



AP1: UDVASKNING AF KVÆLSTOF FRA GRÆSMARKER

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Gennemgang af litteraturen omhandlende udvaskning af kvælstof fra græsmarker.

INDHOLD

- [Introduktion](#)
- [Udvaskning af kvælstof fra etablerede græsmarker](#)
- [Græs i renbestand](#)
- [Kløvergræs](#)
- [Slæt vs. afgræsning](#)
- [Ompløjning af græsmarker baggrund](#)
- [Ompløjning af kløvergræs](#)
- [Afgræsning vs. slæt](#)
- [Efterfølgende afgrøde](#)
- [Gødning til efterfølgende afgrøde](#)
- [Litteratur](#)

KONKLUSIONER

Udvaskningen fra græsmarker er generelt betydeligt lavere end fra omdriftsarealer

Afgræsning kan føre til høj udvaskning både i den etablerede mark og efter ompløjning sammenlignet med slætmarker

Stigende alder af græsmarker vil sandsynligvis føre til stigende udvaskning fra såvel den etablerede mark som efter ompløjning

Ompløjning af græsmarker frigiver via mineralisering af biomassen store mængder kvælstof - mere fra kløvergræs end græs i ren bestand

Udvaskningsrisikoen efter ompløjning af græs kan reduceres kraftigt ved et efterfølgende kontinuert plantedække over den/de følgende sæsoner – efterafgrøder potentielt med stor effekt

Tilføres afgrøder med forfrugt græs gødning, så eftervirkning + tilførsel overstiger afgrødens behov, stiger udvaskningsrisikoen kraftigt.

INTRODUKTION

Dyrkning af græs foregår enten i renbestand eller som en blanding af flere forskellige arter – ofte i kombination med rød- og/eller hvidkløver (evt. lucerne), kaldet kløvergræs (Hansen et al. 2014). Bælgplanterne øger biomassens foderværdi og bidrager med et input af kvælstof i form af kvælstoffiksering fra atmosfæren til marken. Græsmarker etableres typisk om foråret enten selvstændigt eller som udlæg i en hovedafgrøde, eller alternativt om efteråret umiddelbart efter høst af en hovedafgrøde. Græsmarker defineres i reguleringsmæssig sammenhæng enten som permanente (græs i mere end 5 år i træk – også selvom omlagt til nyt græs) eller i omdrift (omlagt til anden afgrøde indenfor en 5 års periode) (Miljø og Fødevareministeriet 2018). I 2017 var arealet med græs i omdrift på 275.000 ha, mens arealet med græs udenfor omdrift var på 213.000 ha (Pedersen 2017). I forhold til det samlede dyrkede areal udgjorde det samlede areal med græs ca. 19%. Af det samlede græsareal blev ca. 2/3 udelukkende anvendt til slæt og den resterende del benyttet til afgræsning – enten udelukkende eller i kombination med slæt i et eller andet omfang – hvoraf størstedelen fandtes udenfor omdrift (Torben S. Frandsen personlig meddelelse). Græsmarker i omdrift har typisk en varighed på 2-3 år før omlægning, som oftest er motiveret af udbyttetab pga. en række forskellige forhold som manglende persistens af de højtydende valgte sorter. Yderlige kan jordkomprimering ved tung trafik, invasion af uønskede planter eller tab af kløverandel i marken være årsag til behovet for omlægning (Hansen et al. 2018).

Når man taler om udvaskning fra græsmarker skelner man mellem den udvaskning, som sker mens græsset er på marken, og den udvaskning, der sker efter ompløjning som følge af frigivelsen af kvælstof ved mineralisering/omsætning af plantebiomassen og tilført husdyrgødning. Udvaskningen i perioden med græs vil oftest være ganske lav, mens udvaskningen efter ompløjning potentielt kan være meget høj pga. af frigivelsen af en ganske betydelig mængde kvælstof i jorden. Udvaskningsbidraget fra græsmarker skal vurderes samlet som et gennemsnit af udvaskningen i perioden, hvor græsset er på marken, og eftervirkningsperioden efter ompløjning.

[Til top](#)

UDVASKNING AF KVÆLSTOF FRA ETABLEREDE GRÆSMARKER

Græs er, i perioden hvor det er på marken, at betragte som en afgrøde, der beskytter mod udvaskning. Dette skyldes naturligvis græssets kontinuerede jorddække, en meget høj produktion af biomasse og følgende effektiv optagelse af uorganisk kvælstof. Tilføres græsmarker kvælstof efter behov og hensyntagen til et eventuelt bidrag fra kvælstoffikserende bælgeplanter, vil udvaskningen således være ubetydelig til ganske lav (Olesen et al. 2016, Hansen et al. 2018).

