca. 235.000 ha. Desuden bidrager udlæg før kløvergræs og frøgræs til opfyldelse af kravet om efterafgrøder, og dette er beregnet til 158.000 ha, i alt 408.000 ha med græsdække i efteråret.

Tabel 6. Arealfordeling (1000 ha) for opstillede typesædskifter og data fra FRJOR i 2017.

	Typesædskifter			FRJOR		
	Konv.	Øko.	Sum	Konv.	Øko.	Sum
Areal	2.115	164	2.279	2.116	164	2.281
Afgrøde:						
Græs	193	70	263	211	69	281
Majs	148	2	150	163	4	167
Vårsæd	679	62	741	581	44	625
Vinterkorn	761	18	779	796	22	818
Frøgræs	87	3	90	81	2	83
Bælgsæd	0	9	9	13	7	20
Olieplanter	201	0	201	190	9	199
Kartofler, roer	45	0	45	82	2	84
Blandet	0	0	0	0	4	4
Efterafgrøde ¹⁾	235	15	249			
Efterafgrøde ²⁾				151	33	183
Udlæg ³⁾	200	30	229			
Sort jord	506	32	537			
Handelsgødning, 1.000 t N	211		211	237	1	237
Husdyrgødning, 1.000 t N	198	19	216	196	20	217

¹⁾ Scenarie efterafgrøde er beregnet fra 10 og 14% efterafgrøder af pligtige afgrøder på brug med under/over 0,8 DE/ha

²⁾ FRJOR efterafgrøde fra Landbrugsstyrelsens indberetning til efterafgrødeskemaet (GKEA) til "De generelle Landbrugsregistre"

³⁾ Scenarieudlæg er beregnet ud fra gns. alder af frøgræs og kløvergræs

Der er således en betydelig usikkerhed omkring arealet med efterafgrøder i registrene, herunder fordeling mellem driftsgrene. Ved standardsædskifterne er der således valgt at beregne areal med efterafgrøder ud fra reglerne for pligtige efterafgrøder, samt placere udlæg ud fra andel af græs som ovenfor beskrevet. Det betyder, at der i typesædskifterne er lidt højere areal med efterafgrøder og udlæg, i alt 473.000 ha, end det beregnede ud fra summen af efterafgrødegrundlag og omlægning af græsmarker. En årsag hertil kan bl.a. være, at mindre brug er undtaget fra krav om efterafgrøder.

[1] Efterafgrødegrundlag er afgrøderne korn, korsblomstrede, bælgsæd, majs og etårige frøafgrøder.

Udbragt husdyrgødning svarer til det faktiske forbrug i 2017, fordi der er antaget at al husdyrgødning spredes til omdriftsarealet. Der tages altså ikke hensyn til afsat husdyrgødning under græsning på varig græs. Udbragt handelsgødning i scenarier er 211.000 ton N, men hvis arealet med varig græs antaget at være med normalt udbytte gødet op til N-kvoten på 156 kg N/ha, så svarer forskellen til faktisk forbrugt handelsgødning efter gødningsregnskaberne.

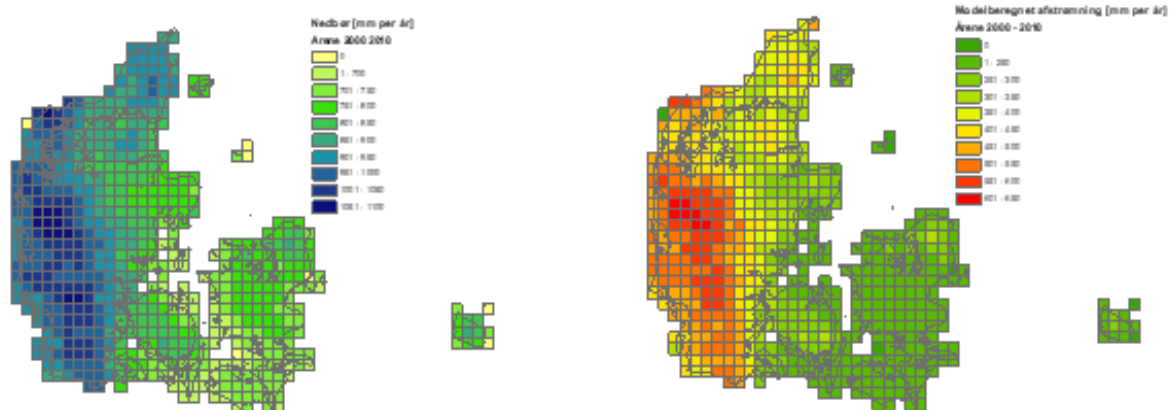
6 Kvælstofudvaskning fra karakteristiske økologiske og konventionelle bedrifter

Nitratudvaskningen er beregnet med NLES5 (Børgesen et al., 2019) for hver af de 17 standardsædskifter i appendiks A. Beregningerne kræver, at der for afgrøde i sædskifterne defineres foregående afgrøde, jorddække vinteren før og jorddække om efteråret samt tilførsel af N til afgrøden og i de forudgående tre år.

6.1 NLES5 modellen

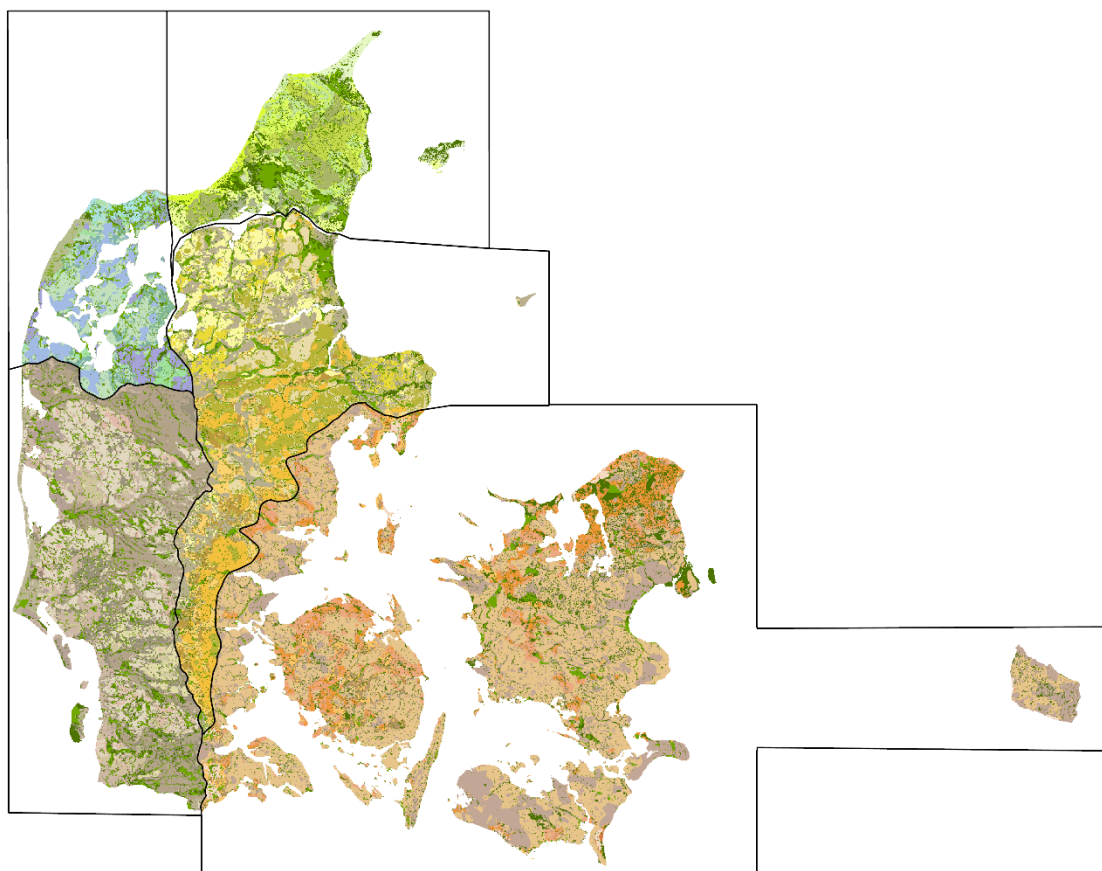
NLES5 modellen (Børgesen et al., 2019) er anvendt i beregningen af nitratudvaskningen for alle marker i hvert af de 17 sædskifter. Sædskifter med tilhørende gødningsplaner anvendes sammen med data for jordtypefordeling og vejrdata fra hele landbrugsarealet i Danmark. Resultaterne af modelberegningerne er udført for at kunne sammenlignes på tværs af økologiske og konventionelle bedrifter. Derimod er beregningerne ikke gennemført med henblik på vurdering af den samlede nationale eller regional nitratudvaskning, da afgrødefordeling og gødningspraksis er antaget at være både standardiseret og ens i hele landet.

