



AP1: UDVASKNING AF KVÆLSTOF FRA MAJS

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Gennemgang af litteraturen omhandlende udvaskning af kvælstof fra majs

INDHOLD

- [Introduktion](#)
- [Baggrund](#)
- [Udvaskningsniveau fra majs](#)
- [Udvaskning og sædskifter](#)
- [Udvaskning og tilførsel af handels- og husdyrgødning](#)
- [Udvaskning og jordtype](#)
- [Udvaskning i vækstsæsonen](#)
- [Litteratur](#)

KONKLUSIONER

Kvælstofudvaskningen fra majs er i litteraturen generelt fundet højere end fra kornafgrøder

Den højere kvælstofudvaskning skyldes, at majs generelt er placeret i sædskifter med højt input af organisk kvælstof fra husdyrgødning og nedpløjet kløvergræs

Niveauet for udvaskning fra majs ligger i danske undersøgelser afhængigt af jordtype på ca. 80-100 kg N/ha

Veletablerede efterafgrøder i majs er effektive til at reducere kvælstofudvaskningen fra majs i efteråret

Forårsudvaskning fra majs kan udgøre en væsentlig (>10%) af udvaskningen

Brug af nitrifikationshæmmere i gylle kan reducere udvaskningen i forårsperioden.

INTRODUKTION

Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA), Aarhus Universitet har udarbejdet rapporten "Muligheder for reduktion af næringsstofftab i græsrige sædskifter" (Hansen et al. 2018) efter bestilling fra Landbrugsstyrelsen. Her er det undersøgt i hvilket omfang, det er muligt at øge græsandelen i sædskiftet samtidig med, at udvaskningen fra hele sædskiftet samlet reduceres. I dette notat uddrages primært rapportens indhold specifikt om majs og sædskifter indeholdende majs. Der suppleres med resultater fra de seneste års publicerede danske og udenlandske forsøgsresultater omhandlende udvaskning fra majs og endelig inddrages udvaskningsmålinger relateret til majsdyrkning fra Landovervågningen.

[Til top](#)

BAGGRUND

Det fremføres ofte, at majsdyrkning medfører en øget risiko for udvaskning af næringsstoffer sammenlignet med eksempelvis kornafgrøder, selvom billedet i litteraturen ikke er fuldstændigt entydigt (Hansen et al. 2018, Lemming 2012). Det er dog ikke helt uproblematisk at lave en direkte sammenligning af målte udvaskninger, idet dyrkningsforholdene i mange undersøgelser vil være væsentligt forskellige for majs og kornafgrøder. Majs dyrkes i Danmark stort set udelukkende på arealer, hvor der kan forventes en stor eftervirkning af såvel omlagte kløvergræsmarker som flere års stor tilførsel af husdyrgødning, hvilket potentielt kan føre til en overestimering af udvaskningen fra majs i den direkte sammenligning med kornafgrøder, dyrket under andre forhold uden disse eftervirkninger. Majs tilskrives således i større eller mindre grad en udvaskning, som er bestemt af, hvor den dyrkes.

Omvendt er der dog flere faktorer som må forventes at gøre majs til en afgrøde med en relativt større udvaskningsrisiko – både isoleret set som afgrøde og i en dyrkningspraktisk sammenhæng. For det første skiller majs sig ud i forhold til vårkornafgrøder ved et relativt sent såtidspunkt og en langsom vækst i april til midt i juni og et tilsvarende lavt kvælstofoptag. Begge faktorer giver en større udvaskningsrisiko i forbindelse med kraftigt nedbør om foråret fra majs, sammenlignet med vårkornafgrøder. For det andet vanskeliggør majsens sene høsttidspunkt etableringen af en kraftig efterafgrøde efter høst, hvorved effekten af disse efter majs vil være mere usikker – igen sammenlignet med kornafgrøder.

