

Udvaskningsmæssige og økonomiske konsekvenser ved at sænke andelen af majs i sædskifte og foderration

Konklusioner

- Andelen af arealet med efterårsbevoksning havde stor indflydelse på de beregnede udvaskninger.
- De beregnede udvaskninger ved NLES4 virker relativt høje sammenlignet værdier generelt angivet i litteratur indenfor området.
- Udvaskningen fra udgangssædskiftet indeholdende 2/3 majs blev beregnet til ca. 88 kg N/ha på sandjord, mens tilsvarende fra sædskifter med henholdsvis 1/3 og 0 majs var 71-54 kg N/ha og 71-73 kg N/ha.
- Under de her givne forudsætninger, var brug af nitrifikationshæmmere i gylle og tidligt veletablerede efterafgrøder i al majs de mest effektive foranstaltninger til at reducere udvaskningen.
- Alle sædskifte-scenarier havde et ringere driftsøkonomisk resultat end udgangssædskiftet '2/3 majs, Nudrift'.
- Næstbedste driftsresultat på vandet jord gav sædskiftet '1/3 majs, Nudrift' uden brug af nitrifikationshæmmere og særlig indsats med tidlige efterafgrøder i majs.
- Næstbedste driftsresultat på uvanet jord gav '2/3 majs, Revideret' med brug af nitrifikationshæmmere og særlig indsats for tidlige og veletablerede efterafgrøder i majs.
- Prisen for udvaskningsreduktion i forhold til udgangssædskiftet '2/3 majs, Nudrift' var lavest for sædskifterne også indeholdende 2/3 majs, men med efterafgrøder i al majs, brug af nitrifikationshæmmere og en indsats for tidlige veletablerede efterafgrøder i majs.

Formål/Introduktion

Et muligt virkemiddel til reduktion af kvælstofudvaskningen er ændringer af sædskiftet. Argumentet for dette er, at udvaskningen primært afhænger af afgrøde og afgrødefølger, fordi kvælstofoptagelsen om efteråret har afgørende betydning, hvorved sædskifteændringer sådan kan forventes at påvirke den samlede kvælstofudvaskning.

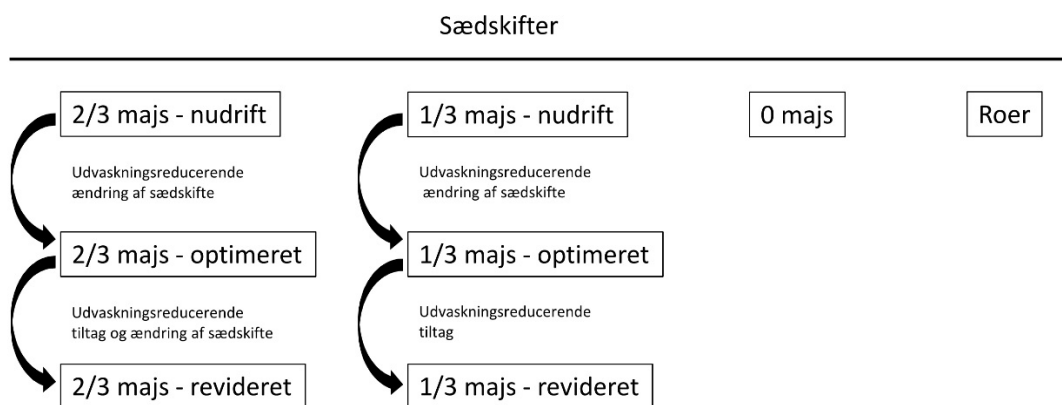
I nærværende undersøgelse beregnes de økonomiske og miljømæssige konsekvenser af på kvægbrug at reducere arealet med majs til fordel for et øget græsareal - med eventuel supplerende produktion af foderroer.

Fremgangsmåde udvaskningsberegninger

Der er taget udgangspunkt i et kvægbrug på 220 ha med 250 malkekøer (462 dyreenheder) – svarende til 210 kg husdyrgødning-N/ha – beliggende i et nedbørsrigt klima på henholdsvis jb1-3 vandet og jb 1-4 uvanet jord. Sædskifterne indeholder kløvergræs og vårbyg, samt evt. majs eller roer. Kvægbruget er således omfattet af reglerne for kvægbrug med mere end 170 kg kvælstof pr. ha.

Der blev formuleret tre foderplaner efter tørstofandel af majs i grovfoderet: 2/3 majs, 1/3 majs og 0 majs, samt en fjerde plan indeholdende 1/4 roer og ingen majs. Arealbehovet til grovfoderproduktionen dækkes først, og på resterende arealer dyrkes vårbyg. Sædskiftet for '2/3 majs' og '1/3 majs' blev formuleret i en "nudrift" form, i en 'optimeret' form i forhold til reduktion af udvaskning, samt i en 'revideret' form med henblik

på yderligere udvaskningsreduktion: Beregninger på i alt 8 scenarier (se Figur 1, samt Tabel 1 og 2). Med arealfordelinger af afgrøder og afgrødefølger/sædskifter som input blev sædskifternes gennemsnitlige kvælstofudvaskning, under de ovenfor angivne forhold, beregnet ved udvaskningsmodellen NLES4 (Kristensen et al. 2008) i programmet Kalkule Mark (Hvid, SEGES 2015).



Figur 1. Sædskifter til udvaskningsberegninger.

Scenarier – baggrund og beregningsforudsætninger

Det kan antages, at de udvaskningsmæssigt mest betydende punkter i sædskifterne er majsafgrøder, perioden efter omlægning af kløvergræsmarker, samt efterårsbevoksningen (Knudsen 2017). Det er sædskifteændringer af disse forhold, som er foretaget mellem sædskifter med formål at mindske udvaskningen.