Beregningerne baseres på vejrdata målt i perioden 2000 til 2010 og opgjort for DMI 10 km nedbørsgrid som beskrevet i Børgesen et al. (2013). Beregningerne er gennemført således at alle marker forekommer med samme areal i alle de nedbørsgrid, hvor der forekommer et landbrugsareal. Der er anvendt vejrdata for 602 ud af de 609 nedbørsgrid, der dækker landet (figur 2). Beregningerne er desuden lavet under den forudsætning, at der er 1 ha af alle marker i alle 602 nedbørsgrid med landbrug og jordtypefordelingen følger jordtypefordelingen i griddene. Der er således ingen differentiering i nedbør og jordtype afhængig af produktionsform eller driftsgren. Resultaterne kan derfor ikke direkte sammenlignes med studier, hvor den geografiske placering af afgrøder og landbrugspraksis inddrages.



Figur 2. Nedbør (tv) og modelberegnet afstrømning (th) opgjort som gennemsnit for perioden 2000 til 2010 opgjort på DMI 10 km grid-skala. Gule områder på nedbørskortet angiver nedbørsgrid, der ikke er medtaget i modelberegningerne, da der ikke er registreret landbrugsareal inden disse grid.

De anvendte jordtyper er beskrevet i Børgesen et al. (2013). Det antages i modelberegningerne, at alle marker i et givet område af landet har samme jordtypefordeling. Fordelingen følger jordtypefordelingen for landbrugsarealet i hvert enkelt nedbørsgrid (figur 3).



Typejorde	Georegion THY	Georegion NORDJYLLAND	Georegion VESTJYLLAND	Georegion MIDTJYLLAND	Georegion ØST DK
Vådbundsjord mineralisk	ES 1-1-1	ES 1-1-1	ES 1-1-1	MS 1-3-4	MS 1-4-4
Vådbundsjord Humus	DS 1-3-4	HS 1-1-7	FS 1-1-1	DS 1-3-4	DS 1-4-4
	ES 1-1-1	ES 1-1-1	ML 1-4-5	ML 1-5-7	ML 4-7-7
	HS 1-1-3	HS 1-1-7	DS 1-3-1	ML 4-5-7	DS 4-4-4
	MS 1-4-6	DS 1-4-4	DS 1-3-1	DS 4-3-4	ML 4-4-4
	MS 4-4-6	HS 1-1-1	ML 4-4-5	MS 4-3-4	ML 4-7-7
	ML 4-5-7	HS 1-4-7	DS 4-3-1	ML 4-5-7	DS 4-4-4
	DS 4-3-4	DS 4-4-4	ML 4-4-5	DS 4-3-4	ML 6-7-7
	ML 6-7-7	YS 1-3-3	DS 4-3-1	ML 6-7-7	ML 7-7-7
		YS 4-3-3	TS 1-1-1		

Figur 3. Typejorde opdelt i 5 georegioner fordelt over landet. Legenden refererer til geologisk jordart og efterfølgende JB- klassifikationsnumre for henholdsvis Ap, B og C horisonterne. Jordarterne er: ES = flyvesand, DS = diluvialsand, MS=morænesand, ML = moræneler, FS=Ferskvandssand, HS=Litorina sand. En nærmere beskrivelse af jordtyperne findes i Børgesen et al. (2013).

Ud over jordtype og afstrømning kræver NLES5 modellen information om afgrødefølger, dvs. den afgrøde der dyrkes i det forudgående år og i den indeværende vækstsæsonen. Der skelnes mellem fire bidrag til beregning af sædskifteeffekten. Forfrugten (fire grupper), vinterforfrugt (10 grupper), den høstede afgrøde i udvaskningsåret (13 grupper) og jorddække i efterår og vinter (afgrøde, efterafgrøde eller stubmark, jordbearbejdning i efteråret (8 grupper). De fire bidrag er opgjort for hver af markerne i sædskifterne. Forfrugten og vinterforfrugten for den første mark i sædskiftet er lig med den sidste mark i

sædskiftet, således at der antages et rullende sædskifte. Afgrødeeffekten på udvaskningen udregnes som summen af de fire bidrag og sædskifteeffekten som gennemsnit af afgrøderne.

6.1.1 Husdyrgødning

NLES5 modellen skelner mellem organisk og mineralsk kvælstof i den udbragte gødning. For kvægbrug og blandet brug antages kvæggylle med et mineralsk indhold (ammonium) på 55% og 45% organisk N. For planteavlsbrug og svinebrug antages svinegylle med 70% mineralsk N og 30% organisk N.

Det antages, at udbringningspraksis af husdyrgødning følger praksis opgjort for landovervågningsoplandene i perioden 2016-2018 (Sørensen et al., 2019). For vinterrapsmarker er det således antaget at 57% af husdyrgødningen udbringes i efteråret (efter 1. september), mens 2% af husdyrgødningen til fodergræsmarker og 80% af husdyrgødning til frøgræsmarker antages udbragt i efteråret. Den øvrige udbragte husdyrgødning tildelt i sædskifterne antages udbragt som forårsudbringning. Modelberegningerne tager således ikke hensyn til at der på nogle arealer og bedrifter foretages afgræsning. For svinebrug med afgræsning modelleres dette som en græsmark, der pløjes i efteråret. Dette underestimerer formentlig nitratudvaskningen fra svinehold på friland, men der findes ikke muligheder i NLES5 for direkte at inddrage svin på friland.

6.1.2 Jorddække i efteråret

For de afgrøder, hvor der er bar jord i den følgende efterår/vinter, er det antaget i alle konventionelle sædskifter, at være stubjord uden jordbearbejdning før foråret, mens det i de økologiske sædskifter er antaget at arealet er harvet eller stubbearbejdet i efteråret af hensyn til bekæmpelse af rod ukrudt. Dette indgår ved at der bruges NLES5 parameteren W3 som vintervegetationsparameter for de økologiske brug og W2 for konventionelle brug, hvor W3 medfører større nitratudvaskning. For efterafgrøder antages, at der i både konventionelle og økologiske brug alene benyttes efterafgrøder uden bælgeplanter, således at der ikke indgår et bidrag fra N-fiksering i efterafgrøderne.

7 Resultater

Tabel 7 viser tildelingen af kvælstof i henholdsvis handelsgødning, husdyrgødning og fiksering, samt den beregnede udvaskning i kg N/ha årligt i hvert af de 17 sædskifter (appendiks A).

Tabel 7. Beregnet gennemsnit for nitratudvaskningen samt gennemsnit af N tilført med handelsgødning, husdyrgødning og den gennemsnitlige N-fiksering af de 17 sædskifter: konventionel (Konv), økologiske (Øko), planteavlbrug (PI), svinebrug (Sv), kvægbrug (Kv) og blandet (Bl).

Brug	Udvaskning	Handels- gødning	Husdyr- gødning	N-fiksering	Areal
	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	ha
KonvPI-1	63	112	68	0	81.983
KonvPI-2	43	91	86	0	40.391
KonvPI-3	37	141	30	0	112.339
KonvPI-4	48	110	71	0	102.120
KonvPI-5	57	147	33	0	189.002
KonvPI-6	53	98	85	12	265.765
KonvSv-1	42	75	106	0	232.775
KonvSv-2	45	77	106	0	232.775
KonvKv-1	60	58	195	32	202.860
KonvKv-2	51	101	144	32	202.860
KonvBl	47	122	68	13	451.915
ØkoPI	34	0	86	40	31.243
ØkoSv-1	64	0	214	69	1.633
ØkoSv-2	40	0	86	16	4.898
ØkoKv-1	30	0	139	133	71.823
ØkoKv-2	42	0	115	114	21.454
ØkoBl	29	0	82	129	33.105

Den højeste tildeling af handelsgødning, 147 kg N/ha, er i plantesædskifte KonvPI-5, hvor der udelukkende er korn og rapsafgrøder og som også har den laveste tildeling af husdyrgødning, 33 kg N/ha. Den højeste tildeling af husdyrgødning er i KonvKv-1 (195 kg N/ha) og ØkoSv-1 (214 kg N/ha), hvor det konventionelle sædskifte er med 30% græs og 40% majs, mens det økologiske sædskifte er med 50% græs beregnet til udeophold for søerne. Den højeste N-fiksering (114 - 133 kg N/ha) er i de tre økologiske sædskifter med kvæg og blandet, som har stor andel (30-60%) arealet med kløvergræs.

Den højeste udvaskning (63 kg N/ha) forekommer i det konventionelle plantesædskifte, KonvPI-1, med høj andel kartofler og derfor bar jord (50% bar jord og ingen efterafgrøde), men også i det økologiske svinesædskifte med grisefolde er der beregnet samme høje udvaskning (64 kg N/ha). Den laveste udvaskning, 29 kg N/ha, er beregnet i det økologiske sædskifte "blandet", mens den laveste udvaskning i de konventionelle sædskifter er 37 kg N/ha KonvPI-3 med frøgræs.

Det samlede estimat for nitratudvaskning er 49 kg N/ha for konventionelle arealer og 33 kg N/ha for økologiske arealer, svarende til en reduktion på 16 kg N/ha ved omlægning fra nuværende konventionel praksis til nuværende økologisk produktion (tabel 8). Ved sammenligning inden for hver af de 4 driftsgrene, baseret på de opstillede typesædskifter i de to produktionsformer, er der den største effekt ved omlægning fra konventionel kvægproduktion og økologisk kvægproduktion (22 kg N/ha), mens der er beregnet en øget udvaskning på 3 kg N/ha ved sammenligning mellem konventionelle og økologiske svinebedrifter.