[Til top](#)

UDVASKNINGSNIVEAU FRA MAJS

I Hansen et al. (2018) antages en gennemsnitlig udvaskning fra majs efter majs eller korn gødet efter norm at være ca. 80 kg N/ha og 100 kg N/ha på henholdsvis en jb 4 og en vandet jb 1 - eller henholdsvis middel og høj udvaskning. For disse estimater er der taget udgangspunkt en

række forsøg, i alt 30 observationer, udført over årene 2009-2015 med sugeceller og modelleret afstrømning. Resultaterne af de enkelte års forsøg er afrapporteret i Oversigten over Landsforsøgene (Kristensen et al. 2011, Hansen og Kristensen 2013, 2014 og 2015). Til sammenligning har man, ligeledes i Hansen et al. (2018), tilsvarende angivet et typetal for udvaskning fra både vår- og vinterkorn (som for majstypetal også uden efterafgrøder) til 63 kg N/ha ved middel udvaskning (baseret på Kristensen et al. 2008), mens DCA i en tidligere rapport har angivet en gennemsnitlig udvaskning fra vinterhvede beregnet ved NLES4-modellen til 79 kg N/ha og 69 kg N/ha på henholdsvis vandet sand og på ler (Olesen et al. 2016). Disse udvaskninger ligger på niveau med resultater for vår- og vinterkorn opnået i senere danske undersøgelser (De Notaris et al. 2018 og Jabloun et al. 2015).

I Lemming 2012 opsummeres litteraturen frem til 2012 over både danske og udenlandske studier af kvælstofudvaskningen i forbindelse med majsdyrkning. Opsummeringen fandt i alt seks undersøgelser, hvor niveauet af kvælstofudvaskning fra majs ikke syntes, at skille sig negativt ud i forhold til andre afgrøder, mens andre fem undersøgelser fandt en generelt højere udvaskning fra majs. Det skal bemærkes, at disse undersøgelser både har rapporteret udvaskning målt ved sugeceller og potentiel udvaskning estimeret ved N-min-målinger, ligesom de er lavet under vidt forskellige klimatiske-, dyrkningsmæssige- og jordtypemæssige forhold.

Siden litteraturgennemgangen af Lemming (2012) er der publiceret en lille række forsøg omkring udvaskning fra majs, hvor billedet, som tidligere, ikke er helt entydigt i forhold til niveauet af udvaskning. I en undersøgelse udført i det nordlige Tyskland fandt Svoboda et al. (2013) således relativt lave udvaskninger i et studie af effekten af tilførsel af forskellige gødningstyper. På jordtyper svarende til jb 1-2 og jb 5-6 fandt man gennemsnitlige udvaskninger fra kontinuert majs, gødet ca. efter norm, på henholdsvis 50-75 kg N/ha og 25-75 kg N/ha, hvilket altså ligger relativt langt under typeudvaskningerne angivet i Hansen et al. (2018). Omvendt fandt Manevski et al. (2018) relativt høje udvaskninger fra kontinuert majs gødet efter norm i en dansk undersøgelse udført på jb 1 og jb 4. Som gennemsnit over tre forsøgsår lå udvaskningen på jb 1 på 178 kg N/ha og tilsvarende 98 kg N/ha på jb 4. Til sammenligning fandt man i samme undersøgelse, at den gennemsnitlige udvaskning fra et sædskifte indeholdende majs, vårbyg, vinterbyg og raps var 34 kg N/ha på jb 4 (ingen data fra jb 1), fra kontinuert tritcale på jb 4 (ingen data fra jb 1) 56 kg N/ha og fra 'biomasseoptimerede' sædskifter (eks. vinterrug/majs/vinterrug/sukkerroer/hamp) 49 og 116 kg N/ha på henholdsvis jb 4 og jb 1. Ligeledes i danske undersøgelser fandt Piil (2017) en udvaskning fra majs på sandjord på 85-90 kg N/ha, mens Eriksen et al. (2015), også fra majs, fandt en gennemsnitlig udvaskning over 5 år på 81 kg N/ha på jb 4. Endelig viser en beregning af den gennemsnitlige udvaskning, uafhængigt af jordtype, efter majs 106 kg N/ha målt i Landovervågningen fra 1992 til 2016 (65 observationer) – her undtaget observationer med kløvergræs/græs som forfrugt. Fraregnes tre observationer, som skiller sig ud med estimerede udvaskninger over 300 kg N/ha, bliver den tilsvarende gennemsnitlige udvaskning 96 kg N/ha.