GRÆS I RENBESTAND

Ugødet rent græs til slæt har vist sig i stand til at reducere jordens N-min indhold betydeligt (Thomsen 1989), med en deraf følgende ganske lav udvaskning - skønnet til gennemsnitligt at være under 5 kg N/ha (Olesen et al. 2016). Tilføres der kvælstofgødning op til den økonomisk optimale mængde, har jordens N-min indhold (Søegaard 1984) og også udvaskningen vist sig kun at stige svagt og stadig være ganske lav, <20 kg N/ha (Christensen et al. 2009, Eriksen et al. 2004+2015, Hansen et al. 2018, Manevski et al. 2018, Olesen et al. 2016).

[Til top](#)

KLØVERGRÆS

Kløvergræs til slæt i ugødet tilstand har ligeledes en lav udvaskning af kvælstof, om end af Olesen et al. (2016) skønnet gennemsnitligt højere (15-20 kg N/ha) end for rent græs. Gødningstilførsel til under den økonomisk optimale mængde har også her kun en ringe effekt på udvaskningen på ca. 3-4 kg N/ha (Eriksen et al. 2010 og 2015 og Wachendorf et al. 2004). I tre danske undersøgelser blev udvaskningsniveauet for gødet kløvergræs eksempelvis estimeret til henholdsvis 17, 22 og 5 kg N/ha (Eriksen et al. 2010, Pugsgaard et al. 2015, Manevski et al. 2018).

ALDER

Gennem græsmarkers levetid sker der, bl.a. som følge af en reduceret nedbrydning pga. fraværet af jordbearbejdning, en opbygning af organisk kvælstof i jorden – dels i produceret plantemateriale og dels via den eventuelt tilførte organiske gødning (urin og fæces og/eller gylle). Det må antages, at akkumuleringen af organisk kvælstof vil være størst i græsmarkens tidlige fase og aftage over tid, hvorved udvaskningen muligvis vil øges med stigende alder af græsmarken (Ledgard et al. 2009). Som konstateret i Hansen et al. (2018) er der få studier af effekten af græsmarkers alder på udvaskningen. Eriksen et al. (2015) fandt ingen effekt på udvaskningen af stigende alder op til 4 år, mens en anden dansk undersøgelse fandt en tendens til stigende udvaskning i det 4. og 5. produktionsår (Manevski et al. 2018). I oversigtartiklen af Olesen et al. (2016) gives der et skøn på udvaskningen fra græs- og kløvergræsmarker til slæt, se Tabel 1, som funktion af markens alder og kvælstoftilførsel. Her antages det, at udvaskningen fra 3-8 år gamle græsmarker kun adskiller sig fra 1-2 år gamle ved relativt høje kvælstoftilførsler på 300 kg N/ha til rent græs og 240 kg N/ha til kløvergræs.

[Til top](#)

Tabel 1. Skøn over kvælstofudvaskningen (kg N/ha) fra slætgræsmarker med forskellig alder (Tabel 3 i Olesen et al. 2016)

Rent græs			Kløvergræs		
N-tilførsel	1.-2. år	3.-8. år	N-tilførsel	1.-2. år	3.-8. år
0	5	5	0	15	15
150	15	15	120	20	20
300	20	30	240	20	30
450	25	35			
575	55	70			

Flere undersøgelser viser, at udbyttet falder med stigende alder af græsmarker (Eriksen et al. 2015, Manevski et al. 2018), hvis ikke gødningsmængden tilpasses tilsvarende, må det antages, at det stigende kvælstofoverskud i marken på sigt vil medføre en øget udvaskning (Hansen et al. 2018).

SLÆT VS. AFGRÆSNING

Udvaskningen fra græsmarker er almindeligvis højere, hvis disse i et omfang anvendes til afgræsning fremfor slæt, hvor ren afgræsning uden slæt gennemsnitligt antages at give den største udvaskning (både i etablerede marker og eftervirkning), mens afgræsning i kombination med slæt vil give en udvaskning mellem ren afgræsning og ren slæt (Lemming et al. 2012). Årsagen til denne forskel skal sandsynligvis findes i flere faktorer, men vigtigst er gødningstilførslen. I slætmarken er kvælstoftilførslen generelt veltilpasset produktionen af høstet og fraført plantemateriale, mens der i afgræssede marker ved gødningstilførsel, afhængigt af management, i kombination med tilbageførsel af kvælstof via urin og fæces kan opbygges et stort kvælstofoverskud (Eriksen et al. 2015). Da både intensiteten af afgræsning og tilførsel af husdyr- og handelsgødning kan varieres vidt, vil effekten af afgræsning i forhold til slæt med stor sandsynlighed ligeledes variere meget. Ved afgræsning afsættes kvælstof uens på arealer i form af urin- og fæcespletter, hvor kvælstofkoncentrationen er stor. Tilføres derudover kvælstof i form af husdyrgødning eller handelsgødning, øges risikoen for udvaskning.