Tabel 8. Areal og modelberegnet udvaskning samt forskel i udvaskningen ved omlægning af konventionelle landbrug til økologisk produktion. Arealer er opgjort ud fra data fra driftsåret 2017. Nitratudvaskning (kg N/ha årligt) er beregnet med NLES5 (Børgesen et al., 2019). Effekten er beregnet enten ved sammenligning af typiske økologiske og konventionelle driftsgrene i 2017 eller ud fra statistikken for hvilke konventionelle driftsgrene der i 2018 er omlagt til økologisk produktion.

Produktionsform	Driftsgren	Areal, 1.000 ha	Udvaskning, kg N/ha				
			Opnået	Effekt konv- øko			
Konventionel	Alle	2.115	49				
Økologisk	Alle	164	33	16			
Sammenligning mellem typiske økologiske og konventionelle driftsgrene							
Konventionel	Plante	792	52				
Økologisk		31	34	18			
Konventionel	Kvæg	406	55				
Økologisk		93	33	22			
Konventionel	Svin	466	43				
Økologisk		7	46	-3			
Konventionel	Blandet	452	47				
Økologisk		33	29	18			
Sammenligning ud fra omlægning til økologisk driftsgren (2018). % af konventionel areal.							
	Fra	Plante	Kvæg	Svin	Blandet		
Konventionel	Plante	69	3	5	23	50	
Økologisk						34	16
Konventionel	Kvæg	32	27	12	28	50	
Økologisk						33	17
Konventionel	Svin	22	1	65	12	46	
Økologisk						46	0
Konventionel	Blandet	30	5	12	53	48	
Økologisk						29	19

Ved sammenligning mellem udvaskningen på de arealer af forskellige driftsgrene, der faktisk omlægges til økologi, ses det at effekten af omlægning til økologisk mælkeproduktion reducerer udvaskningen med 17 kg N/ha, mod 22 kg/ha ved en gennemsnitlig sammenligning mellem de to driftsgrene. For økologisk planteavl og svineproduktion er der henholdsvis en mindre effekt på 2 kg N/ha og for økologisk svinebrug en stigning i udvaskningen på 3 kg N/ha.

8 Samlet vurdering af økologiens effekt på nitratudvaskning

Udgangspunktet for denne opgørelse af effekt af omlægning til økologisk produktion skelner mellem driftsgrenene og belyser to forskellige udgangspunkter for sammenligningen (Olesen et al., 2019). De to udgangspunkter er dels en før-nu situation ved omlægning, hvor effekten beregnes arealvægtet i forhold til den aktuelle konventionelle produktion før omlægning og dels en sammenligning af typiske økologiske kontra konventionelle produktionssystemer. Til trods for disse to væsentligt forskellige tilgange, så er forskellene i økologiens effekt på N-udvaskning overordnet set meget beskedent (tabel 8). Den væsentligste forklaring er, at forskelle i sædskifter og gødningstilførsler i de enkelte driftsgrene er mindre udpræget end umiddelbart forventet. Økologisk planteavl er således i forhold til afgrødesammensætning i stort omfang præget af samarbejde med kvægbrug, hvilket fremgår af det store græsareal på plantebrugene samt erfaringer fra interview med økologiske planteavlere (Noe et al., 2015). Samtidig er der for både økologiske og konventionel produktion et ret stort areal med driftsgrenen "blandet", som i denne sammenhæng er blandede bedrifter med både planter og dyr eller blandinger af dyr samt fjerkræ, gartnerier, deltids- og hobbylandbrug, hvilket er med til at udviske forskelle imellem driftsgrene. Svinebrug adskiller sig som den eneste i forhold til effekt af økologisk jordbrug, ved ikke at have nogen væsentlig effekt på nitratudvaskningen. Til gengæld er arealet med svinebrug beskedent.

Modelberegningerne i tabel 8 er baseret på typesædskifter, hvor en række forskelle i anvendelse af efterafgrøder og management af græsmarker ikke er medregnet. Effekterne af disse forskelle er estimeret separat og resulterer i et samlet estimat for reduktion i nitratudvaskning ved omlægning til økologisk jordbrug for dyrkningspraksis i 2017 på 9 til 11 kg N/ha (tabel 9). Der er redegjort for disse yderligere effekter nedenfor.

Tabel 9. Reduktion i nitratudvaskning ved omlægning fra konventionel til økologisk produktion opgjort ved den nuværende arealfordeling mellem driftsgrene med udgangspunkt i dyrkningspraksis i 2017.

Kilde til reduktion i nitratudvaskning	Reduktion (kg N/ha)
Modelberegnet reduktion for typesædskifter (tabel 8)	16
Effekt af afgræsning	-4 til -3
Effekt af målrettede efterafgrøder	-2,3
Effekt af husdyrefterafgrøder	-0,3
Samlet effekt	9 til 11

Modelberegningerne i tabel 7 inddrager ikke effekter af afgræssende dyr, da dette ville have yderligere kompliceret opsætningen af typesædskifter. Således er der i modelberegningerne antaget, at græsmarker på både økologiske eller konventionelle kvægbrug høstes ved slået og derved ikke afgræsses. Ved afgræsning afsættes urin og fast gødning i pletter på marken, hvilket medfører dårligere N-udnyttelse og højere udvaskning. Herved underestimeres udvaskningsniveauet på både de økologiske og konventionelle kvægbedrifter, da kørerne en del af sæsonen afgræsser en del af græsmarkerne på både de konventionelle og økologiske brug. Undervurderingen er beregnet på

baggrund af aktuell arealanvendelse, effektvurdering på udvaskningen (typetal) og praksis for afgræsning. For det konventionelle areal antages at 10% af græsmarker i omdrift afgræsses og 40% på de økologiske brug. Baseret på de samme gennemsnitsbetragtninger som i Blicher-Mathiesen et al. (2020) fås, at udvaskningen er 32 kg N/ha større på afgræsningsmarker end for marker der høstes til slæt. I det økologiske kvægbrugssædskifte er der 9 marker med kløvergræs ud af 20 marker, og i det konventionelle er der 6 marker ud af de 20 marker. Vægtes de økologiske kvægsædskifter sammen fås, at 53% af omdriftsarealet er græsmarker, og for de konventionelle kvægbrug er 30% græsmarker. På baggrund af en spørgeskemaundersøgelse hos kvægbrug (Kristensen og Sørensen, 2017) er andelen af græsareal i omdrift, som afgræsses hele sæsonen, 10% for konventionelle og 40% for økologiske brug. Dette kan omregnes til at udvaskningen i modelberegningerne for græsmarkerne undervurderes med ca. 1 kg N/ha for konventionelle kvægbrug og ca. 7 kg N/ha for de økologiske kvægbrug. Fordeles denne effekt på hele dyrkningsarealet medfører det en undervurdering på i gennemsnit 0,2 kg N/ha for konventionelle drift og 3,8 kg N/ha for økologisk drift. Den samlede effekt af afgræsning bliver således en øget nitratudvaskning for økologiske brug på 3-4 kg N/ha.

Det er for både økologiske og konventionelle brug antaget, at der kun indgår de pligtige efterafgrøder i sædskifterne. Der ses således bort fra de målrettede efterafgrøder, husdyrgødningsefterafgrøder samt MFO-efterafgrøder. Indberetningerne af planlagte og etablerede efterafgrøder har i perioden 2011 til 2017 været præget af stor inhomogenitet, bl.a. som følge af store ændringer i omfanget og indholdet af efterafgrødeordninger i perioden. Der er ved analyse af indberetning af efterafgrøder i de landsdækkende registre konstateret store og uforklarlige forskelle mellem de indberettede og etablerede efterafgrødeareal fra 2016 til 2017. Derfor er der valgt kun at anvende de lovpligtige efterafgrøder i typesædskifterne. Hvis de målrettede efterafgrøder i 2017 var indarbejdet ville udvaskningen være lavere i de konventionelle sædskifter, da de målrettede efterafgrøder ikke kunne søges af økologiske bedrifter (Landbrugsstyrelsen, 2017). I 2021 er målet, at der etableres 373.600 ha med målrettede efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen, 2020b). Opgørelse af målrettede efterafgrøder i 2017 viste et samlet areal på 145.000 ha. Det samlede areal i omdrift på konventionelle brug i 2017 var på 2.115.000 ha. Således svarer de 145.000 ha til 7% af omdriftsarealet. Antages et areal på 373.600 ha med målrettede udgør det ca. 18% af omdriftsarealet på konventionelle brug.

Omregnes disse arealer for målrettede efterafgrøder til N-udvaskning, fås en overvurdering af alle konventionelle markers udvaskning med ca. 2,3 kg N/ha i 2017 stigende til 5,8 kg N/ha i 2021 ved en effekt på 33 kg N/ha efterafgrøde. Med hensyn til MFO efterafgrøder, så dækkes disse i stor omfang af de pligtige efterafgrøder, og disse bidrager derfor ikke yderligere hverken for det konventionelle eller økologiske areal. Husdyrefterafgrøder i 2017 er opgjort til 19.000 ha og antages at udgøre 34.000 ha i 2021 (Blicher-Mathiesen et al., 2020). Disse vil alene forekomme på konventionelle brug. Antages en effekt på 33 kg N/ha efterafgrøde og et areal på konventionelle brug i på 2.115.000 ha, fås en gennemsnitlig lavere udvaskning på 0,3 kg N/ha i 2017 og 0,5 kg N/ha i 2020. Samlet vurderes de

målrettede efterafgrøder og husdyrefterafgrøder at medføre, at udvaskningen overvurderes i intervallet på 2,6 til 6,3 kg N/ha for de konventionelle brug, mens der ikke er nogen effekt på estimatet for de økologiske brug.