Som det fremgår af ovenstående giver litteraturen samlet set ikke noget entydigt billede af niveauet af udvaskning fra majs, hvilket med stor sandsynlighed bl.a. skyldes, at undersøgelserne som oftest ikke er udført under de samme betingelser (klima, jordtype,

dyrkningshistorik, år, o.a.). Tages der udgangspunkt i resultaterne fra de danske studier synes resultaterne dog at være meget i overensstemmelse med hinanden. Typetalsestimatet for udvaskning fra majs efter majs eller korn angivet i Hansen et al. (2018) på 80-100 kg N/ha bakkes således op af både undersøgelsen af Piil (2017), Eriksen et al. 2015, målingerne fra Landovervågningen og undersøgelsen af Manevski et al. (2018), der dog skiller sig ud med markant højere udvaskning på jb 1. Til sammenligning med andre afgrøder angives der på baggrund af danske undersøgelser (før 2008) udvaskningsniveauer for vinter og vårkorn på ca. 60-80 kg N/ha (Olesen et al. 2016) understøttet af senere undersøgelser (Hansen et al. 2018, De Notaris et al. 2018 og Jabloun et al. 2015) - på denne baggrund må kvælstofudvaskningen fra majs samlet set vurderes at skille sig negativt ud sammenlignet med udvaskningen fra andre afgrøder, når der tages udgangspunkt i danske undersøgelser.

Som nævnt ovenfor kan der forventes/frygtes en vis overvurdering af udvaskningen fra majs i sammenligningen af udvaskningsniveau med andre afgrøder på grund af dyrkningshistorikken i majsmarkerne, hvilket skal tages med i vurderingen. Dette kan dog sandsynligvis ikke forklare hele den observerede forskel. I en flerårig dansk undersøgelse: 'Eftermajs' (2012-2015, afrapporteret i Hansen og Kristensen 2013, 2014 og 2015, samt Hansen 2016) tilskrives årsagen, til den observerede merudvaskning fra majs, primært en større forårsudvaskning fra majs. Dette bakkes i samme undersøgelse op af resultater, som viste, at majs ikke efterlader mere kvælstof i marken efter høst end eksempelvis vårbyg, og derfor har sammenligneligt potentiale for udvaskning over vinteren (Hansen 2016, Slutrapport 'Eftermajs' 2016).

[Til top](#)

UDVASKNING OG SÆDSKIFTER

Sen høst af majs vanskeliggør etablering og udvikling af en efterafgrøde isået majs eller en efterfølgende afgrøde sået efter majs. Majsens kvælstofoptagelse slutter normalt midt i august, hvilket giver en lang periode om efteråret uden kvælstofoptag i marken inden vårsået afgrøde. Ligeledes er der, på grund af sen såning af majs og langsom vækst efter spiring, en periode i foråret uden eller med ringe kvælstofoptag. Perioder uden bevoksning, og dermed kvælstofoptag, øger risikoen for udvaskning, og dyrkning af majs efter majs uden efterafgrøder kan derfor betegnes som et "utæt" sædskifte med en stor udvaskningsrisiko. Et eksempel på et "tæt" sædskifte er vedværende kløvergræs eller græs, der imens græsset er på marken udgør en meget lille udvaskningsrisiko, men derimod kan udgøre en stor udvaskningsrisiko ved omlægning (Hansen et al. 2018).

Majs dyrkes ofte i sædskifter med kløvergræs eller græs og vil i nogle tilfælde være placeret umiddelbart efter disse – en situation der i 2017 udgjorde 19 % af majsarealet på vandet sandjord og 13 % af majsarealet på uvandet sandjord (Hansen et al. 2018). På resten af majsarealet dyrkedes majs efter majs eller efter anden afgrøde, sandsynligvis korn. Omløjning af græs, og specielt kløvergræsmarker, fører til høj mineralisering og frigivelse af det organiske kvælstof i jorden, hvilket er en effekt, som kan være ved udover den første dyrkningssæson efter omlægningen (Verloop et al. 2014). Dyrkes majs efter omløjning af kløvergræs/græs vil der i