Afgræsning i perioden fra 1. august øger risikoen for udvaskning mest. Hvis afgræsning stoppes først i august, og der tages slæt på arealet i september og oktober, reduceres udvaskningen betydeligt. Ved afgræsning efter 1. august er det vigtigt, at marken ikke tilføres husdyr- eller handelsgødning og det er vigtigt, at afgræsningsintensiteten afpasses efter dyrenes græsoptagelse.

[Til top](#)

I en dansk undersøgelse af udvaskningen fra både rene græsmarker og kløvergræsmarker som funktion af udnyttelsesstrategien – ren afgræsning eller slæt og kombinationer af disse – fandt man, at ren afgræsning i kombination med tilførsel af husdyrgødning skilte sig markant negativt ud med en udvaskning på gennemsnitligt 80 kg N/ha. Kombination af slæt og afgræsning med tilførsel af husdyrgødning gav udvaskninger på 28-32 kg N/ha, mens rent slæt både med og uden tilførsel af husdyrgødning gav laveste udvaskninger på 18-22 kg N/ha (Eriksen et al. 2010). En sammenlignelig tysk undersøgelse, som dog ikke rapporterede udvaskning men N-min-koncentrationer i jordvand, fandt samme resultat for de forskellige udnyttelsesstrategier og viste samtidig, at i behandlinger med afgræsning steg udvaskningen som funktion af stigende kvælstoftilførsel (Wachendorf et al. 2004). Lemming et al. (2012) beregnede på baggrund af værdier stammende fra Landovervågningen (Kristensen et al. 2003, Schou et al. 2007), at udvaskningen reduceredes med ca. 70% ved at gå fra ren afgræsning til ren slæt. Dette stemmer godt overens med førnævnte danske undersøgelse (Eriksen et al. 2010), hvor den tilsvarende reduktion blev ca. 75 %. Endelig fandt Eriksen et al. 2015, at udeladelse af ren afgræsning (eller gødningstilførsel) reducerede udvaskningen med ca. 60 pct.

Som nævnt ovenfor, skyldes afgræsningens markante negative effekt på udvaskningen et stort overskud af tilført kvælstof, både via tilført husdyrgødning og tilbageført kvælstof i urin og fæces. I Eriksen (2001) viser kvælstofbalancer, udregnet for rene græsmarker og kløvergræsmarker under forskelligt management (afgræsning/slæt, gødningstilførsel), overskud på mellem 227 og 328 kg N/ha i de afgræssede marker mod 12-13 kg N/ha ved rent slæt, hvilket er i overensstemmelse med de observerede markante forskelle i målt udvaskning.

[Til top](#)

OMPLØJNING AF GRÆSMARKER BAGGRUND

Når græsmarker opløjes frigives store mængder kvælstof ved mineralisering af plantebiomassen og eventuelt uomsat husdyrgødning – tilført gylle såvel som gødning fra græssende dyr (Berntsen et al. 2006, Djurhuus og Olsen 1997, Hansen et al. 2007, Kayser et al. 2008). Frigivelsen af kvælstof er stor det første år efter opløjning, med mulige eftervirkningsværdier på over 100 kg N/ha, og kan vare ved de følgende år (Eriksen et al. 2008, Ledgard et al. 2009). Det frigivne kvælstof udgør en udvaskningsrisiko, hvis ikke det effektivt optages i den eller de følgende afgrøder, og det er derfor vigtigt at modregne dette kvælstof (forfrugtsværdien/eftervirkningen) i tildelingen af kvælstof til den efterfølgende afgrøde på markniveau for at undgå en høj udvaskning.

Studier har vist, at eftervirkningen af opløjede græsmarker afhænger af en lang række parametre. Blandt de vigtigste er sandsynligvis græsmarkens indhold af bælgplanter og mængden af tilført husdyrgødning – således også udnyttelsen, afgræsning/slæt. Hvor stor en del af det frigivne kvælstof, som udvaskes eller er i risiko for at udvaskes, må forventes at afhænge af forhold som eks. jordtype, nedbør, efterfølgende afgrøde og dennes gødningsniveau, og det vil således samlet set være forbundet med en vis usikkerhed at vurdere størrelsen af udvaskningen efter opløjning af græsmarker (Hansen et al. 2018).