Der findes ikke opgørelser af anvendelsen af frivillige efterafgrøder på økologiske brug. I de opstillede økologiske sædskifter udgør arealet med efterafgrøder og udlæg 49% af det pligtige efterafgrødegrundlag, hvilket stort set er i overensstemmelse med den arealandel på 45% for efterafgrøder og udlæg, som er angivet af Økologirådgivningen for 2017 (Hattesen, 2020). Her angives, at denne arealandel er steget til 50% i 2020. Effekten af den angivne øgede andel af efterafgrøder på 5% af efterafgrødegrundlaget giver en reduktion i nitratudvaskningen på 0,5 kg N/ha for hele sædskiftearealet, idet der anvendes en gennemsnitseffekt af efterafgrøder på 25 kg N/ha (Eriksen et al., 2020), hvilket er gældende for efterafgrøder på brug med mindre end 0,8 DE/ha. Dette niveau vurderes at være gældende ved det lave gødningsniveau på økologiske brug.

Det er i NLES5 beregningerne antaget, at der alene dyrkes efterafgrøder uden bælglplanter, da brug af bælglplanter pt. ikke er tilladt i de pligtige efterafgrøder. Der er dog overvejelser i gang om at tillade dyrkning af blandinger af N-fikserende og ikke-N-fikserende planter som pligtige efterafgrøder, mod at der indregnes en eftervirkning på 50 kg N/ha (Eriksen et al., 2020). Dette tiltag vil give økologiske brug mulighed for dyrkning af N-fikserende efterafgrøder uden at det vil påvirke mulighederne for gødningsanvendelse. Hvis der tages udgangspunkt i at efterafgrøder med bælglplanter kan fikserer 36 kg N/ha (Pandey et al., 2017), og at efterafgrøder typisk udgør 10% af arealet (tabel 5) fås en gennemsnitlig N-fiksering i efterafgrøder på 3,6 kg N/ha. Data fra de økologiske sædskifteforsøg har vist at 18% af N-input, inkl. N-fiksering, udvaskes som nitrat (Pandey et al., 2018), og dette giver et estimat for øget N-udvaskning ved dyrkning af kvælstoffikserende efterafgrøder på i gennemsnit 0,6 kg N/ha. En del af dette kvælstof vil dog ved konsekvent dyrkning af efterafgrøder blive fastholdt i dyrkningsjorden, mens anvendelse af hyppig og intensiv jordbearbejdning i efteråret til bekæmpelse af rod ukrudt kan øge udvaskningen. Den samlede effekt af anvendelse af kvælstoffikserende efterafgrøder i økologisk jordbrug er derfor en øget nitratudvaskning på 0 til 1 kg N/ha. Det er i disse betragtninger forudsat at der ikke sker nogen ændringer af nitratudvaskningen på konventionelle brug, hvor den yderligere N-fiksering opvejes af en reduktion i gødningskvoten.

8.1 Yderligere effekter og usikkerheder

Opgørelsen af effekt på nitratudvaskningen ved omlægning fra konventionel til økologisk produktion er opgjort i tabel 9. Her indgår de effekter, der kan beskrives med NLES5 modellen samt de yderligere effekter, der kan tillægges forskellig omfang af afgræsning og brug af efterafgrøder i økologisk og konventionel brug. Der er dog en række andre forskelle i drift og management på økologiske og konventionelle brug, som kan påvirke nitratudvaskningen, men som vanskeligt lader sig kvantificere.

NLES5 modellen skelner ikke mellem om marken dyrkes økologisk eller konventionelt. Da økologiske udbytter generelt er lavere pga. manglende kemisk plantebeskyttelse mod sygdomme og skadedyr samt højere ukrudtspåvirkning, vil N-udnyttelsen være ringere i økologiske sædskifter. Da NLES5 modellen ikke tager højde for effekten af bedre plantebeskyttelse, vil NLES5 sandsynligvis undervurdere udvaskningen i de økologiske sædskifter. Det er dog ikke muligt at kvantificere denne effekt på udvaskningsniveauet, men der er indikationer i forsøg for at dette kan have betydning (De Notaris et al., 2018).

Det er i modelberegningerne antaget, at jordbundsforhold og nedbørsforhold er ens for alle sædskifter og bedriftstyper. Det er vanskeligt at vurdere effekten af denne antagelse på den modelberegne forskel i udvaskningen mellem økologiske og konventionelle brug. For kvægbrug, som dominerer i det vestlige Danmark på mere sandede jorde og med højere nedbørsoverskud end gennemsnittet for Danmark, vil udvaskningen være større og forskellen i udvaskningen mellem produktionsformerne også større. Det omvendte forhold gælder for planteavlbrug og svinebrug, som typisk findes i det østlige Jylland og på øerne med lavere nedbørsoverskud/mindre afstrømning. Her vil udvaskningen være lavere og forskellen også lavere. På det samlede resultat for landet vurderes dette dog ikke at have nogen betydende effekt, da der ikke er store forskelle i effekten af produktionsform for de væsentligste driftsgrene (tabel 8).

Der vil fra 2020/21 ske en skærpelse af udnyttelseskravene for husdyrgødning. Dette kan reducere anvendelsen af handelsgødning på de konventionelle bedrifter med brug af husdyrgødning. Der er sket en regulering af kvælstofniveauet i Økologisk Arealtilskud, således at effekten af skærpelse af udnyttelseskravene ikke slår igennem for økologiske bedrifter. Med Fødevare- og Landbrugspakken 2016 blev afgrødernes kvælstofnorm øget. De seneste års udvikling i forbrug af handelsgødning, sammenholdt med stigning i kvælstofnormen har vist at landmænd ikke udnytter den fulde normstigning (Blicher-Mathiasen et al., 2020). Således er der stadig en ikke-udnyttet kvælstofnorm, som vil absorbere en del af skærpelsen i udnyttelseskravene. Effekterne af de skærpede krav til udnyttelse af husdyrgødning vurderes for denne analyse at være forholdsvis små, men vil dog reducere forskellen i nitratudvaskning mellem økologisk og konventionel dyrkning .

I modelberegningerne med NLES5 er der for økologiske svinebrug antaget, at græsmarker med afgræsning kan repræsenteres ved at antage at disse ompløjes om efteråret. Denne antagelse skal afspejle grisenes rodeaktivitet på græsmarkerne. Udegående søer og smågrise på græsmarker vil med deres rodeaktivitet give stor risiko for at græsdækket helt eller delvist at ødelægges. Herved forringes græssets evne til at optage kvælstof fra afsat urin og fast gødning sammenlignet med en græsmark til slæt eller afgræsning med kvæg. I NLES5 modellen indgår kun data for græsmarker, der afgræsses med kvæg eller høstes ved slæt. Det må forventes, at udvaskningen for afgræssede marker på svinebrug er underestimeret i de gennemførte NLES5 modelberegninger. Arealet med udegående grise udgør i

modelberegningerne ca. 8% af arealet for økologiske svinebedrifter. Det er ikke muligt at kvantificere denne effekt, da der mangler tilstrækkelig forsøgsdata under forskellige former for nuværende management af økologisk svinehold.

Overordnet set harmonerer de modellerede niveauer for N-udvaskningen med de ovenfor anførte eksperimentelle undersøgelser for både kvægbrug og planteavl. Der er til gengæld væsentlig større usikkerhed om resultaterne for de økologiske svinebrug. Det skyldes dels modellens utilstrækkelighed i datagrundlaget for denne brugstype for udegående grise og dels den meget inhomogene arealbenyttelse på svinebrug med en mindre del af arealet i folddrift med stor N-belastning og et stort areal med planteavl. Den samlede udvaskning vil således afhænge af forholdet mellem disse typer af arealer og management på den enkelte bedrift. Generelt vil der være en væsentlig effekt af management på N-udvaskningen på alle brugstyper, men for svinebrugene er det ekstra markant, idet folddriften er afgørende for N-belastning og græsdække (Kongsted et al., 2019). Det skal bemærkes, at de eksperimentelle undersøgelser i stort omfang demonstrerer, at management har en markant effekt på nitratudvaskningen. Det er et forhold som modelberegningerne kun tager højde for i forhold til afgrødefølger og gødningstilførsel.