perioderne uden eller med begrænset kvælstofoptag, forår og efterår, være en ekstra høj risiko for udvaskning af kvælstof (Verloop et al. 2014, Eriksen et al. 2015). I Hansen et al. (2018) angives udvaskning på 120 kg N/ha som typetal for majs med kløvergræs som forfrugt, gødet efter norm medregnet forfrugtsværdi, som gennemsnit af jb 1 og jb 4, mens udvaskningen efter ompløjning af rent græs vurderes at være mindre, men uden angivelse af et typetal for udvaskningen. I observationerne fra Landovervågningen findes kun fire observationer i perioden 1992-2016, hvor græs/kløvergræs er forfrugt til majs. De estimerede udvaskninger var for jb 1-3 på henholdsvis 168, 263 og 332 kg N/ha, mens en enkelt observation på jb 6 var på 47 kg N/ha.

Det påpeges i Hansen et al. (2018), at det, på grund af den store udvaskningsrisiko efter ompløjning af græs/kløvergræs, ikke er hensigtsmæssig at dyrke majs umiddelbart efter ompløjning. Som en "tætning" af sædskiftet i perioden lige efter kløvergræs foreslås dyrkning af grønkorn med udlæg af Italiensk rajgræs til slet, der i flere danske undersøgelser (Hansen et al. 2007 og Hansen og Eriksen 2016) har vist sig meget effektivt til at reducere udvaskningen på grund af et kontinuert kvælstofoptag over hele sæsonen. Dyrkes der majs efter ompløjning af græs, er det for det første vigtigt, at der praktiseres "god landbrugspraksis" på markniveau, således at eksempelvis forfrugtsværdier og placering af efterafgrøder indregnes på markniveau og ikke bedriftsniveau samt, at der ikke tilføres større mængder kvælstof i husdyrgødning. For det andet peger en række undersøgelser peger på, at gødningstildelingen til majs efter kløvergræs kan reduceres kraftigt uden udbyttetab og med reduceret udvaskning til følge (Verloop et al. 2014, Perego et al. 2012, Kalmlage et al. 2010, Pedersen 2010). Pedersen (2010) fandt således intet udbyttetab ved kvælstoftildeling til majs efter kløvergræs på bare ca. 20 Kg N/ha, mens Kalmlage et al. (2010) viste, at majs efter græs kan dyrkes ved halv kvælstofnorm.

Inkludering af efterafgrøder i sædskiftet er i en lang række undersøgelser vist at reducere udvaskningen af kvælstof efter majs, men effekten er varierende og afhænger naturligvis af om efterafgrøden etableres godt (Hansen og Kristensen 2013-2015, Reheul et al. 2017), hvilket Komainda et al. (2018) på baggrund af sine forsøg i Nordtyskland konkluderer i gennemsnit ikke vil ske. Etablering af efterafgrøder efter høst af majs vanskeliggøres af majsens sene høsttidspunkt og deraf følgende relativt korte efterårsvækstperiode for efterafgrøden. Dette kan måske nogen grad afhjælpes ved dyrkning af tidligt modnende majssorter, som dog giver et lavere udbytte (Hansen et al. 2018).

Ved veletablerede efterafgrøder sået efter høst af majs bliver der i en række studier konstateret en væsentlig reduktion i udvaskningen efter majs. Således fandt De Notaris et al. (2018), at efterafgrøderne nedbragte udvaskningen af kvælstof med 23 kg N/ha og Komainda et al. 2018 rapporterer, at rug sået efter majs resulterede i 16 til 25 kg N/ha lavere udvaskning. Andre undersøgelser af effekten af efterafgrøder sået efter høst på udvaskning efter majs viser mere beskedne reduktioner, tendens til en reduceret udvaskning, eller ingen effekt (Hansen og Eriksen 2016, De Vlieghe et al. 2009, Köhler et al. 2006, Wachendorf et al. 2006, Komainda et al. 2018). Lav eller manglende effekt tilskrives i de fleste tilfælde ringe udvikling af efterafgrøden.