For alle sædskifter er der i udvaskningsberegningerne forsøgt taget højde for en stor eftervirkning af en høj andel kløvergræs og mange års stor tilførsel af husdyrgødning ved at sænke kvælstofnormen for majs-helsæd 26 kg N/ha i forhold til gældende norm (Landbrugsstyrelsen 2018) på alle jordtyper, mens forfrugtsværdien af kløvergræs til slæt sættes til 105 kg N/ha mod 95 kg N/ha i gældende norm. Endelig er der, med baggrund i observation af normal praksis på kvægbrug og i udtræk af gødningsregnskaber, regnet med udnyttelse af kun 90 % bedriftens kvælstofnorm (Knudsen L. personlig meddelelse 2018).

'2/3 majs – nudrift/optimeret/revideret'.

I udgangssædskiftet '2/3 majs - nudrift' er omlagte kløvergræsmarker forfrugt til majs-helsæd. I sædskiftet '2/3 majs – optimeret' følges omlagt kløvergræs derimod af vårbyg med efterafgrøde, da dette forventes, bl.a. pga. en sikrere etablering af efterafgrøder og mindre risiko for forårsudvaskning af kvælstof i vårbyg relativt til majs, at kunne reducere udvaskningen. I sædskiftet '2/3 majs – revideret' er udvaskningen søgt yderligere reduceret ved at inkludere efterafgrøder i al majs-helsæd. Desuden er der her regnet med en yderligere reduktion af udvaskningen på -10 kg N/ha som følge af tidligt veletablerede græsefterafgrøder, samt -15 kg N/ha for anvendelse af nitrifikationshæmmere i gylle tilført majs-helsæd. Denne estimerede udvaskningsreduktion fratrækkes udvaskningen beregnet ved NLES4-modellen og begrundes nedenfor.

'1/3 majs - nudrift/optimeret'

[illegible]

Vårbyg m. kløvergræsudlæg	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs
Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs	Kløvergræs
Kløvergræs	Vårbyg m. efterafgrøde	Vårbyg m. efterafgrøde	Vårbyg/ majshedsæd m. græsudlæg	Vårbyg/ majshedsæd m. græsudlæg		
Majshedsæd m. græsudlæg	Majshedsæd m. græsudlæg	Majshedsæd m. græsudlæg				
Majshedsæd	Majshedsæd	Majshedsæd m. græsudlæg				

Ændringer fra "forrige" sædskifte, Nudrift -> Optimeret -> Revideret, er fremhævet med fed skrift.

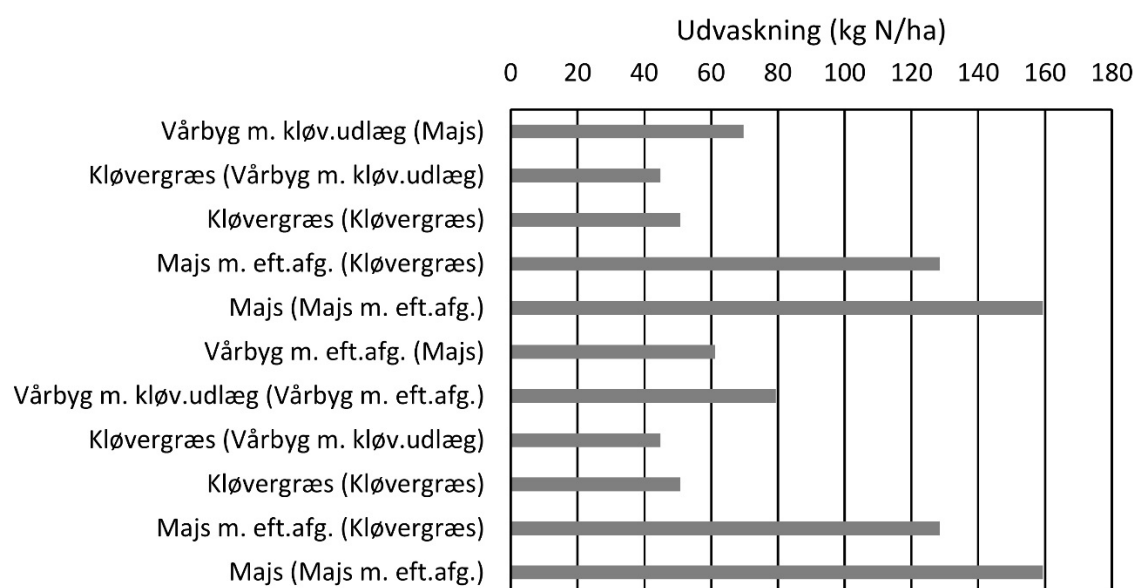
Udvaskningsniveau for individuelle afgrøder i NLES4

Figur 2 viser et eksempel (sædskifte '2/3 majs, Nudrift', jb 1 uvandet) på beregnede udvaskninger ved NLES4 for de individuelle afgrøder henover sædskiftet – de øvrigt rapporterede udvaskninger i denne artikel er gennemsnit af disse individuelle værdier pr sædskifte.

Det ses tydeligt, at majsafgrøderne giver de markant højeste udvaskninger i sædskiftet; 128 kg N/ha for majs med efterafgrøde, forfrugt kløvergræs og 159 kg N/ha for majs uden efterafgrøde, forfrugt majs med efterafgrøde. Sammenlignet med eksempelvis typetal for udvaskning fra majs, angivet under forskellige forhold i Hansen et al. 2018, på 80-120 kg N/ha virker værdierne beregnet her relativt høje.