8.2 Sammenligning med tidligere estimater

Effekten af omlægning til økologisk jordbrug har været estimeret i flere tidligere studier, og effekten har generelt været faldende over tid. Dette skyldes især, at der er sket stramninger på kvælstofanvendelse i det konventionelle landbrug. I starten af 2000'erne blev effekten estimeret til 33 kg N/ha (Blicher-Mathiesen et al., 2003). Effekten blev dog i 2009 nedjusteret til 17 kg N/ha begrundet i stramninger i gødningsanvendelsen på de konventionelle bedrifter (Børgesen et al., 2009). Senest er effekten i 2013 nedjusteret til 10-17 kg N/ha begrundet i forbud mod jordbearbejdning og ompløjning af fodergræs om efteråret på konventionelle brug (Børgesen et al., 2013). Her er der med udgangspunkt i typesædskifterne estimeret en effekt af økologi på 16 kg N/ha, som dog nedjusteres til 12-13 kg N/ha under hensyn til forskelle i afgræsning mellem konventionelle og økologiske bedrifter (tabel 9). Dette estimat ligger inden for intervallet estimeret af Børgesen et al. (2013). Der er dog et stigende efterafgrødeareal på konventionelle landbrug, som for 2017 bringer estimatet ned på 9-11 kg N/ha. Fra 2017 til 2020 er der sket en yderligere stigning i arealet med målrettede efterafgrøder og husdyrefterafgrøder på det konventionelle areal, og der har været en mindre stigning i brugen af frivillige efterafgrøder på det økologiske areal. Dette har reduceret forskellen mellem konventionel og økologisk dyrkning med 2-3 kg N/ha, således at estimatet for effekten af økologisk dyrkning på nitratudvaskningen bliver 6-9 kg N/ha for 2020.

Det Økologiske Arealtilskud (ØA) begrænser den anvendte gødningsmængde på økologiske brug til 100 kg udnyttet N/ha, og der gives et ekstra økonomisk tilskud til bedrifter, der bruger mindre en 60 kg N/ha. Den sidste mulighed udnyttes på 24% af det økologiske areal og især på planteavlsbedrifter i

egne af landet hvor adgangen til husdyrgødning er begrænset (Landbrugsstyrelsen, 2020). Der er ikke i denne rapport lavet separate beregninger på sædskifter ved henholdsvis 100 og 60 kg N/ha udnyttet. Beregningerne baserer sig dog på den faktisk anvendte samlede gødningsmængde i 2017 på det økologiske areal, og resultaterne afspejler dermed praksis under ordningen med ØA (Økologisk Arealtilskud). For sædskiftet til den økologiske planteproduktion (ØkoPI) anvendes således en gennemsnitlig gødningsmængde på 86 kg total-N/ha, hvilket med en gennemsnitlig N-udnyttelse på 73% giver en udnyttet kvælstofmængde på 63 kg N/ha. Dette er i overensstemmelse med at en stor del af planteavlsbrugene kan udnytte tillægget for lavt gødningsniveau i ØA.

For kvægbrug er der for typesædskifterne beregnet en forskel på 22 kg N/ha i udvaskning, hvilket er lidt lavere end tidligere angivet af Hermansen et al. (2015), som estimerede en forskel på 30 kg N/ha. Dette estimat var baseret på N-balancestudier, som viste et niveau for nitratudvaskning på henholdsvis 73 og 43 kg N/ha i konventionel og økologisk mælkeproduktion, mod henholdsvis 55 og 33 kg N/ha i vores beregninger. I kvægsædskifterne er der tilført N gennem husdyr-, handelsgødning og biologisk N-fiksering svarende til ca. 280 kg N/ha og 240 kg N/ha i henholdsvis det konventionelle og økologiske sædskifte, men med forskelle på fordelingen på typen af N-input. Niveaue af N i husdyrgødning er 130 kg N/ha i økologisk, og samlet tildes der i husdyrgødning og handelsgødning 250 kg N/ha i det konventionelle sædskifte, hvilket er henholdsvis 10 kg N/ha lavere i økologisk og 30 kg N/ha højere i det konventionelle end i Hermansen et al. (2015). Disse forskelle kan være medvirkende årsag til den lavere estimerede forskel i udvaskning. De konventionelle typebrug har 35% af markerne med bar jord i efteråret, mod kun 15% på de økologisk kvægbrug. Den modellerede effekt for typesædskifterne skal justeres for afgræsning, som medfører en reduktion af forskellen med 6 kg N/ha (jf. ovenstående afsnit). Dette skal yderligere reduceres med effekt af husdyrefterafgrøder og en andel af de målrettede efterafgrøder, således at den estimerede effekt for kvægbrug bliver ca. 15 kg N/ha for 2017. Dette er en halvering af effekten estimeret af Hermansen et al. (2015).

Den modelberegnete nitratudvaskning fra sædskifter på konventionel og økologiske svinebrug uden grisefolde (ØkoSv-2) er ens (40-42 kg N/ha), mens udvaskningen fra det økologiske delsædskifte med grisefolde og korn er væsentlig højere (63 kg N/ha). Samlet er udvaskningen fra det økologiske svinesædskifte beregnet til 46 kg N/ha, hvilket er betragteligt lavere end de 110 kg N/ha, som angives af Hermansen et al (2015), baseret på balanceberegninger af Jakobsen et al. (2015), mens niveauet i det konventionelle sædskifte er ca. 20 kg lavere end i Hermansen et al. (2015). Med udgangspunkt i Jakobsen et al. (2015) kan beregnes en tilførsel af husdyrgødning på ca. 130 kg N/ha, mod 120 kg N/ha i vores beregninger, mens fikseringen på 30 kg N/ha er den samme i begge tilfælde. Det er således ikke N-tilførslen, der kan forklare forskellen. I NLES5 inddrages ikke græsmarkens benyttelse, og modelberegningerne er således baseret på data med enten slæt eller afgræsning med kvæg. I begge tilfælde vil der være en betydelig højere bortførsel af afgrøde fra marken end fra grisefolde, og der kan i disse græsmarkssystemer også være en betydelig akkumulering af kvælstof i græsmarken. I Jakobsen

et al. (2015) er der et udnyttet udbytte på 4.900 kg tørstof pr. ha græs, hvilket er 2-3.000 kg tørstof pr. ha lavere end på økologiske kvægbrug. Omregnet til kvælstof svarer det til 60-90 kg N/ha, eller ca. 7 kg N/ha som gennemsnit af hele det økologiske svinesædskifte, hvilket er relativt lidt i forhold til forskellen på 64 kg N/ha i udvaskning baseret på balancetragtningerne (110 kg N/ha) i Jakobsen et al (2015) og den modelberegneede udvaskning på 46 kg N/ha. En del af den resterende forskel kan muligvis forklares med større kvælstofakkumulering i græsmarker med god vækst i modsætning til de mere fragmenterede græsmarker på svinebrug. Der er dog manglende eksperimentel evidens for disse forskelle.

For planteavl er der tidligere i eksperimentelle og modelbaserede studier fundet, at der ikke er stor forskel mellem nitratudvaskning i økologiske og konventionelle dyrkningssystemer. Der har dog i disse studier ofte været begrænset forskel i kvælstofinput mellem de økologiske og konventionelle systemer. I de sædskifter, der anvendes her, er der en gennemsnitlig forskel i N-input i gødning på 91 kg N/ha mellem konventionel og økologisk planteavl, hvilket formentlig forklarer en stor del af den beregnede forskel på 18 kg N/ha i dette studie. Denne forskel skal dog reduceres med effekten af målrettede efterafgrøder i konventionel produktion, således at forskellen reelt formentlig er under 15 kg N/ha.

9 Konklusion

Effekten af omlægning til økologisk jordbrug har været estimeret i flere tidligere studier, og effekten har generelt været faldende over tid. Dette skyldes især, at der er sket stramninger af regler for kvælstofanvendelse, jordbearbejdning i efteråret og brug af efterafgrøder i det konventionelle landbrug. Senest er effekten i 2013 estimeret til 10-17 kg N/ha. Med udgangspunkt i typesædskifter for fire konventionelle og økologiske driftsgrene er der i denne undersøgelse estimeret en effekt af økologi på 16 kg N/ha, som dog nedjusteres til 12-13 kg N/ha under hensyn til forskelle i afgræsning mellem konventionelle og økologiske bedrifter. Dette estimat ligger inden for det tidligere estimerede interval på 10-17 kg N/ha. De seneste stramninger omkring efterafgrøder på konventionelle landbrug bringer dog estimatet for effekt af økologisk jordbrug på nitratudvaskningen for 2017 ned på 9-11 kg N/ha. Der er frem til 2020 sket en yderligere stigning i omfanget af målrettede efterafgrøder på det konventionelt dyrkede areal, og der er også en lille stigning i dyrkningen af frivillige efterafgrøder på det økologiske areal. Disse ændringer reducerer forskellen med 2 til 3 kg N/ha til et estimeret interval på 6 til 9 kg N/ha for 2020.