En mulighed for at opnå veletablerede efterafgrøder er at så dem lige efter såning af majs eller i perioden umiddelbart efter. På denne måde er det muligt for efterafgrøden at opnå en stor biomasse og dermed stort kvælstofoptag, hvilket dog skal være ved frem til og efter høst af majs for at have effekt. I projektet 'Eftermajs' fandt man, at de mest velegnede efterafgrøder i majs var strandsvingel, hundegræs, samt rajgræs og cikorie – alle sået i ugerne efter majsens spiring. Bedste efterafgrøde reducerede i gennemsnit af forsøgsårene kvælstofudvaskningen med 30 % (Slutrapport 'Eftermajs'). I et forsøg med en veletableret rødsvingel sået som udlæg fandt Kristensen et al. (2011) en reduktion i udvaskningen af kvælstof på 36 %, mens man året efter observerede, at majsens skyggede rødsvinglen bort, hvorved effekten på udvaskningen forsvandt. I lignende forsøg fandt Manevski et al. (2015) en reduktion i kvælstofudvaskningen på 15-37 % i majs med udlæg af rødsvingel etableret samtidigt med majs med forfrugt kløvergræs eller majs på jlb 1 eller 4. På grund af konkurrencen mellem majsens og efterafgrøder sået som udlæg kan det være nødvendigt at tilføre ekstra gødning (Manevski et al. 2015) eller udnytte eftervirkningen fra omlægning af græs/kløvergræs (Slutrapport 'Eftermajs').

Endelig skal nævnes muligheden for at vælge nyere majssorter med højt udbyttepotentiale og større kvælstofoptag, samt sorter af stay-green-typen, som forbliver grønne under kernefyldningen og er grønne ved ensilering – begge vil teoretisk set efterlade mindre kvælstof i marken (Hansen et al. 2018).

[Til top](#)

UDVASKNING OG TILFØRSEL AF HANDELS- OG HUSDYRGØDNING

I Landovervågningen af vandløbsoplande optræder fra 1992-2016 i alt 69 majsmarker og på 55 af disse er over 75% den tilførte kvælstofmængde tilført som husdyrgødning. Tilførsel af store mængder husdyrgødning til majs kan medføre en stor udvaskningsrisiko, idet der vil være en asynkroni mellem planteoptaget og mineraliseringen/frigivelsen af det organiske kvælstof i gyllen (Verloop et al. 2014). Ved udbringning af husdyrgødning relativt tidligt forår vil der således være en længere periode uden væsentligt planteoptag men med stor mineralisering og potentiel udvaskningsrisiko. Dette blev observeret i et forsøg med majs dyrket på jlb 1, hvor stor forårsafstrømning vaskede tidligt tilført kvælstof i husdyrgødning til under røddernes rækkevidde (Hansen og Kristensen 2014). I efteråret, både inden høst, hvor majsens kvælstofoptag er aftaget, og efter høst, kan der stadig være uomsat organisk kvælstof tilført med gyllen, som mineraliseres og potentielt udvaskes. På grund af den oftest store gødningsandel tilført som husdyrgødning til majs, tilføres en totalt større mængde kvælstof, sammenlignet med handelsgødning, da kvælstofudnyttelsen i gyllen ikke regnes som 100%. Det overskydende tildelte organiske kvælstof, udover plantens behov, kan føre til en opbygning af en kvælstofpulje, der kan mineraliseres og udvaskes på et senere tidspunkt (Verloop et al. 2014). Endelig tolerer majs overgødsning uden risiko for lejesæd, hvilket kan føre til relativt høje gødningstildelinger (Hansen et al. 2018, Reheul et al. 2017).

En analyse af data relateret til majs i Landovervågningen af en eventuel sammenhæng mellem udvaskningen målt fra 1. april til 31. marts og mængden af tilført kvælstof i husdyrgødning viste dog ingen sammenhæng – hvilket også var tilfældet for udvaskning som funktion af total mængde kvælstof tilført, tilført handelsgødning, samt overskydende kvælstof (tilført minus fraført). Modsat fandt Svoboda et al. (2013 og 2015), i en tysk undersøgelse med tildeling af forskellige typer husdyr- og handelsgødning på jb 1-2 og jb 5-6 til majs, stigende kvælstofudvaskning ved stigende kvælstof-tilførsel og -overskud (tilført minus fraført), hvilket med stor sandsynlighed skyldes det bredere spænd af tildelte N-mængder.