[Til top](#)

OMPLØJNING AF KLØVERGRÆS

SLÆTMARKER

Ompløjning af kløvergræsmarker har generelt vist sig at give en, umiddelbart efter ompløjningen, større frigivelse – og dermed udvaskningsrisiko – sammenlignet med græs i renbestand. I Eriksen (2001), fandt man således lavere udvaskning efter forårsompløjet slætgræs i ren bestand end efter forårsompløjet kløvergræs til slæt. I samme undersøgelse viste slætgræs i renbestand som forfrugt desuden at give lavere udbytter i den følgende afgrøde end kløvergræs, hvilket tyder på, at der var mindre kvælstof til rådighed efter rent græs (Eriksen 2001). Målinger fra Landovervågningen viser også en relativt højere udvaskning efter ompløjning af kløvergræsmarker (Blicher-Mathiesen 2014). I gældende normer er forfrugtsværdien for græsmarker med normalt udbytte i omdrift indeholdende kløver i et eller andet omfang sat til 95 kg N/ha, mod 23 kg N/ha for græsmarker uden kløver (Miljø- og Fødevareministeriet 2018). Årsagen til denne større kvælstoffrigivelse fra kløvergræs skal sandsynligvis findes i en lettere omsættelighed, samt et højere kvælstofindhold (lavere C/N) i den nedpløjede kløver/græsbiomasse sammenlignet med ren græsbiomasse (Davies et al. 2001, Whitehead et al. 1990). C/N-forholdet i rodbiomasse af kløver er fundet til at være ca. det halve af tilsvarende i rajgræs (Griffith et al. 2000). Det må på denne baggrund antages, at andelen af kløver vs. græs i marken har en betydning for mængden af frigivet kvælstof efter ompløjning, hvilket kan medvirke til en vis usikkerhed i vurderingen af udvaskningsrisikoen, da kløverandelen kan variere vidt og sjældent kendes/angives.

Som redegjort for i Hansen et al. (2018) er der i en stor del af de tidligere danske undersøgelser (eks. Olsen 1995, Djurhuus og Olsen 1997) af udvaskningen efter ompløjning af kløvergræs (såvel om græs) tilført gødning til efterfølgende afgrøde over, i nogle tilfælde meget over, gældende norm, da der bl.a. ikke er indregnet nogen forfrugtsværdi. I en andel af disse forsøg er der ligeledes foretaget ompløjning af græsmarker om efteråret, hvilket efter gældende regler ikke er tilladt. I Tabel 2 (modificeret fra Hansen et al. 2018) er angivet målte udvaskninger efter forårsompløjet kløvergræs fra danske forsøg, som funktion af jordtype og gennemsnit for efterfølgende afgrøde.

[Til top](#)

Tabel 2 (Hansen et al. 2018). Første års udvaskning efter forårsompløjet kløvergræs fordelt på jordtype på tværs af efterfølgende afgrøde. Data stammer fra Olsen (1995), Djurhuus og Olsen (1997), Berntsen et al. (2006), Hansen et al. (2007), Eriksen et al. (2008), Askegaard et al. (2011), Kristensen et al. (2011).

		Gødet under kor. norm ¹		Gødet over kor. norm ¹		Alle	
Obs.	Udvaskning	Obs.	Udvaskning	Obs.	Udvaskning	Obs.	Udvaskning

Jordtype ²		Kg N/ha			Kg N/ha			Kg N/ha	
		Gns.	Variation		Gns.	Variation		Gns.	Variation
JB1, vandet	7	145	75-233	8	199	98-311	15	174	75-311
JB4, uvandet	3	78	55-103	7	112	52-216	10	102	52-216
JB6	-	-	-	1	43	-	1	43	-

¹Norm til efterfølgende afgrøde korrigeret for forfrugtsværdi.

²Gennemsnit for jordtype med observationer for vårbyg, majs og spisekartofler som efterfølgende afgrøde.

Det fremgår af Tabel 2, at de målte udvaskninger første år efter forårsompløjning af kløvergræs har en betydelig variation – både indenfor jordtype og uanset om den efterfølgende afgrøde blev gødet over eller under nuværende norm. De gennemsnitlige udvaskninger for alle observationer på 174 og 102 kg N/ha på henholdsvis JB1 og JB 4 er relativt høje, sammenlignet med eksempelvis typeudvaskninger på ca. 80-100 kg N/ha for majs, vår- og vinterkorn på vandet sandjord med anden forfrugt end græs angivet i Olesen et al. (2016) og Hansen et al. (2018). Det skal naturligvis tages i betragtning, at udvaskningen stiger skarpt, når afgrøder tildeles kvælstof vel over det udbyttømæssigt optimale niveau (Delin og Stenberg 2010), hvorved høj udvaskning målt i forsøg gødet over norm i Tabel 2 sandsynligvis i nogen grad mere er et resultat af overgødskning end eftervirkning af kløvergræs.