10 Referencer

- Andersen HM-L, Kongsted AG, Jakobsen M, 2020. Pig elimination behavior – A review. *Applied Animal Behaviour Science* 222, 104888.
- Askegaard M, Olesen JE, Kristensen K, 2005. Nitrate leaching in organic arable crop rotations: Effects of location, manure and catch crop. *Soil Use and Management* 21, 181-188.
- Askegaard M, Olesen JE, Rasmussen IA, Kristensen K, 2011. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142, 149-160.
- Biernat L, Taube F, Vogeler I, Reinsch T, Kluss C, Loges R, 2020. Is organic agriculture in line with the EU-Nitrate directive? On-farm nitrate leaching from organic and conventional arable crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 298, 106964.
- Blicher-Mathiesen G, Grant R, Jørgensen U, Poulsen HD, 2003. Vandmiljøplan II. Slutevaluering af de enkelte virkemidler, Status 2002, prognose for 2003. Baggrundsnotat DMU og DJF.
- Blicher-Mathiesen G, Holm H, Houlborg T, Rolighed J, Andersen HE, Carstensen MV, Jensen PG, Wienke J, Hansen B, Thorling L, 2019. "Landovervågningsoplande 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, se <https://dce2.au.dk/pub/SR352.pdf>." Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. 352: 1-244.
- Blicher-Mathiesen G, Olesen JE, Jung-Madsen S., 2020. Opdatering af baseline 2021. Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi Nr. 161.
- Brozyna MA, Petersen, SO, Chirinda N, Olesen JE, 2013. Effects of grass-clover management and cover crops on nitrogen cycling and nitrous oxide emissions in a stockless organic crop rotation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 181, 115-126.
- Børgeesen CD, Waagepetersen J, Iversen TM, Grant R, Jacobsen B, Elmholt S, 2009. Midt-vejsevaluering af Vandmiljøplan III – hoved og baggrundsnotater. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser. DJF rapport Markbrug 142. 233 s.
- Børgeesen CD, Jensen PN, Blicher-Mathiesen G, Schelde K, Grant R, Vinther FP, Thomsen IK, Hansen EM, Kristensen IT, Sørensen P, Poulsen HD, 2013. Udviklingen i kvælstofudvaskning og næringsstofoverskud fra dansk landbrug for perioden 2007-2011. Evaluering af implementerede virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning samt en fremskrivning af planlagte virkemidlers effekt frem til 2015. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2013. DCA rapport nr. 31. 153 s.
- Børgeesen CD, Sørensen P, Blicher-Mathiesen G, Kristensen KM, Pullens JWM, Zhao J, Olesen JE, 2019. NLES5 – An empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. DCA Report No. 163.
- De Notaris C, Rasmussen J, Sørensen P, Olesen JE, 2018. Nitrogen leaching: a crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 255, 1-11.
- De Notaris C, Rasmussen J., Sørensen P, Melander B, Olesen JE, 2019. Manipulating cover crop growth by adjusting sowing time and cereal inter-row spacing to enhance residual nitrogen effects. *Field Crops Research* 234, 15-25.

- Djurhuus J, Olsen P, 1997. Nitrate leaching after cut grass/clover ley as affected by time of ploughing. *Soil Use and Management* 13, 61-67.
- Eriksen J, 2001. Implications of grazing by sows for nitrate leaching from grassland and the succeeding cereal crop. *Grass and Forage Science* 56, 317-322.
- Eriksen J, Askegaard M, 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, Askegaard M, Kristensen K, 2004. Nitrate leaching in an organic dairy crop rotation: the effects of manure type, nitrogen input and improved crop rotation. *Soil Use and Management* 20, 48-54.
- Eriksen J, Askegaard M, Søegaard 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.
- Eriksen J, Hermansen JE, Strudsholm K, Kristensen K, 2006b. Potential loss of nutrients from different rearing strategies for fattening pigs on pasture. *Soil Use and Management* 22, 256-266.
- Eriksen J, Kristensen K, 2001. Nutrient excretion by outdoor pigs: a case study of distribution, utilisation and potential for environmental impact. *Soil Use and Management* 17, 21-29.
- Eriksen J, Studnitz M, Strudsholm K, Kongsted AG, Hermansen JE, 2006a. Effect of nose ringing and stocking rate of pregnant and lactating outdoor sows on exploratory behavior, grass cover and nutrient loss potential. *Livestock Science* 104, 91-102.
- Eriksen J, Askegaard M, Rasmussen J, Søegaard K, 2015. Nitrate leaching and residual effect in dairy crop rotations with grass-clover leys as influenced by sward age, grazing, cutting and fertilizer regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 212, 75-84.
- Eriksen J, Thomsen IK, Hoffmann CC, Hasler B, Jacobsen BH, 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. DCA Rapport nr. 174.
- Eskildsen M, Krogh U, Nørgaard JV, Hedemann MS, Sørensen MT, Kongsted AG, Theil PK, 2020. Grass clover intake and effects of reduced dietary protein for organic sows during summer. *Livestock Science* (in press).
- Hansen EM, Eriksen J, 2016. Nitrate leaching in maize after cultivation of differently managed grass-clover leys on coarse sand in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 216, 309-313.
- Hansen EM, Eriksen J, Søegaard K, Kristensen K, 2012. Effects of grazing strategy on limiting nitrate leaching in grazed grass-clover pastures on coarse sandy soil. *Soil Use and Management* 28, 478-487.
- Hansen EM, Eriksen J, Vinther FP, 2007. Catch crop strategy and nitrate leaching following a grazed grass-clover. *Soil Use and Management* 23, 348-358.
- Hansen EM, Thomsen IK, Petersen SO, Lærke PE, Pedersen BF, Rasmussen J, Christensen BT, Jørgensen U, Eriksen J, 2018. Muligheder for reduktion af næringsstofftab i græsrigge sædskifter. Aarhus Universitet, DCA, Notat til Landbrugsstyrelsen 15. maj 2018.
- Hattesen, M., 2020. Nu har økologerne efterafgrøder i halvdelen af markerne. *Landbrugsavisen* 18 september 2020. <https://landbrugsavisen.dk/mark/nu-har-%C3%B8kologer-efterafgr%C3%B8der-i-halvdelen-af-markerne>

- Hermansen JE, Munkholm L, Bruus M, Eriksen J, Poulsen HD, Kronvang B, Bak JL, Dalgaard T, Kristensen HL, Rasmussen A, Adamsen APS, Hansen B, Brüsck W, Thorling L, Magid J, Rasmussen SK, Jensen LS, 2015. Miljø. In: Jespersen LM (ed.) Økologiens bidrag til samfundsgoder - Vidensyntese 2015. Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer, Foulum, 2015. s. 107-167.
- Høgh-Jensen H, Loges R, Jensen E S, Jørgensen FV, Vinther FP, 2004. "Empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. See <http://orgprints.org/3085>." *Agricultural Systems*(82): 181-194.
- Jakobsen M, Preda T, Kongsted AG, Hermansen JE, 2015. Increased foraging in outdoor organic pig production. Modelling environmental consequences. *Foods* 4, 622-644
- Jakobsen M, Hermansen JE, Andersen HM-L., Jørgensen U, Labouriau R, Rasmussen J, Kongsted AG, 2018. Elimination behavior and soil mineral nitrogen load in an organic system with lactating sows – comparing pasture-based systems with and without access to poplar (*Populus* sp.) trees. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 43, 639-661.
- Jørgensen U, Thuesen J, Eriksen J, Horsted K, Hermansen JE, Kristensen K, Kongsted AG, 2018. Nitrogen distribution as affected by stocking density in a combined production system of energy crops and free range pigs. *Agroforestry Systems* 92, 987-999.
- Knudsen MT, Kristensen IS, Berntsen J, Petersen BM, Kristensen ES, 2006. Estimated N leaching losses for organic and conventional farming in Denmark. *Journal of Agricultural Science* 144, 135-149.
- Knudsen MT, Meyer-Aurich A, Olesen JE, Chirinda N, Hermansen JE, 2014. Carbon footprints of crops from organic and conventional arable crop rotations using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production* 64, 609-618.
- Kongsted AG, Pedersen BF, Kristensen IS, Kristensen T, Eriksen J, 2019. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – folddriftspraksis og næringsstofbalancer. Rapport til Miljøstyrelsen 19. december 2019.
- Kristensen T, Sørensen LS, 2017. Malkekøer og afgræsning.
<http://anis.au.dk/aktuelt/nyheder/vis/artikel/malkekoeer-og-afgraesning/>
- Kristensen IS, Kristensen IT, Halberg N, Kristensen T, 2003. Estimering af N-balancer og -tab fra landbrugsbedrifter i et sammenhængende område ved anvendelse af registerdata og typebedrifter. Illustration af metoden anvendt i Mariager Fjord opland. Vandmiljøplan III. Rapport fra teknisk undergruppe.
- Kyed S, Kristensen IS, Tvedegaard N, 2006. Gødning og halm i økologisk Jordbrug. Fokusområder 2004-2005., Se http://pure.au.dk/portal/files/45194969/060904_sammendrag_godning_halm.pdf . Økologisk Landsforening: 1-43.
- Landbrugs- & Fiskeristyrelsen, 2017. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. 2017/18. Miljø- og Fødevareministeriet. Landbrugs- og Fiskeristyrelsen. Se <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=192354#id06a68804-4130-411a-8546-60972328e8e9> og http://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings-_og_harmoniregler_3_2017_2018.pdf . Miljø- og Fødevareministeriet. Landbrugs- og Fiskeristyrelsen.: 1-180.