Det er ikke umiddelbart muligt, på baggrund af Figur 2, at kvantificere effekten af efterafgrøder i majs, men til sammenligning beregnes udvaskningen fra majs uden efterafgrøde, forfrugt kløvergræs, til hele 219 kg N/ha, hvorved den umiddelbare effekt af efterafgrøden i majs bliver på 91 kg N/ha. Tilføjes en efterafgrøde til majs, forfrugt majs med efterafgrøde, beregnes udvaskningen tilsvarende til 84 kg N/ha, svarende til en effekt af efterafgrøde på 75 kg N/ha. Generelt antages en gennemsnitlig udvaskningsreducerende effekt, uafhængigt af jord-type og -brugstype, af efterafgrøder i vår-, vinterkorn og majs til 30-45 kg N/ha – størst effekt af græs-efterafgrøder etableret som udlæg (Hansen et al. 2018, Børgesen et al. 2013). Effekten af efterafgrøder i majs i NLES4-beregningerne virker således stor. Omvendt virker udvaskningen uden efterafgrøder til at være høje.

Det er ligeledes værd at bemærke, at udvaskningerne fra etableret kløvergræs på 40-50 kg N/ha er over, hvad der ofte angives i litteraturen. Se evt. Hansen et al. (2018) og Poulsen og Knudsen (2018A) for gennemgang af litteraturen på udvaskning fra kløvergræs og græs.



Figur 2. Individuelle udvaskninger beregnet ved NLES4 pr mark (20 ha) for sædskiftet '2/3 majs, Nudrift' på jlb 1 uvandet. Afgrøde og evt. efterafgrøde er angivet på den lodrette akse med forfrugt i parentes.

Udvaskningsreducerende effekt ved nitrifikationshæmmere og tidligt veletablerede efterafgrøder i majs.

Nitrifikationshæmmere

På grund af det sene såtidspunkt og efterfølgende periode med ringe kvælstofoptag er der en relativt større udvaskningsrisiko i majs i forår og forsommer sammenlignet med andre afgrøder (Hansen et al. 2018).

Denne mulige udvaskning i vækstperioden kan sandsynligvis i en vis udstrækning imødegås ved brug af nitrifikationshæmmere. Dette forudsætter dog, at tildelingen af husdyrgødning sker umiddelbart før såning, da nitrifikationshæmmere har en virkningsperiode på 4-10 uger (Østergaard og Vestergaard 2016). I Oversigten over Landsforsøgene 2017 rapporteres et enkelt års forsøg med majs forfrugt majs på jlb 3, hvor udvaskningen i vækstperioden estimeres at have udgjort 25-33 %, hvilket formentligt skyldes usædvanligt meget nedbør i juni i forsøgsåret (Piil 2017). Dette svarer til ca. 20-28 kg N/ha ved en årlig udvaskning på 85-90 kg N/ha fundet i samme forsøg ved norm N-tilførsel, og til 27-37 kg N/ha ved årlig udvaskning på 111 kg N/ha som fundet i projektet "Eftermajs" (Hansen og Kristensen 2013, 2014 og 2015). I virkemiddelkatalog for reduktion af klimagasser i landbruget angives forårsudvaskningen i majs gennemsnitligt til 30 kg N/ha (Olesen et al. 2018).

Det skal tages i betragtning, at forårsudvaskning kun vil forekomme i år med betydelig afstrømning. Vandbalanceberegninger på historiske data i EVACROP-modellen viser, at der i 11 af 20 år på jlb 1 i nedbørsrigt klima var en afstrømning på 50 mm i maj, juni og juli (Hansen og Kristensen 2015).

Da der således ikke kan forventes betydelig udvaskning i vækstperioden hvert år og ikke kan forventes en fuldstændig eliminering af en eventuel udvaskning ved brug af nitrifikationshæmmere – kun ca. 50 % (Olesen et al. 2018; Qiao et al. 2015) - sættes den gennemsnitlige effekt til -15 kg N/ha, svarende til halvdelen af den estimerede forårsudvaskning på ca. 25-35 kg N/ha.

Tidligt og veletablerede efterafgrøder

En række studier viser, at efterafgrøder i majs potentielt medfører stor reduktion i udvaskningen (se Poulsen og Knudsen (2018B) for sammenfatning). Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøderne afhænger af, om disse bliver veletablerede og kraftige, hvilket igen bl.a. bestemmes af såtidspunkt og såteknik. Det skal dog også bemærkes, at der er fundet en betydelig årsvariation i efterafgrødernes effekt i majs. Efterafgrøder i majs etableres praksis i forbindelse med mekanisk ukrudtsbekæmpelse (ca. 6-8 uger) eller som testet i forsøgsmæssig sammenhæng samtidig med såning af majs.

Forsøg indenfor området peger på, at den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder i majs falder med senere etableringstidspunkt, således at den største effekt opnås ved samtidig såning af majs og efterafgrøde. I en 3-årig undersøgelse af effekten på udbytte og udvaskning i majs fandt man, at udvaskningen blev reduceret med 15-37 % ved inkludering af en rødsvingel-efterafgrøde sået samtidig med majs (Manevski et al. 2015), hvilket ved gns. udvaskning på 111 kg N/ha i majs uden efterafgrøde (EfterMajs-slutrapport) svarer til 17-41 kg N/ha. En anden undersøgelse fandt i et enkelt forsøgsår en reducerende effekt på 50 % ved samtidig såning af majs og efterafgrøde - svarende til ca. 55 kg N/ha (Hansen og Kristensen 2015). I begge undersøgelser påpeges det, at man især på lette jorde og uden stor forfrugtsværdi kan forvente et udbyttetab i majs ved samtidig såning. På uvandede jorde vil risikoen for udbyttetab være relativt større end på vandet jord, da majs igennem foråret vil skulle konkurrere med efterafgrøden om vandet i jorden.