[Til top](#)

OMPLØJNING AF RENT GRÆS

SLÆTMARKER

De relativt få undersøgelser af udvaskning efter og eftervirkning af ompløjning af græs i renbestand, som er foretaget, viser overvejende en markant mindre effekt af ompløjede græsmarker sammenlignet med kløvergræsmarker. I en af disse, udført ved Foulum på JB4, fandt man ganske beskedne udvaskninger på ca. 12, 17 og 22 kg N/ha i vårbyg gødet henholdsvis 0, 115 og 230 kg N/ha første år efter ompløjning af en rajgræsmark (gødet 300 kg N/ha handelsgødning), hvilket var markant lavere end samme efter ompløjning af kløvergræs (Eriksen 2001). Tilsvarende fandt Christensen et al. (2009) kun en ganske lille effekt på udvaskningen og udbyttet i vårbyg efter ompløjning af græs i renbestand af forskellig alder gødet med 225 kg N/ha i handelsgødning. Endelig foretog Thomsen et al. (1993) i et lysimeterforsøg med JB4 en sammenligning af udvaskningen fra vinterhvede dyrket enten efter ompløjet græs eller efter vinterhvede. Vinterhveden blev gødet med 150 kg N/ha og udvaskningen første år efter ompløjning, som gennemsnit af fire forsøgsår, viste en udvaskning på 52 kg N/ha efter græs mod 80 kg N/ha efter vinterhvede.

Baseret på de her refererede forsøgsresultater virker det sandsynligt, at udvaskningsrisikoen/eftervirkningen efter ompløjning af slætgræs i ren bestand er begrænset. Det er dog værd at bemærke, at det ompløjede græs i ovennævnte forsøg er gødet med

handelsgødning og ikke tilført husdyrgødning, hverken via græssende dyr eller som gylle, hvilket – udover fraværet af kvælstofrigt kløverbiomasse – med stor sandsynlighed er en stor del af forklaringen på den svage udvasknings/effektivitetseffekt efter ompløjning. Således fandt Kayser et al. (2008) modsat en stor effekt på jordvandskoncentrationen og udvaskningen (ca. 50-100 kg N/ha/år) efter ompløjning af rene græsmarker, som til forskel fra ovennævnte forsøg havde modtaget store mængder husdyrgødning (afgræsning og gylle) i årene forud for ompløjning. Christensen et al. (2009) konkluderer i tråd med dette i sin undersøgelse, at det formentlig er kløverindholdet og tilførslen af husdyrgødning, som har størst betydning for N-frigivelseskapaciteten i rene græsmarker.

[Til top](#)

AFGRÆSNING VS. SLÆT

Som tidligere redegjort for, er der i græsmarker, som benyttes til afgræsning, pga. af tilbageførslen af kvælstof via urin og fæces et markant overskud af kvælstof - naturligvis også afhængende af en eventuel øvrig gødningstilførsel (Eriksen 2001). En relativt større organisk kvælstofpulje opbygget i afgræssede marker må forventes at resultere i en øget eftervirkning/udvaskningsrisiko sammenlignet med slætmarker i årene efter ompløjning. I undersøgelsen af Eriksen (2001) fandt man, at eftervirkningen første år af afgræssede rajgræsmarker var stor nok til, at opnå optimalt udbytte i den efterfølgende ugødede vårbyg, hvilket ikke var tilfældet for slætmarkerne. Tilsvarende var udvaskningen størst i årene efter ompløjning af afgræssede græsmarker, men effekten var lille, hvilket sandsynligvis til dels skyldtes, at de efterfølgende afgrøder var optimeret for størst muligt kvælstofoptag/mindst mulig udvaskning; vårkorn med udlæg af rajgræs. For kløvergræsmarkerne blev der ikke observeret nogen forskel i udvaskning mellem slæt- og afgræsningsmarker, hvilket var overraskende i betragtning af de store kvælstofoverskud i afgræsningsmarkerne frem mod ompløjningen. En anden dansk undersøgelse fandt tilsvarende, at eftervirkningen var højest af afgræssede marker tilført husdyrgødning og lavest fra rene slætmarker (Eriksen et al. 2015). Endelig fandt Hansen og Eriksen (2016), at udvaskningen i den efterfølgende majsafgrøde efter ompløjning af kløvergræsmarker var relativt høj, 79-94 kg N/ha, men ikke signifikant afhængig af intensiteten af afgræsning.