Tildeling af handelsgødning antages generelt at give en mindre udvaskningsrisiko end husdyrgødning. Dette skyldes, at handelsgødning, specielt ved delt tildeling, henover optagsperioden oftest vil være bedre tilpasset plantens øjeblikkelige behov, hvorved kvælstofmængderne i udvaskningsfare henover foråret/sommer er mindre (Manevski et al. 2015). Ligeledes vil den totale mængde tilført kvælstof, modsat husdyrgødning, kunne tilpasses bedre svarende til plantebehovet, sådan der ikke efterlades er en "overskudspulje" af tilført kvælstof – eller sandsynligvis en mindre pulje. Det skal dog understreges, at handelsgødningens uorganiske kvælstof er mere mobilt i jorden, sammenlignet med organisk kvælstof i husdyrgødning, og kan derfor være mere udsat ved store afstrømningshændelser forår/sommer.

Forårsudvaskningen af kvælstof fra majs (og andre afgrøder) kan i en vis udstrækning imødegås ved brug af nitrifikationshæmmere, som forsinker den mikrobielle omdannelse af ammonium i såvel handels- som husdyrgødning til nitrat. Da ammonium ikke er særligt mobilt i jorden sammenlignet med nitrat, vil tilførslen af nitrifikationshæmmere føre til, at en relativt mindre del af det tilførte gødningskvælstof er i fare for at blive udvasket i perioden umiddelbart (virkningsperiode: 4-10 uger) efter udbringning (Østergaard og Vestergaard 2016). Forsøg med nitrifikationshæmmere i gylle til majs viste ikke-signifikante merudbytter i alle 3 forsøgssår (Knudsen et al. 2015 og 2016), samt at der ikke er effekt af nitrifikationshæmmere i år uden afstrømning i virkningsperioden. Effekten kan forventes at være størst ved lang periode mellem udbringning og planteoptag kombineret med stor afstrømning (Pedersen 2016, Østergaard og Vestergaard 2016).

På baggrund af litteraturen og ovenstående mekanismer anbefales det, at gødningstildelingen deles henover tidligste vækstsæson, samt at gødning, specielt husdyrgødning, tilføres så tæt på såtidspunktet som muligt – eventuelt i kombination med nitrifikationshæmmere. Dernæst at man, som anført tidligere, udøver "god landbrugspraksis" og tilpasser gødningsmængden i forhold til den enkelte marks dyrkningshistorik og forudgående tilførsel af husdyrgødning (Hansen et al. 2018).

[Til top](#)

UDVASKNING OG JORDTYPE

Danske undersøgelser af udvaskning fra majs er udelukkende udført på jb 1 og jb 4 og der

mangler således data fra jb 5-7 (Hansen et al. 2018). Som nævnt ovenfor antages der i Hansen et al. 2018 en ca. 20 kg N/ha lavere udvaskning på jb 4 sammenlignet med jb 1, og der må forventes en endnu lavere kvælstofudvaskning på jb 5-7 pga. større udbytter og mindre afstrømning på disse jordtyper. I resultaterne fra Landovervågningen ligger den gennemsnitlige udvaskning fra majs i perioden 1992-2016 på jb 1-3 på 121 kg N/ha og på 83 kg N/ha på jb 5-7, mens der bør ses bort fra estimatet på jb 4, som blot bygger på 3 observationer (se Tabel 1). Det skal bemærkes, at tre observationer på jb 1-3 skiller sig ud med udvaskninger over 300 kg N/ha. Udelades disse falder den gennemsnitlige udvaskning på jb 1-3 til 105 kg N/ha, hvilket stemmer overens med værdien angivet af Hansen et al. 2018 på 100 kg N/ha på jb 1. Den estimerede udvaskning på jb 5-7 er som forventet mindre end for jb 1-3 og på niveau med typetallet angivet af Hansen et al. 2018 for jb 4. Endelig skal det bemærkes, at såvel de gennemsnitlige udvaskninger som afstrømninger dækker over stor variation.