Forsøg med senere etablering af efterafgrøder viste, at bedste efterafgrøde i tre forsøgsår, sået enten ca. 6 uger eller 8 uger efter etablering af majs, reducerede udvaskningen med 30% - svarende til ca. 33 kg N/ha (EfterMajs-slutrapport). Etablering efter 8 uger gav i alle tilfælde en lavere reducerende effekt (ikke signifikant) på udvaskningen end etablering efter 6 uger.

Anvendelse af den rette såteknik for efterafgrøder i majs har vist sig at have stor effekt på fremspiringen, som generelt blev fundet at være lavest ved bredspredning efterfulgt af nedharvning og størst ved rillesåning med dybdestyring (Mikkelsen 2013, EfterMajs-slutrapport).

Af ovenstående konkluderes det, at der kan tilskrives en ekstra effekt af efterafgrøder i majs hvis:

- Der konsekvent sås efterafgrøder tidligt – hvis muligt, samtidigt med majs eller i forbindelse med 1. raderensning
- Der anvendes bedst mulige såudstyr - rillesåning med dybdestyring

Da det tages in mente, at der i forsøg er observeret en betydelig variation i efterafgrøders vækst og dermed effekt mellem forsøgsår, samt at effekten af efterafgrøder i majs i NLES4-modellen i forvejen er relativt stor, tilskrives den yderligere udvaskningsreducerende effekt af tidligt veletablerede efterafgrøder moderate -10 kg N/ha.

Samlet udvaskningsreducerende effekt af nitrifikationshæmmere og tidligt og veletablerede efterafgrøder i majs: -25 kg N/ha.

Resultater udvaskning

Det ses af Tabel 3-5, at alle sædskifter lever op til betingelse 1 i Kvægundtagelsen om, at der på mindst 80 % af harmoniarealet dyrkes afgrøder med højt kvælstofoptag og lang vækstsæson i efterår og vinter. Alle sædskifter, undtaget '2/3 majs – nudrift' og '2/3 majs – optimeret', har en 100 % efterårsdækning af arealet med sådanne afgrøder.

Udvaskningsniveau

De beregnede udvaskninger spænder fra 60-89 kg N/ha på jb 1 vandet og uvandet (Tabel 1 og 2), og forventeligt lavere på jb 4 uvandet fra 57-81 kg N/ha (Tabel 3). Det er småt med undersøgelser med egentlige udvaskningsmålinger på hele sædskifter, mens der findes enkelte med beregnede værdier. I rapporten "Landovervågningen 2016" (Blicher-Mathiesen et al. 2018) angives den gennemsnitlige udvaskning målt over 10-årsperioden 2006/07-2015/16 på jorde med brugstype "kvæg" til 68 kg/ha – repræsenterende både ler- og sandjord. Blicher-Mathiesen (2014) foretog, som her, en modelberegning af udvaskningen fra undtagelsesbrug ved NLES4, baseret på landmændenes indberetning til henholdsvis Enkeltbetalingen og gødningsregnskaberne. Her fandt man en gennemsnitlig udvaskning over 5 år på 87 kg N/ha, repræsenterende en gennemsnitlig praksis, hvilket, forventeligt, ligger på niveau med de her estimerede udvaskninger fra sædskiftet '2/3 majs – nudrift' på jb 1. I Hansen et al. (2018) har man ved brug af typetal for udvaskning fra forskellige afgrøder og afgrødefølger ligeledes estimeret udvaskning fra en række tænkte og realistiske sædskifter. Her fandt man, at udvaskningen fra et sædskifte, sammenligneligt med sædskifterne i denne undersøgelse, bestående af vårbyg med udlæg, majs, og kløvergræs var 56 kg.

Sammenholdt med ovenstående om udvaskning fra specifikke afgrøder virker de NLES4-beregnete udvaskninger til at være relativt høje.

Effekt på tværs af 'Nudrift'-scenarier

Det ses, at der er en udvaskningsreducerende effekt af at reducere majsarealet mellem '2/3 majs - nudrift' og '1/3 majs - nudrift' på 13-15 kg N/ha, mens der ikke findes nogen forskel i udvaskningen mellem '1/3 majs – nudrift' og '0 majs'. Årsagen til forskellen i udvaskning mellem '2/3 majs - nudrift' og '1/3 majs - nudrift' skal primært findes i den lavere andel af efterårsbevoksning på arealet i '2/3 majs – nudrift'.

Udvaskningen fra græs, mens det er på marken, og foderroer er lav og de majsfrige og græsrige sædskifter, '0 majs' og 'Roer', viser da også de laveste udvaskninger; 57-74 kg N/ha, afhængigt af jordtype. Sammenlignet med '0 majs' viser 'Roer' en markant lavere udvaskning på uvandet jord, mens udvaskningen faktisk beregnes til at være større fra 'Roer' end '0 majs' på vandet jord. Dette skyldes et langt større græsareal (ca. 30 ha) i sædskiftet 'Roer' på uvandet jord, hvilket bidrager mere udvaskningsreducerende end foderroer.