[Til top](#)

EFTERFØLGENDE AFGRØDE

Udvaskningen af kvælstof efter ompløjning af græsmarker må forventes i høj grad at afhænge af kvælstofoptaget i de efterfølgende afgrøder. Mineraliseringen af organisk kvælstof i ompløjede græsmarker vil foregå over en længere periode, 2-3 år, og et kontinuert kvælstofoptag/plantedække efterfølgende ompløjningen vil således være nødvendigt for at minimere udvaskningen (Hansen et al. 2014). Umiddelbart efter ompløjning af græsmarker ses en stor frigivelse af kvælstof (Verloop et al. 2014), hvilket giver en risiko for udvaskning i foråret,

hvis ikke planteoptaget matcher frigivelsen. Det må den baggrund forventes, at eksempelvis majs efter ompløjning af græs vil give en stor udvaskningsrisiko pga. det sene såtidspunkt og langsomme initielle vækst i majs. Dette illustreres af resultaterne i Hansen og Eriksen (2016), hvor en ugødet vårbyg med udlæg af rajgræs forfrugt kløvergræs gav markant lavere udvaskning end gødet/ugødet majs med og uden efterafgrøde, til trods for et mindre samlet optag af kvælstof i vårbyggen. Resultatet bakkes op i en tysk undersøgelse med ompløjning af afgræsset græs i renbestand (Kayser et al. 2008). Perioderne uden eller med lavt kvælstofoptag i majs, forår og efterår, har sandsynligvis forårsaget den større udvaskning. I opsummeringen af danske undersøgelser af udvaskning efter ompløjning af kløvergræs i Hansen et al. 2018 – se Tabel 3 – viste sig omvendt en højere udvaskning i vårbyg uden efterafgrøde end observeret i majs uden efterafgrøde, begge forfrugt kløvergræs. Her var det formentlig majsens relativt længerevarende og større kvælstofoptag, som resulterede i en mindre udvaskning.

[Til top](#)

Tabel 3 (Hansen et al. 2018). Første års udvaskning efter forårsompløjet kløvergræs fordelt på efterfølgende afgrøde på tværs af jordtype. Data stammer fra Olsen (1995), Djurhuus og Olsen (1997), Berntsen et al. (2006), Hansen et al. (2007), Eriksen et al. (2008), Askegaard et al. (2011), Kristensen et al. (2011)

	Gødet under kor. norm ¹		Gødet over kor. norm ¹		Alle	
	Obs.	Udvaskning	Obs.	Udvaskning	Obs.	Udvaskning
Afgrøde		Kg N/ha		Kg N/ha		Kg N/ha
		Gns. Variation		Gns. Variation		Gns. Variation
Vårbyg, JB1/4	4	165 55-233	9	171 52-311	13	169 52-311
Majs, JB1/4	5	95 75-128	5	147 88-245	10	121 75-245

I en undersøgelse af Eriksen et al. (2015) fandt man en øget kvælstofligængelighed sent i sæsonen følgende ompløjning, hvilket understreger vigtigheden af kontinuert plantedække med efterafgrøder efter ompløjning af græs. En positiv effekt af efterafgrøder på udvaskningen efter ompløjning af græs er konstateret i flere studier (Eks. Hansen et al. 2007, Kristensen et al. 2011, Eriksen et al. 2015, Hansen og Eriksen 2016). Eksempelvis fandt Hansen et al. (2007) udvaskning på hele 256 kg N/ha i ugødet vårbyg uden efterafgrøde med forfrugt 5-årigt kløvergræs. Denne udvaskning reduceredes til 86 kg N/ha, reduktion på 66 %, ved inkludering af alm. rajsgæs som efterafgrøde til vårbyggen, og yderligere til blot 9 kg N/ha, reduktion på 96 %, ved dyrkning af grønkorn (byg) med udlæg af italiensk rajgræs. I Virkemiddelkataloget 2007 (Schou et al. 2007) skønnes det, at en samlet 2-årig udvaskning i vintersæd med forfrugt kløvergræs på 200-400 kg N/ha på grov sandjord ville kunne reduceres til 80-160 kg N/ha ved inkludering af efterafgrøder.

[Til top](#)

GØDNING TIL EFTERFØLGENDE AFGRØDE

Det kvælstof, som frigives ved mineralisering efter ompløjning af græs (eftervirkningen), vil sandsynligvis kun delvist opfylde den efterfølgende afgrødes behov, hvorfor der er et behov for at tilføre yderligere gødning. Overskrider den samlede mængde kvælstof til rådighed, den eller de efterfølgende afgrøders behov til optimal vækst, vil udvaskningen være i risiko for at stige markant (Delin og Stenberg 2014). I flere undersøgelser af udvaskning efter ompløjning af græsmarker konkluderes det da også, at tildelingen af kvælstof til den efterfølgende afgrøde har en stor og ofte større effekt på udvaskningen, end management og alder af den forudgående græsmark (Eriksen 2001, Christensen et al. 2007, Kayser et al. 2008). Som en undtagelse fandt Eriksen et al. 2006 kun en tendens til højere udvaskning ved stigende kvælstoftilførsel (0, 115 og 230 kg N/ha) i vårhvede med forfrugt 1, 2 og 8-årigt raj- og kløvergræs, til trods for en manglende respons på udbyttet af hvede på kvælstoftilførslen – indikerende at hvedens kvælstofbehov i stor udstrækning var dækket af eftervirkningen.