- Landbrugsstyrelsen, 2017. Vejledning om målrettede efterafgrøder 2017. Landbrugsstyrelsen. se https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Natur_og_miljoe/Efterafgroeder/Vejledning_om_maalrettede_etterafgroeder_2017_revideret_september_2017.pdf: 1-45.
- Landbrugsstyrelsen, 2020a. Statistik over økologiske bedrifter. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Oekologi/Statistik/Statistik_over_oekologiske_jordbrugsbedrifter_2019.pdf
- Landbrugsstyrelsen, 2020b. Efterafgrøder i målrettet kvælstofregulering. <https://lbst.dk/landbrug/etterafgroeder-og-jordbearbejdning/etterafgroeder/etterafgroeder-i-maalrettet-kvaelstofregulering/>
- Landbrugsstyrelsen, 2020c. Analyse af N-tillæg under Økologisk Arealtilskud – Fordeling efter bedriftstyper, afgrøder og geografi. Notat, Miljø- og Fødevareministeriet, Landbrugsstyrelsen, 8 januar 2020.
- Manevski K, Jakobsen M, Kongsted AG, Georgiadis P, Labouriau R, Hermansen JE, Jørgensen U, 2019. Effekt of poplar trees on nitrogen and water balance in outdoor pig production – A case study in Denmark. *Science of Total Environment* 646, 1448-1458.
- Melander B, Rasmussen IA, Olesen JE, 2016. Incompatibility between fertility building measures and the management of perennial weeds in organic cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 220, 184-192.
- NaturErhvervsstyrelsen, 2016. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. 2016/17. Miljø- og Fødevareministeriet. NaturErhvervsstyrelsen.
- Noe, E., Alrøe, H., Thorsøe, M., Sørensen, P., Melander, B., Olesen, J.E., Fog, E., 2015. Barriers for developing more robust organic arable farming systems: implementing research knowledge in practice and knowledge asymmetries. *Sociologia Ruralis* 55, 460-482.
- Olesen JE, Kristensen T, Kristensen IS, Pedersen BF, Hansen EM, Thomsen IK, Sørensen P, 2019. Afklaring af om der er grundlag for en ny faglig opdatering af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter. Aarhus Universitet, DCA.
- Pandey, A., Li, F., Askegaard, M., Olesen, J.E., 2017. Biological nitrogen fixation in organic and conventional arable crop rotations in Denmark. *European Journal of Agronomy* 90, 87-95.
- Pandey A, Li F, Askegaard M, Rasmussen IA, Olesen JE, 2018. Nitrogen balances in organic and conventional arable crop rotations and their relations to nitrogen yield and leaching losses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265, 350-362.
- Pedersen JH, Lannig B, Dalgaard T, Larsen M, Friis H, Sandby J, Nybye K, Als F, Nielsen TH, Larsen R, Bøcher PK, Greve MB, Pedersen BF, 2006. Muligheder og begrænsninger for anvendelse af GIS og geodata. Danmarks JordbrugsForskning, Intern Rapport Markbrug nr. 4.
- Petersen PH, 2013. Sædskifte. Dyrkningsvejledning. Landbrug og Fødevarer. Seges, Planteavl.
- Rasmussen IA, Melander B, Askegaard M, Kristensen K, Olesen JE, 2014. *Elytrigia repens* population dynamics under different management schemes in organic crop-ping systems on coarse sand. *European Journal of Agronomy* 58, 18-27.
- Shah A, Askegaard M, Rasmussen IA, Jimenez EMC, Olesen JE, 2017. Productivity of organic and conventional arable cropping systems in Denmark. *European Journal of Agronomy* 90, 12-22.

Sørensen P, Poulsen HD, Rubæk GH, Vinther FP, Pedersen BF, Kristensen IS, 2019. Udredning om anvendelse af gødning i dansk landbrug i relation til indførslen af fosforlofter. Aarhus Universitet. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. DCA Rapport 160.

Thomsen IK, Pedersen BF, Kristensen T, Petersen SO, Eriksen J, Hansen EM, 2019. Græs som virkemiddel i kvælstofreguleringen (Del 1). Aarhus Universitet, DCA. Notat til Landbrugstyrelsen 15. november 2019.

Zhao J, de Notaris C, Olesen JE, 2020. Autumn-based vegetation indices for estimating nitrate leaching during autumn and winter in arable cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 290, 106786.

11 Appendiks A

Præsentation af 17 repræsentative danske standardsædskifter og gødskning baseret på data fra vækståret 2017. Tilført kvælstof i handelsgødning (HAN) og husdyrgødning (HUS) er anført. HUS er i kg N ab lager. Bar jord er ubehandlet i efteråret ved konventionel og stubharvet ved økologisk produktion.

Vanding/JB-nr.	Areal, 1.000 ha	Afgrøde	Efter-afgrøde	Næste vinter			HUS	HAN
				Udlæg	Heraf fix. udl.	Bar jord	Kg tilført N/ha	Kg N/ha
KonvPI-1: Konventionel fuldtids plantebrug med kartoffelproduktion på sandjord								
Vandet/1-4	82,0	Vårkorn	0	0	0	1	97	83
		Kartofler	0	0	0	0	0	174
		Triticale	0	0	0	0	97	87
		Vårkorn	0	0	0	1	97	83
		Kartofler	0	0	0	1	0	174
		Vårkorn	0	0	0	0	97	63
		Vinterraps	0	0	0	0	97	129
		Triticale	0	0	0	1	97	87
		Kartofler	0	0	0	1	0	174
		Vårkorn	1	0	0	0	97	66
		Gns.	10%	0%	0%	50%	68	112
KonvPI-2: Konventionel fuldtids plantebrug med frøgræsproduktion på sandjord								
Uvandet/2+4	40,4	Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	0	133
		Frøgræs	0	0	0	0	101	96
		Vinterhvede	0	0	0	0	101	73
		Triticale	0	0	0	1	101	96
		Triticale m. udl.	0	1	0	0	0	170
		Frøgræs	0	0	0	0	101	96
		Vårkorn	0	0	0	0	101	36
		Vinterraps	0	0	0	0	150	91
		Vinterhvede	0	0	0	0	101	76
		Vårkorn	1	0	0	0	101	42
		Gns.	10%	20%	0%	10%	86	91
KonvPI-3: Konventionel fuldtids plantebrug med frøgræsproduktion på lerjord								
Uvandet/5-6	112,3	Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	0	140
		Frøgræs	0	0	0	0	0	170
		Vinterhvede	0	0	0	0	0	165
		Vinterraps	0	0	0	0	100	133
		Vinterhvede m. frøgræsudlæg	0	1	0	0	0	168
		Frøgræs	0	0	0	0	0	170
		Vårkorn	0	0	0	0	0	117
		Vinterraps	0	0	0	0	100	133
		Vinterhvede	0	0	0	0	0	168
		Vårkorn	1	0	0	0	100	50
		Gns.	10%	20%	0%	0%	30	141

Vanding/JB-nr.	Areal, 1.000 ha	Afgørde	Næste vinter				HUS	HAN
			Efter-afgrøde	Udlæg	Heraf fix. udl.	Bar jord	kg tilført N/ha	kg N/ha
KonvPI-4: Konventionel fuldtids plantebrug med sukkerroeproduktion på stiv lerjord								
Uvandet/7-9	102,1	Vinterhvede	0	0	0	1	93	128
		Sukkerroer	0	0	0	1	0	131
		Vårkorn	1	0	0	0	93	70
		Vårkorn	0	0	0	0	93	87
		Vinterraps	0	0	0	0	150	100
		Vinterhvede	0	0	0	1	93	108
		Sukkerroer	0	0	0	1	0	131
		Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	93	67
		Frøgræs	0	0	0	0	0	170
		Vinterhvede	0	0	0	0	93	105
		Gns.	10%	10%	0%	40%	71	110
KonvPI-5: Konventionel fuldtids plantebrug med dominerende kornproduktion på lerjord								
Uvandet/5-6	189,0	Vårkorn	1	0	0	0	110	43
		Vårkorn	0	0	0	0	0	140
		Triticale	0	0	0	0	0	188
		Triticale	0	0	0	0	0	188
		Vinterraps	0	0	0	0	110	126
		Vinterhvede	0	0	0	0	0	168
		Triticale	0	0	0	1	0	188
		Vårkorn	0	0	0	0	0	140
		Vinterraps	0	0	0	0	110	126
		Vinterhvede	0	0	0	1	0	168
		Gns.	10%	0%	0%	20%	33	147
KonvPI-6: Konventionel fuldtids plantebrug med dominerende kornproduktion på sandjord								
Uvandet/2+4	265,8	Vårkorn m. udl.	0	1	1	0	94	80
		Kløvergræs	0	0	0	0	0	287
		Triticale	0	0	0	0	94	6
		Triticale	0	0	0	0	94	101
		Vinterraps	0	0	0	0	94	131
		Vinterhvede	0	0	0	0	94	81
		Triticale	0	0	0	1	94	101
		Vårkorn	1	0	0	0	94	47
		Majs	0	0	0	1	94	82
		Vårkorn	0	0	0	1	94	64
		Gns.	10%	10%	10%	30%	85	98
KonvSv-1: Konventionel fuldtids svineproduktion på sandjord, indmark.								
Uvandet/2+4	232,8	Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	108	54
		Frøgræs	0	0	0	0	0	170
		Vinterhvede	0	0	0	0	108	68
		Triticale	0	0	0	0	108	91
		Vinterraps	0	0	0	0	200	54
		Vinterhvede	0	0	0	0	108	71
		Triticale	0	0	0	0	108	91
		Triticale	0	0	0	1	108	91
		Vårkorn	1	0	0	0	108	29
		Vårkorn	1	0	0	0	108	29
		Gns.	20%	10%	0%	10%	106	76