'Nudrift' vs. 'Optimeret' vs. 'Revideret'

Som beskrevet ovenfor, er forskellen mellem 'Nudrift' og 'Optimeret'-sædskifterne, at kløvergræs i 'Nudrift' efterfølges af majshelsæd med græsudlæg og i 'Optimeret' af vårbyg med efterafgrøde (dog ikke for '1/3 majs' på uvandet jord, se Figur 1). Som det ses i Tabel 3, 4 og 5 viser modelberegningerne ingen udvaskningsreducerende effekt af disse forskelle i sædskiftet. Dette stemmer overens med resultatet af en sammenfatning af danske forsøg med udvaskningsmålinger, hvor kløvergræs er forfrugt til majs eller vårbyg. Her fandt Hansen et al. (2018), at udvaskningen gennemsnitligt af år og jordtyper faktisk var højere fra vårbyg end majs. Som nævnt i beskrivelsen af sædskifterne, kan det dog argumenteres, at risikoen for en forårsudvaskning vil være størst i majs, ligesom etableringen af en effektiv efterafgrøde i gennemsnit vil være mere succesfuld i vårbyg relativt til majs – begge forhold med potentiel stor effekt på udvaskningen.

Den beregnede udvaskning fra '2/3 majs - revideret' er markant lavere end '2/3 majs - nudrift', hvilket dels skyldes den højere andel af arealet med efterårsbevoksning og dels effekten tilskrevet nitrifikationshæmmere og tidligt veletablerede efterafgrøder. Forskellen mellem '1/3 majs – nudrift' og '1/3 majs – revideret' er langt mindre pga. et mindre majsareal – og deraf mindre effekt af nitrifikationshæmmere og tidlige efterafgrøder – samt en fuld efterårsbevoksning af hele arealet også i 'Nudrift'- sædskifterne.

Jordtype

Forskelle i arealfordelingen af specielt kløvergræs og vårbyg mellem vandet og uvandet jord gør, at kvælstofnormen bliver næsten identisk for de to jordtyper, hvilket følgelig bevirker stort set enslydende udvaskninger på jv 1 vandet og uvandet. Som forventet er udvaskningen på jv 4 i beregningerne fundet lavere end på jv 1.

Scenarier – arealfordeling, efterafgrøder og kvælstof-kvote, -forbrug, -overskud og -udvaskning.

Tabel 3. JB 1 vandet.

	Arealfordeling									
Sædskifte	Vårbyg	Majshelsæd	Sædskifte-græs	Roer	Efterafgrøder, græs og roer i efterår	Kvælstof-kvote	Kvælstofforbrug handelsgødning	Kvælstofforbrug husdyrgødning	Kvælstof-overskud	Beregnet udvaskning
	%	%	%	%	%	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha
2/3 majs, Nudrift					86	156,2	9,2	210,0	102	88
2/3 majs, Optimeret	41	32	27	0	86	156,2	9,2	210,0	100	87
2/3 majs, Revideret					100	151,6	4,6	210,0	97	65*
1/3 majs, Nudrift					100	171,6	24,6	210,0	113	75
1/3 majs, Optimeret	41	18	41	0	100	171,6	24,6	210,0	111	74
1/3 majs, Revideret					100	171,6	24,6	210,0	111	69*
0 majs	47	0	53	0	100	182,2	35,2	210,0	119	71
Roer	40	0	50	10	100	190,3	43,3	210,0	124	74

*: Udvaskning fra majs korrigeret -15 kg N/ha for brug af nitrifikationshæmmere og -10 kg N/ha for veletablerede tidlige efterafgrøder.

Tabel 4. JB 1 uvandet.

	Arealfordeling									
Sædskifte	Vårbyg	Majshelsæd	Sædskifte-græs	Roer	Efterafgrøder, græs og roer i efterår	Kvælstof-kvote	Kvælstofforbrug handelsgødning	Kvælstofforbrug husdyrgødning	Kvælstof-overskud	Beregnet udvaskning
	%	%	%	%	%	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha
2/3 majs, Nudrift					82	155,1	8,1	210,0	115	89
2/3 majs, Optimeret	27	36	36	0	82	155,1	8,1	210,0	114	88
2/3 majs, Revideret					100	148,3	1,3	210,0	108	60*
1/3 majs, Nudrift					100	161,5	14,5	210,0	121	71
1/3 majs, Optimeret	30	20	50	0	100	161,5	14,5	210,0	121	71
1/3 majs, Revideret					100	161,5	14,5	210,0	121	66*
0 majs	40	0	60	0	100	184,1	37,1	210,0	144	73
Roer	22	0	67	11	100	188,5	41,5	210,0	143	60

*: Udvaskning fra majs korrigeret -15 kg N/ha for brug af nitrifikationshæmmere og -10 kg N/ha for veletablerede tidlige efterafgrøder.

Tabel 5. JB 4 uvandet.

	Arealfordeling									
Sædskifte	Vårbyg	Majshelsæd	Sædskifte- græs	Roer	Efterafgrø- der, græs og roer i efterår	Kvælstof- kvote	Kvælstoffor- brug handels- gødning	Kvælstoffor- brug husdyr- gødning	Kvælstof- overskud	Beregnet ud- vaskning
	%	%	%	%	%	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha
2/3 majs, Nudrift					82	149,6	2,6	210,0	104	81
2/3 majs, Optimeret	27	36	36	0	82	149,5	2,6	210,0	103	80
2/3 majs, Revideret					100	143,2	0,0	210,0	96	55*
1/3 majs, Nudrift					100	158,4	11,4	210,0	112	66
1/3 majs, Optimeret	30	20	50	0	100	158,4	11,4	210,0	112	66
1/3 majs, Revideret					100	158,4	11,4	210,0	112	61*
0 majs	40	0	60	0	100	183,4	36,4	210,0	136	68
Roer	22	0	67	11	100	190,4	43,4	210,0	134	57

*: Udvaskning fra majs korrigeret -15 kg N/ha for brug af nitrifikationshæmmere og -10 kg N/ha for veletablerede tidlige efterafgrøder.