Det skal noteres, at selv den optimale gødningstildeling til hovedafgrøden med forfrugt græs kan medføre en øget udvaskningsrisiko i en situation, hvor væksten af en eventuel efterafgrøde sået som udlæg bliver hæmmet af en kraftigt voksende hovedafgrøde, med nedsat kvælstofoptag af efterafgrøden til følge (Hansen et al. 2007).

[Til top](#)

ALDER

Som beskrevet ovenfor sker der en opbygning af organisk kvælstof i græsmarker over tid. Opbygningen af kvælstofpuljen (biomasse og evt. tilført husdyrgødning) må forventes at aftage, indtil en ligevægt indstiller sig mellem opbygning og nedbrydning, og der vil således sandsynligvis være en mindre mængde kvælstof, som potentielt kan frigives efter ompløjning af en 1-årig græsmark sammenlignet med en ældre mark. Der findes flere studier, som viser en positiv sammenhæng mellem enten græsmarkalder og eftervirkning (N-optag i efterfølgende afgrøde) eller græsmarkalder og udvaskning. Således fandt Eriksen et al. (2006), at ompløjning af 1-årige græsmarker gav lavere udvaskning i sammenligning med 2 og 8 år gamle græsmarker. Tilsvarende måltes i en anden undersøgelse udvaskning på 171 kg N/ha mod 256 kg N/ha efter ompløjning af henholdsvis 3 og 5 år gamle kløvergræsmarker (Hansen et al. 2007), mens Christensen et al. (2009) fandt stigende udbytte i byg med forfrugt græs med stigende alder af græsset.

I andre studier har man ikke fundet nogen effekt på eftervirkningen af alderen på det ompløjede græs, således fandt Hansen et al. (2005) ingen forskel i eftervirkning af 1, 2 og 10-årigt kløvergræs, Nykanen et al. (2008) tilsvarende ved 1, 2 eller 3-årigt kløvergæs, og Eriksen et al. (2015) tilsvarende ved 2 og 4-årigt kløvergæs. I Hansen et al. (2005) gættedes der på, at den manglende effekt, trods en beregnet større kvælstofpulje i de ældste marker, skyldtes, at den organiske kvælstofpulje i yngre marker er lettere omsættelig end puljen i ældre marker, hvilket første år efter ompløjning udligner forskellen i kvælstofpuljernes størrelse.

[Til top](#)

LITTERATUR

- Askegaard, M., Olesen, J.E., Rasmussen, I.A., Kristensen, K., 2011. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142: 149-160.
- Berntsen, J., Grant, R., Olesen, J.E., Kristensen, I.S., Vinther, F.P., Mølgaard, J.P., Petersen, B.M., 2006. Nitrogen cycling in organic farming systems with rotational grass-clover and arable crops. *Soil Use and Management* 22: 197-208.
- Blicher-Mathiesen, G., 2014. Udvasnkning fra kvægbrug med og uden undtagelse fra Nitratdirektivet. DCE, Aarhus Universitet.
- Christensen, B.T., Rasmussen, J., Eriksen, J., Hansen, E.M., 2009. Soil carbon storage and yields of spring barley following grass leys of different age. *European Journal of Agronomy* 31: 29-35.
- Davies, M.G., Smith, K.A., Vinten, A.J.A., 2001. The mineralization and fate of nitrogen following ploughing of grass and grass-clover swards. *Biology and Fertility of Soils* 33: 423-434.
- Delin, S., Stenberg, M., 2014. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. *Europ. J. Agronomy* 52: 291–296.
- Djurhuus, J. og Olsen, P., 1997. Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. *Soil Use and Management* 13: 61-67.
- Eriksen, J., 2001. Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grasslands. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 136: 271-281.
- Eriksen, J., Vinther, F.P., Søegaard, K., 2004. Nitrate leaching and N₂-fixation in grasslands of different composition, age and management. *Journal of Agricultural Science* 142: 141-151.
- Eriksen, J., Pedersen, L., Jørgensen, J.R. (2006). Nitrate leaching and bread-making quality of spring wheat following cultivation of different grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 165-175.
- 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., Søegaard, K., Askegaard, M., Hansen, E.M., Rasmussen, J., 2010. Forage legume impact on soil fertility and N balance. *NJF report 6 (3)*: 61-65.
- 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.