[Til top](#)

Tabel 1. Udvasning fra majs målt i Landovervågningen 1992-2016.

Jordtype	Antal observationer	Gns. udvasning (kg N/ha)	Spænd(kg N/ha)	Afstrømning (mm)	Spænd(mm)
Alle	65	106	5-350	449	225-672
1-3	42	121	5-350	470	225-672
4	3	57	15-85	328	233-379
5-7	20	83	31-140	422	246-612

UDVASKNING I VÆKSTSÆSONEN

På grund af det sene såtidspunkt og efterfølgende periode med ringe kvælstofoptag er der en relativt større udvasningsrisiko i majs i forår og forsommer sammenlignet med andre afgrøder. I forsøgene omhandlende udvasning fra majs af rapporteret i Oversigten over Landsforsøgene er der flere år konstateret, via vandbalanceberegninger, at der har været afstrømning og der med potentielt kvælstofudvasning, i april-juli (Hansen og Kristensen 2013, 2014 og 2015). I 2014 blev der eksempelvis modelleret en afstrømning i perioden mellem såning og første sugecellepøve i august på 128 og 144 mm, på to lokaliteter med jb 1, og vandbalanceberegninger på historiske data i EVACROP-modellen viste, at der i 11 af 20 år på jb 1 i nedbørsrigt klima var en afstrømning på 50 mm i maj, juni og juli (Hansen og Kristensen 2015). Andelen af kvælstofudvasningen, som sker i forår/sommer, er sjældent opgivet i litteraturen, men i et forsøg på jb 3 med majs fandt Piil (2017), at den var på hele 25-33 %, hvilket formentligt skyldtes usædvanligt meget nedbør i juni i forsøgsåret (Piil 2017). Data fra Landovervågningen 1992-2016 viste en gennemsnitlig udvasning fra majs (undtaget observationer med græs/kløvergræs som forfrugt) for perioden april-juni på 10 kg N/ha (65 observationer) – altså ca. 10% af den totale gennemsnitlige udvasning.

[Til top](#)

LITTERATUR

De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., Olesen, J.E., 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 Vligher, A., Latre, J. Carlier, L., 2009. *Lolium multiflorum* as a catch crop in maize. *Proceedings of the 15th European Grassland Federation Symposium*, s. 83-86.

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.

Hansen, E.M., Eriksen, J., Vinther, F.P., 2007. Catch crop strategy and nitrate leaching following grazed grass-clover. *Soil Use and Management* 23: 3348-358.

Hansen, E.M., og Kristensen, I.S., 2013. Efterafgrøder i majs. Måling af udvaskning 2012 og 2013. *Oversigt over Landsforsøgene 2013*, s. 213-217.

Hansen, E.M. og Kristensen, I.S., 2014. Risiko for nitratudvaskning i majs om foråret. *Oversigt over Landsforsøgene 2014*, s. 200-202.

Hansen, E.M. og Kristensen, I.S., 2015. Nitratudvaskning i majs og vårbyg med og uden efterafgrøde i 2014-2015. *Oversigt over Landsforsøgene 2015*, s. 193-197.

Hansen, E.M., 2016. Effekten af N-gødsning og efterafgrøder på N-udvaskning i majs. *Plantekongres 2016*.

Hansen, E.M., 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, E.M., Thomsen, I.K., Petersen, S.O., Lærke, P.E., Pedersen, B.F., Rasmussen, J., Christensen, B.T., Jørgensen, U., Eriksen J., Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 2018. Muligheder for reduktion af næringsstoffab i græsrigge sædskifter. *DCA Rapport*.

Jabloun, M., Schelde, K., Tao, F., Olesen, J.E., 2015. Effect of temperature and precipitation on nitrate leaching from organic cereal cropping systems in Denmark. *European Journal of Agronomy* 62: 55-64.

Kalmlage, T., Hayser, M., og Isselstein, J., 2010. Silage maize in crop rotations with different grass mixtures – N balance and N leaching. *Grassland Science in Europe*, vol. 15. *Proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation*.