Økonomiske konsekvenser

For at vurdere gangbarheden af de undersøgte sædskifteændringer som virkemiddel er det naturligvis nødvendigt at estimere de økonomiske konsekvenser af disse ændringer.

Der er beregnet økonomiske konsekvenser på nedenstående syv scenarier – korresponderende til ovennævnte sædskifter med samme navne. Det forudsættes, at mælkeydelsen vil være det samme (12.000 kg EKM) for alle scenarier, undtaget ét scenarie helt uden majs i foderrationen, hvor ydelsen er sat til 11.700 EKM. Hvert scenarie er beregnet for henholdsvis vandet og uvandet sandjord.

Scenarier:

- '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM
- '1/3 majs – nudrift', 12.000 EKM
- '2/3 majs – revideret', 12.000 EKM
- '1/3 majs – revideret', 12.000 EKM
- '0 majs', 12.000 EKM
- '0 majs', 11.700 EKM
- 'Roer', 12.000 EKM

Udgangspunktet for beregningen af de økonomiske konsekvenser er foderplanen med sædskiftet '2/3 majs – nudrift'. For scenarierne '2/3 majs-revideret', 12.000 EKM og '1/3 majs – revideret', 12.000 EKM, er der medtaget udgifter til brug af nitrifikationshæmmere i gyllen til majs og optimalt såudstyr til etablering af efterafgrøder i al majs.

Der er tale om et intensivt kvægbrug, hvilket medfører, at det kun er i scenarierne på jb 1-3 vandet, '2/3 majs – nudrift/revideret', 12.000 EKM og 'Roer', 12.000 EKM, at der reelt er areal nok til at kunne dyrke den krævede mængde foder. I beregningerne er det, som nævnt tidligere, forudsat, at arealet altid vil dække grovfoderproduktionen først, og eventuelle resterende arealer dyrkes med salgsafgrøder – her vårbyg. Hvis arealkravet til vårbyg ikke dækkes, skal der indkøbes foderbyg. Hvis der dyrkes mere vårbyg end foderrationen kræver, forudsættes dette at blive solgt.

Resultater økonomiske beregninger

Der beregnes økonomiske konsekvenser af de forskellige foderplaner og deraf følgende markplaner med scenarietværktøjet FMS fra SEGES.

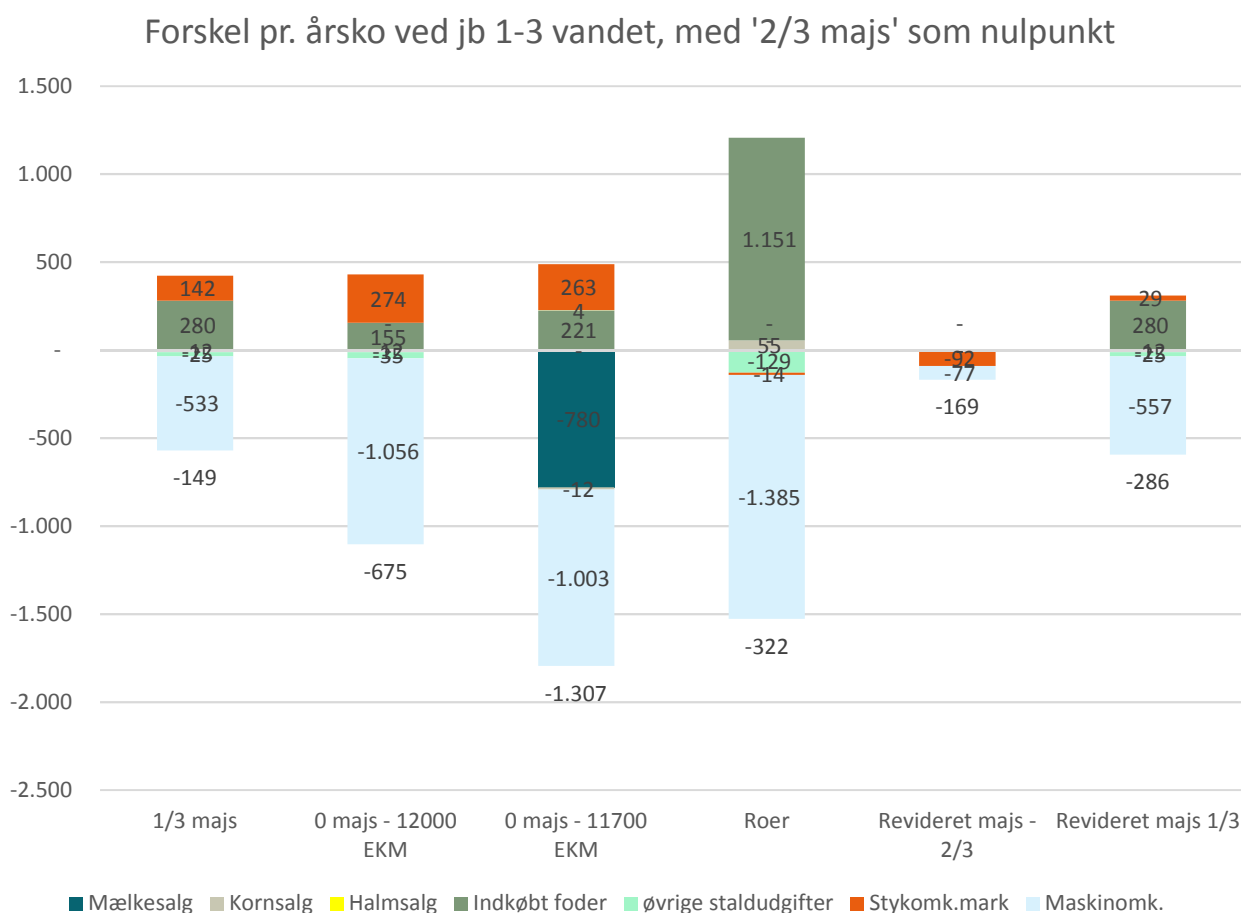
Fælles for alle alternativerne til '2/3 majs' 12.000 EKM er, at maskinomkostninger stiger, hvilket skyldes at maskinomkostningerne pr. ha er større ved græs og roer end ved majs - eller at der er tillagt større maskinomkostninger i scenarierne, '2/3 majs- revideret', 12.000 EKM og '1/3 majs – revideret', 12.000 EKM. Dette er den største forskel for alle scenarierne og udgør mellem ca. 550 og 1.300 kr. pr. ha, hvor den største stigning i maskinomkostninger ses ved scenariet, 'Roer', 12.000 EKM.