- Frandsen, T.S., 2018. Specialkonsulent, Grovfoder. Planteinnovation. SEGES.
- Griffith, G.S., Cresswell, A., Jones, S., Allen, D.K., 2000. The nitrogen handling characteristics of white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars and a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivar. *Journal of Experimental Botany* 51: 1879-1892.
- Hansen, E.M, Eriksen, J., Vinther, F.P., 2007. Catch crop strategy and nitrate leaching following grazed grass-clover. *Soil Use and Management* 23: 348-358.
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Rubæk, G.H., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Schelde, K., Olesen, J.E., Strandberg, M.T., Jacobsen, B.H., Eberhardt, J.M. (2014). Afgrøder med højt kvælstofoptag. I: Eriksen, J., Jensen, P.N. og Jacobsen, B.H. (redaktører), *Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering*, side 43-50.
- 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.
- Hansen, J.P., Eriksen J., Jensen L.S., 2005. Residual nitrogen effect of a dairy crop rotation as influenced by grass-clover ley management, manure type and age. *Soil Use and Management* 21(3): 278-286.
- Kayser, M., Seidel, K., Müller, J., Isselstein, J., 2008. The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *European Journal of Agronomy* 29: 200-207.
- Kristensen, K., Jørgensen, U. og Grant, R., 2003. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II – slutevaluering. Genberegning af modellen N-LES. Miljøministeriet, Danmarks Jordbrugsforskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Kristensen, I.S., Jørgensen, U., Hansen, E.M., 2011. Supplerende undersøgelser. Supplerende undersøgelser af udvaskning af kvælstof til forsøget "Kvælstof til majs med efterafgrøder". I: Pedersen, J. (redaktør), *Oversigt over Landsforsøgene 2011*, s. 376-378.
- Ledgard, S., Schils, R., Eriksen, J., Luo, J., 2009. Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48: 209-226.
- Lemming, C., Østergaard, H.S., Knudsen, L., 2012. Kvælstofudvaskning fra græsmarker. Landbrugsinfo.
- 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.
- Miljø- og Fødevarerministeriet, 2018. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler.

Planperioden 1. august 2018 til 31. juli 2019.

Nykänen, A., Granstedt, A., Jauhiainen, L., Laine, A., 2008. Residual effect of clover-rich leys on soil nitrogen and successive grain crops. *Agricultural and Food Science* 17: 73-87.

Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Petersen, S.O., Søegaard, K., Eriksen, J., Schjønning, 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.

Olsen, P., 1995. Nitratudvaskning fra landbrugsjorde i relation til dyrkning, klima og jord. SP rapport 15. Forskningscenter Foulum, Landbrugs- og Fiskeriministeriet.

Pedersen, J.B. (Redaktør), 2017. Arealanvendelsen. Oversigt over Landsforsøgene 2017, s. 17.

Pugesgaard, S., Schelde, K., Larsen, S.U., Lærke, P.E., Jørgensen, U., 2015. Comparing annual and perennial crops for bioenergy production – influence on nitrate leaching and energy balance. *GCB Bioenergy* 7: 1136-1149.

Schou, J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U., Jacobsen B.H., 2007. Virkemidler til realisering af målene i EU's vandrammedirektiv. DMU rapport nr. 625.

Søegaard, K., 1984. Vand og kvælstof til almindelig rajgræs. *Tidsskrift for Planteavl* Specialserie S1704.

Thomsen, P.C., 1989. Slætantal, kvælstofmængder og vanding i alm. rajgræs. *Tidsskrift for Planteavl* Specialserie, Beretning S2026. Aarhus Universitet.

Thomsen, I.K., Hansen, J.F., Kjellerup, V., Christensen, B.T., 1993. Effects of cropping system and rates of nitrogen in animal slurry and mineral fertilizer on nitrate leaching from a sandy loam. *Soil Use and Management* 9: 53-58.

Torben Spanggaard Frandsen, Specialkonsulent grovfoder, SEGES

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 in Agroecosystem* 98: 267-280.

Wachendorf, M., Büchter, M., Trott, H., Taube, F., 2004. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science* 59: 56-68.

Whitehead, D.C., Bristow, A.W., Lockyer, D.R., 1990. Organic matter and nitrogen in the unharvested fraction of grass swards in relation to the potential for nitrate leaching after ploughing. *Plant and Soil* 123: 39-49.

[Til top](#)

© 2021 - SEGES Projektsitet