Vanding/JB-nr.	Areal, 1.000 ha	Afgørde	Næste vinter				HUS	HAN
			Efter-afgrøde	Udlæg	Heraf fix. udl.	Bar jord	kg tilført N/ha	kg N/ha
KonvSv-2: Konventionel fuldtids svineproduktion på sandjord, udmark.								
2+4	232,8	Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	108	54
		Frøgræs	0	0	0	0	0	170
		Vinterhvede	0	0	0	0	108	68
		Triticale	0	0	0	0	108	91
		Vinterraps	0	0	0	0	200	54
		Vinterhvede	0	0	0	0	108	71
		Triticale	0	0	0	0	108	91
		Triticale	0	0	0	1	108	91
		Vårkorn	1	0	0	0	108	29
		Vårkorn	0	0	0	1	108	54
		Gns.	10%	10%	0%	20%	106	77
KonvSv/Vandet 1-4/ gns.	405,7	Areal vægtet	15%	5%	0%	15%	106	76
KonvKv-1: Konventionel fuldtids kvægproduktion på sandjord, indmark.								
Vandet/1-4	202,9	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	150	61
		Kløvergræs	0	0	0	0	275	100
		Kløvergræs	0	0	0	0	275	100
		Kløvergræs	0	0	0	0	275	100
		Majs	0	0	0	1	51	47
		Vårkorn	0	0	0	0	150	45
		Triticale	0	0	0	1	180	47
		Majs	1	0	0	0	150	45
		Majs	0	0	0	1	220	18
		Majs	0	0	0	1	220	18
		Gns.	10%	10%	10%	40%	195	58
KonvKv-2: Konventionel fuldtids kvægproduktion på sandjord, udmark.								
Vandet/1-4	202,9	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	180	49
		Kløvergræs	0	0	0	0	0	301
		Kløvergræs	0	0	0	0	180	180
		Kløvergræs	0	0	0	0	180	180
		Vårkorn	0	0	0	0	0	59
		Triticale	0	0	0	0	180	57
		Triticale	0	0	0	1	180	57
		Majs	0	0	0	1	180	58
		Majs	0	0	0	1	180	58
		Vårkorn	1	0	0	0	180	8
		Gns.	10%	10%	10%	30%	144	101
KonvKv/Vandet 1-4/ gns.	405,7	Areal vægtet	10%	5%	5%	20%	169	80
KonvBI: Konventionel "Blandede", ikke specialiserede produktion på sandjord								
Uvandet/2+4	451,9	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	77	93
		Kløvergræs	0	0	0	0	0	287
		Vårkorn	0	0	0	0	77	-18
		Vinterhvede	0	0	0	0	77	114
		Triticale	0	0	0	0	0	170
		Vinterraps	0	0	0	0	77	124
		Vinterhvede	0	0	0	0	150	61
		Triticale	0	0	0	1	77	114
		Vårkorn	1	0	0	0	77	60
		Vårkorn	0	0	0	1	77	77
		Gns.	10%	10%	10%	20%	69	108

Vanding/JB-nr.	Areal, 1.000 ha	Afgørde	Efter-afgrøde	Næste vinter			HUS
				Udlæg	Heraf fix. udl.	Bar jord	kg tilført N/ha
ØkoPl: Økologisk planteproduktion på sandjord							
Uvandet/2+4	31,2	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	100
		Kløvergræs	0	0	0	0	0
		Kløvergræs	0	0	0	0	102
		Havre	1	0	0	0	102
		Vårkorn m. udl.	0	1	0	0	100
		Frøgræs	0	0	0	0	150
		Vinterhvede	0	0	0	1	102
		Vårkorn	0	0	0	1	102
		Hestebønner	0	0	0	0	0
		Vinterhvede	0	0	0	1	102
		Gns.	10%	20%	10%	30%	86
ØkoSv-1: Økologisk fuldtids svineproduktion på sandjord, indmark							
Uvandet/2+4	1,6	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	0
		Kløvergræs	0	0	0	0	429
		Gns.	0%	50%	50%	0%	214
ØkoSv-2: Økologisk fuldtids svineproduktion på sandjord, udmark							
Uvandet/2+4	4,9	Havre	0	0	0	0	75
		Vinterhvede	0	0	0	0	105
		Triticale	0	0	0	1	105
		Vårkorn	1	0	0	0	75
		Vårkorn	0	0	0	1	75
		Hestebønner	0	0	0	0	0
		Vinterhvede	0	0	0	0	105
		Triticale	0	0	0	1	105
		Vårkorn	1	0	0	0	105
		Vårkorn	0	0	0	1	105
		Gns.	20%	0%	0%	40%	86
ØkoSv/Uvandet 2+4/ 6,5 Areal vægtet gns.			15%	13%	13%	30%	118
ØkoKv-1: Økologisk fuldtids mælkeproduktion på sandjord, indmark							
Vandet/1-4	71,8	Helsæd, vårbyg og ærter	0	1	1	0	60
		Kløvergræs	0	0	0	0	60
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Havre	0	0	0	0	60
		Vårkorn	1	0	0	1	60
		Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	75
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Gns.	10%	20%	20%	10%	133

Vanding/JB-nr.	Areal, 1.000 ha	Afgørde	Efter-afgrøde	Næste vinter			HUS kg N/ha
				Udlæg	Heraf fix. udl.	Bar jord	
ØkoKv-2: Økologisk fuldtids mælkeproduktion på sandjord, udmark							
Vandet/1-4	21,5	Majs	0	0	0	1	200
		Hestebønner	0	0	0	0	0
		Vinterhvede	0	0	0	0	200
		Triticale	0	0	0	1	200
		Helsæd, vårbyg og ærter	0	1	1	0	60
		Kløvergræs	0	0	0	0	60
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Kløvergræs	0	0	0	0	200
		Havre	0	0	0	0	60
		Triticale	0	0	0	1	200
		Gns.	0%	10%	10%	30%	138
ØkoKv/Vandet 1-4/ 93,3 Areal vægtet gns.			8%	18%	18%	15%	133
ØkoBl: Økologisk "Blandede" produktion på sandjord							
Uvandet/2+4	33,1	Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	75
		Kløvergræs	0	0	0	0	0
		Kløvergræs	0	0	0	0	112
		Kløvergræs	0	0	0	0	112
		Havre	0	0	0	1	90
		Hestebønner	0	0	0	0	0
		Triticale	0	0	0	1	150
		Vårbyg m. udl.	0	1	1	0	75
		Kløvergræs	0	0	0	0	112
		Vårkorn	1	0	0	0	90
		Gns.	10%	20%	20%	20%	82

Om DCA

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevarerforskningen ved Aarhus Universitet.

Centret omfatter institutter og forskningsmiljøer, der har aktiviteter på jordbrugs- og fødevarerområdet. Det er primært Institut for Agroøkologi, Institut for Husdyrvidenskab, Institut for Fødevarer, Center for Kvantitativ Genetik og Genomforskning samt dele af Institut for Ingeniørvidenskab.

Aktiviteterne i DCA understøttes af en centerenhed, der varetager og koordinerer opgaver omkring myndighedsbetjening, erhvervs- og sektorsamarbejde, internationalt samarbejde og kommunikation.

Forskningsresultater fra DCA

Resultater fra forskningen publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter. Publikationerne kan findes via universitets publikationsdatabase (pure.au.dk).

DCA rapporter

DCA's rapportserie formidler hovedsageligt myndighedsrådgivning fra DCA til Miljø- og Fødevareministeriet. Der kan også udgives rapporter, som formidler viden fra forskningsaktiviteter. Rapporterne kan frit hentes på centrets hjemmeside: dca.au.dk.

Nyhedsbreve

DCA udsender et nyhedsbrev, der løbende orienterer om jordbrugs- og fødevarerforskningen og herunder om nye forskningsresultater, rådgivning, uddannelse, arrangementer og andre aktiviteter. Det er gratis at tilmelde sig nyhedsbrevet, og det kan ske på dca.au.dk.

RESUME

Landbrugsstyrelsen har bedt DCA om en revurdering af den generelle nitratudvaskning fra økologiske arealer, og herunder effekten ved omlægning fra konventionelt til økologisk jordbrug.

Effekten af omlægning har været estimeret i flere tidligere studier, og har generelt været faldende over tid. Dette skyldes især, at der er sket stramninger på kvælstofanvendelse, jordbearbejdning og brug af efterafgrøder i det konventionelle landbrug. Senest er effekten i 2013 estimeret til 10-17 kg N/ha.

I nærværende rapport tages udgangspunkt i den landbrugsmæssige arealanvendelse i 2017. Undersøgelsen bygger på modelberegninger baseret på typesædskifter for fire konventionelle og økologiske driftsgrene.

Med udgangspunkt i dyrknings- og gødningspraksis for 2017 estimeres det, at den samlede effekt ved overgang fra konventionel til økologisk drift er en reduktion i nitratudvaskning på 9 til 11 kg N/ha.

Frem til 2020 er der bl.a. sket en yderligere stigning i omfanget af målrettede efterafgrøder på det konventionelt dyrkede areal, og dette medvirker til at reducere forskellen med 2 til 3 kg N/ha. Det estimeret interval for reduktion i nitratudvaskning er således på 6 til 9 kg N/ha for 2020.