Foderplanen ved scenarierne med '2/3 majs' indeholder den største andel af sojaskrå, hvilket bevirker, at der er flere omkostninger til indkøb af foder end ved de øvrige scenarier, samt at det medfører en større prisfølsomhed overfor stigninger.

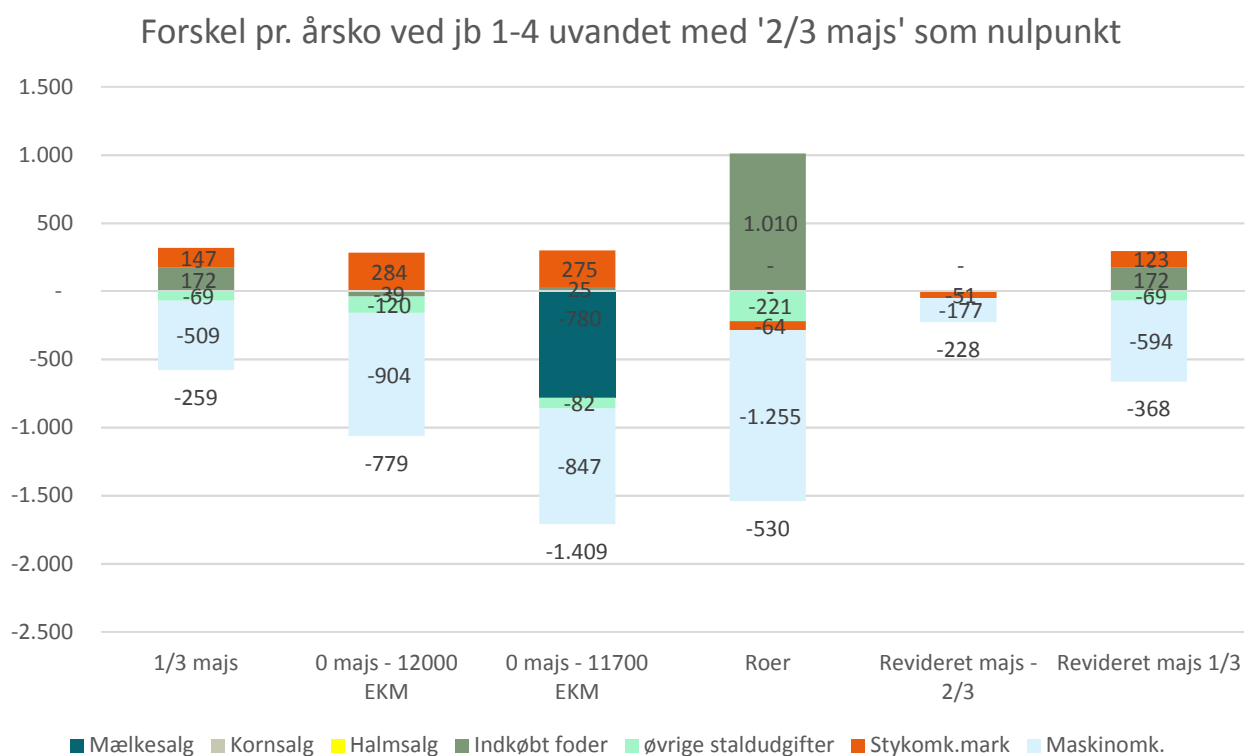
Fælles for alle scenarierne er, at de alternative foderplaner/markplaner har et dårligere resultat pr. årsko end udgangspunktet, '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM. Det bedste alternativ er scenarierne '1/3 majs – nudrift', 12.000 EKM og '2/3 majs – revideret', 12.000 EKM.

Scenariet '1/3 majs – nudrift', 12.000 EKM koster 149 kr. pr. årsko, hvilket i alt med 250 årskøer giver 37.250 kr. om året mindre end i '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM. Sammenholdt med indtjeningen i alt svarer det til 1 pct., og det kan overvejes om robustheden i dyrkningen er bedre ved andre scenarier end '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM, som kan opveje det økonomiske resultat.

Se resultaterne for scenarierne i forhold til '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM i de efterfølgende figurer (Figur 3 og 4) ved normale priser og udbytneniveauer på henholdsvis jb 1-3 vandet og jb 1-4 uvandet.



Figur 3. Forskel pr. årsko ved vandet sandjord, med '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM som nulpunkt ved normale priser og udbytneniveauer. Det samlede resultat for hvert alternativ ses i sumtallet under hver søjle i diagrammet.



Figur 4. Forskel pr. årsko ved uvandet sandjord, med '2/3 majs – nudrift', 12.000 EKM som nulpunkt ved normale priser og udbyttenevauer. Det samlede resultat for hvert alternativ ses i sumtallet under hver søjle i diagrammet.