Knudsen, L., Birkmose, T., Vestergaard, A.V., Mikkelsen, M., 2015. *Oversigt over Landsforsøgene 2015*, s. 360-363.

Knudsen, L., Birkmose, T., Mikkelsen, M., 2016. *Oversigt over Landsforsøgene 2016*, s. 376-

Komainda, M., Taube, F., Kluss, C., Herrmann, A., 2018. Effects of catch crops on silage maize (*Zea mays* L.): yield, nitrogen uptake efficiency and losses. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110: 51-69.

Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., 2008. Reestimation and further development in the model N-LES, N-LES₃ to N-LES₄. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III – midtvejsevaluering.

Kristensen, I.S., Jørgensen, U. og Hansen, E.M., 2011. Kvælstof til majs med efterafgrøder, 2009 til 2011. Oversigt over Landsforsøgene 2011, s. 374-380.

Köhler, K., Duynisveld, W.H.M., Bottcher, J., 2006. Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: 185-195.

Lemming, C., 2012. Udvaskning af kvælstof fra majs. Landbrugsinfo.

Manevski, K., Børgesen, C. D., Andersen, M.N. og Kristensen, I.S., 2015. Reduced nitrogen leaching by intercropping maize with red fescue on sandy soils in North Europe: a combined field and modeling study. *Plant Soil* 388: 67-85.

Manevski, K., Lærke, P.E., Olesen, J.E., Jørgensen, U., 2018. Nitrogen balances of innovative cropping systems for feedstock production to future biorefineries. *Science of the Total Environment* 633: 372-390.

Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Petersen, S.O., Sørensen, K., Eriksen, J., Schjøning, P., Greve, M.H., Greve, M.B., Thomsen, I.K., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, 2016. Græsdyrknings klima- og miljøeffekter. DCA Rapport.

Pedersen, J.B. (Redaktør), 2010. Kvælstof til majs med efterafgrøder, 2009 til 2010. Oversigt over Landsforsøgene 2010, s. 382-383.

Pedersen, S.O., 2016. Sådan virker nitrifikationshæmmere. Plantekongres 2016.

Perego, A., Basile, A., Bonfante, A., De Mascellis, R., Terribile, F., Brenna, S., Acutis, M., 2012. Nitrate leaching under maize cropping systems in Po Valley (Italy). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 147: 57-65.

Piil, K., 2017. Kvælstofudvaskning efter tilførsel af stigende mængder kvælstof. Oversigt over Landsforsøgene 2017, s. 242-252.

Reheul, D., Cougnon, M., Kayser, M., Pannecouque, J., Swanckaert, J., De Cauwer, B., van den Pol-van Dasselaar, A., De Vliegher, A., 2017. Sustainable intensification in the production of grass and forage crops in the Low Countries of north-west Europe. *Grass and Forage Science* 2017: 1-13.

Slutrapport 'Eftermajs'. 2016. GUDP. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Svoboda, N., Taube, F., Wienforth, B., Kluss, C., Kage, H., Hermann, A., 2013. Nitrogen

leaching losses after biogas residue application to maize. Soil & Tillage Research 130: 69-80.

Svoboda, N., Taube, F., Kluss, C., Wienforth, B., Sieling, K., Hasler, M., Kage, H., Ohl, S., Hartung, E., Hermann, A., 2015. Ecological Efficiency of Maize-Based Cropping Systems for Biogas Production. Bioenergy Research 8: 1621-1635.

Verloop, J., Hilhorst, G.J., Oenema, J., Van Keulen, H., Sebek, L.B.J., Van Ittersum, M.K., 2014. Soil N mineralization in a dairy production system with grass and forage crops. Nutrient Cycling Agroecosystems 98: 267-280.

Wachendorf, M., Büchter, M., Volkers, K.C., Bobo, J., Rave, G., Loges, R., Taube, F., 2006. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage. Grass and Forage Science 61: 243-252.

Østergaard, H. og Vestergaard, A., 2016. Brug af nitrifikationshæmmere under danske forhold. Plantekongres 2016.

[Til top](#)