Pris på udvaskningsreduktion

En vurdering af perspektiverne for sædskifteændringer som virkemiddel må naturligvis både baseres på de driftsøkonomiske konsekvenser og på effekten på udvaskningen. I Tabel 6 er for hvert sædskifte, behandlet i den økonomiske analyse ovenfor, angivet den driftsøkonomiske pris per kg reduceret N-udvaskning relativt til udgangssædskiftet '2/3 majs, Nudrift' som funktion af jordtype og vanding. Det ses, at under de her givne forudsætninger giver sædskiftet '2/3 majs, Revideret' den laveste pris per kg udvaskningsreduktion; 8-10 kr/kg N afhængigt af jordtype. Dette vil sige, at de praksisændringer, relativt til '2/3 majs, Nudrift'-scenariet, som giver mest udvaskningsreduktion per krone, er at have tidligt og veletablerede efterafgrøder i al majs (mod halvdelen i 'Nudrift'-scenariet), samt at anvende nitrifikationshæmmere i al gylle. I '2/3 majs, Revideret' er sædskiftet ligeledes ændret i forhold til '2/3 majs, Nudrift' sådan, at vårbyg i stedet for majs efterfølger kløvergræs, hvilket ifølge NLES4-beregningerne ikke har betydning for udvaskningen, men som nævnt tidligere kan give en mere sikker etablering af efterafgrøderne.

Blandt sædskifterne med nedsat majs-andel i foderet giver '1/3 majs, Nudrift' og '1/3 majs, Revideret' de laveste priser på udvaskningsreduktion, ca. 10-21 kr/kg N reduktion, mens sædskiftet helt uden majs er absolut dyrest med en pris på 44-71 kr/kg N reduktion.

Det synes således ikke at være så attraktivt at sænke N-udvaskningen fra kvægbrug ved at sænke majsandelen i sædskifterne, selvom sådanne ændringer ifølge beregningerne giver relativt store reduktioner i udvaskningen. Ved nedsat majsareal til fordel for græsareal stiger maskinudgifterne ved de givne forudsætninger tilsyneladende kraftigere end den modsvarende reduktion i udvaskningen.

Tabel 6. Total udvaskning for for alle sædskifter, samt relativt til '2/3 majs, Nudrift' udvaskningsreduktionen totalt, driftsforskellen pr. årsko og prisen per kg reduceret N-udvaskning.

Sædskifte	JB	Vanding	Udvaskning total mængde	Udvaskningsre- duktion total	Driftsforskel pr årsko	Pris på udvask- ningsreduktion
			kg N	kg N	kr/årsko	kr/kg N
2/3 majs, Nudrift	1	Ja	19420	0	0	0
1/3 majs, Nudrift			16474	2946	149	13
0 majs			15609	3811	675	44
Roer			16241	3179	322	25
2/3 majs, Revideret			14335	5085	169	8
1/3 majs, Revideret			12040	7380	286	10
2/3 majs, Nudrift	1	Nej	19540	0	0	0
1/3 majs, Nudrift			15549	3991	259	16
0 majs			15955	3585	779	54
Roer			13273	6267	530	21
2/3 majs, Revideret			13167	6373	228	9
1/3 majs, Revideret			14447	5093	368	18
2/3 majs, Nudrift	4	Nej	17805	0	0	0
1/3 majs, Nudrift			14485	3320	259	20
0 majs			15055	2750	779	71
Roer			12530	5275	530	25
2/3 majs, Revideret			12038	5767	228	10
1/3 majs, Revideret			13384	4421	368	21

Litteratur

Blicher-Mathiesen, G., 2014. Udvaskning fra kvægbrug med og uden undtagelse fra Nitratdirektivet. DCE-notat. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Rolighed, J., Andersen, H.E., Carstensen, M.V., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B., Thorling, L., 2018. Landovervågningsoplande 2016. DCE-rapport nr. 273, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

Børgesen, C.D., Jensen, P.N., Blicher-Mathiesen, G., Schelde, K. (redaktører), 2013. Udviklingen i kvælstofudvaskning og næringsstofoverskud fra dansk landbrug for perioden 2007-2011. DCA Rapport nr. 31, december 2013, DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

EfterMajs slutrapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2016.

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., 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 næringsstofftab i græsrigge sædskifter. DCA-rapport.

Hvid, S.K., SEGES, 2015. Kalkule Mark version 2.0. https://www.landbrugsinfo.dk/ltvaerktoejer/Planteavl/Sider/kalkule-mark-nu-i-version-2-0_pl_15_2155_3687.aspx

Knudsen L., 2017. Fakta om kvælstof i landbruget og vandmiljøet. SEGES.

Knudsen L., Landskonsulent, SEGES, 2018.

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. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. DJF rapport 139.

Landbrugsstyrelsen, 2018. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2018 til 31. juli 2019.

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.

Mikkelsen, M., 2013. Efterafgrøder i majs. *Oversigt over Landsforsøgene 2013*, s. 208-213.

Olesen, J.E., Petersen, S.O., Lund, P., Jørgensen, U., Kristensen T., Elsgaard, L., Sørensen P., og Lassen J., Aarhus Universitet, 2018. Virkemiddel til reduktion af klimagasser i landbruget. DCA-rapport nr. 130.

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

Poulsen H.V. og Knudsen L., 2018. Udvaskning af kvælstof fra græs. *Landbrugsinfo*.

Poulsen H.V. og Knudsen L., 2018. Udvaskning af kvælstof fra majs. *Landbrugsinfo*.

Qiao, C.L., Liu, L.L., Hu, S.J., Compton, J.E., Greaver, T.L., Li, Q.L., 2015. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology* 21, 1249-1257.

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