

# Indhold

<b>INDHOLD</b>	<b>3</b>
<b>FORORD</b>	<b>4</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>4</b>
<b>1 BAGGRUND FOR PROJEKTET</b>	<b>5</b>
1.1 FORMÅL	5
<b>2 FORSØGSMETODIK</b>	<b>6</b>
2.1 ANLÆG OG PASNING AF 'GREENS' I LYSIMETRE	6
2.2 FORSØGSLED OG PARCELFORDELING	8
2.3 FORSØGSBEHANDLINGER	8
2.3.1 <i>Gødskning</i>	8
2.3.2 <i>Vanding</i>	8
2.4 MÅLINGER OG ANALYSER	9
2.4.1 <i>Jordanalyse</i>	9
2.4.2 <i>Græshøst</i>	9
2.4.3 <i>Opsamling og analyse af drænvand</i>	10
2.4.4 <i>Beregning af vandbalance</i>	11
2.4.5 <i>Telemåling</i>	11
<b>3 RESULTATER OG DISKUSSION</b>	<b>12</b>
3.1 JORDENS NÆRINGSSTOFINDHOLD	12
3.2 GRÆSSETS VÆKST OG KVÆLSTOFINDHOLD	13
3.3 KVÆLSTOFINDHOLD I DRÆNVAND	14
3.4 SAMLET KVÆLSTOF-BALANCE	19
3.5 FOSFORINDHOLD I DRÆNVAND	20
3.6 TELEMÅLING	22
3.7 VANDBALANCE	23
<b>4 SAMMENFATTENDE DISKUSSION</b>	<b>25</b>
<b>5 REFERENCER</b>	<b>28</b>

# Forord

Denne rapport er udfærdiget i projektet "Fortsatte forsøg med måling af næringsstofudvaskning fra golf greens" finansieret af Dansk Golf Union (DGU).

## Sammenfatning og konklusioner

I et lysimeteranlæg gennemførtes i perioden 2000-2003 målinger af kvælstof- og fosforudvaskning fra golf greens årligt tilført 100-300 kg N/ha og 7-22 kg P/ha ved to forskellige vandingsstrategier. I efteråret efter græsetablering målttes nitratkoncentrationer på godt 20 mg nitrat-N/l i drænvand. I løbet af den følgende vinter faldt indholdet til under 1 mg nitrat-N/l og i gennemsnit over forsøgsperioden 2001-3 var koncentrationen 0,1-0,4 mg nitrat-N/l i de forskellige behandlinger. Den samlede kvælstofudvaskning i 2001-2 var på 1-4 kg nitrat-N/ha og 10-12 kg total-N/ha. I 2002-3 udvaskedes 0,3-2,4 kg nitrat-N/ha og 5,3-7,9 kg total-N/ha. Ved den benyttede gødskningspraksis (udbringning hver 14. dag) målttes ikke udvaskning af betydning selv ved kraftig overskuds-vanding kort efter gødskning. De tre gødningsniveauer gav klare effekter på græssets biomassetilvækst. Det laveste niveau (100 kg N/ha) gav et mere lyst græstæppe med et mindre bladareal end de øvrige to niveauer (200 og 300 kg N/ha), som var meget ens med hensyn til udseende og til aktivt bladareal. Kvælstofindholdet i græsset steg med stigende gødskning.

Den målte kvælstofudvaskning var meget lav i forhold til værdier målt i landbruget, og fra det etablerede græs i 2001-3 var udvaskningen ligeså lav som fra naturarealer. Udvasningsniveauet faldt over de tre år, men det kan ikke udelukkes, at der senere kan ske en stigning i udvaskningen ved fortsat gødskning med 300 kg N/ha.

Udvaskning af fosfor blev alene målt fra de fuldt etablerede greens i år 2002-3. Det er derfor ikke muligt at udtale sig om udvaskningen i etableringsfasen. I måleåret var den gennemsnitlige koncentration i afdrænet vand 0,034 mg P/l i forsøgsleddet tilført 7 kg P/ha stigende til 0,055 mg P/l efter tilførsel af 22 kg P/ha. De gennemsnitlige koncentrationer lå således fra alle tre gødningsniveauer under 0,01 mg P/l, som anses for en kritisk grænse for vandkvalitet. Den målte udvaskning af fosfor fra greens i lysimetre var på niveau med eller lidt lavere end udvaskningen målt fra drænedede landbrugsjorder.

Fordampningen fra greens var kun 60-80 % af potentiel fordampning beregnet ud fra klimadata. Det vil derfor være relevant ved beregning af vandingsmængder til greens at benytte en faktor på knap 0,8 til korrektion af potentielt jordvandsunderskud.

Følgende anbefalinger for miljømæssigt forsvarlig pasning af greens kan udledes af forsøget, idet der tages forbehold for, at der kan være forskelle mellem jordtyper:

- Kvælstofgødskning ved etablering af greens bør minimeres.
- I en periode efter etablering kan tildeles op til 300 kg N/ha årligt uden risiko for betydelig kvælstofudvaskning.
- Tildeling af gødning med 14 dages intervaller er passende.
- Det afklippede græs har et højt kvælstofindhold og skal håndteres forsvarligt.
- Ved vanding af greens bør tilføres 0,8 gange potentielt jordvandsunderskud.

# 1 Baggrund for projektet

I den danske miljødebat er det ofte blevet antaget, at kvælstofudvaskningen fra de intensivt drevne golf greens må være betragtelig.

I et engelsk lysimeterstudium af næringsstofudvaskning fra plænegræsser tilført 200 kg N/ha første år og 400 kg N/ha andet år fandtes i størstedelen af perioden nitratkoncentrationer i afdræningsvandet, der lå langt under drikkevandskravet på 11,3 mg nitrat-N/l (Lawson & Colclough, 1991). I et tilsvarende norsk studium fandtes i gennemsnit af en række gødningstyper og -mængder koncentrationer af nitrat-N på mindre end 2 mg/l (Engelsjord & Singh, 1997). Der findes dog ikke forsøg med måling af kvælstof-udvaskning fra greens under danske klimaforhold.

Fosfor er et andet næringsstof, som kan forårsage algevækst og iltsvind, hvis det udledes til ferske vande. I modsætning til nitrat består den største risiko for udvaskning af fosfor i tab af partikulært bundet fosfor. Det kan specielt tabes i forbindelse med kraftig nedbør (eller vanding), hvor partikler kan transporteres i makroporer (fx regnormegange) i jorden.

En fosforkoncentration i drænvand på over 0,1 mg/l vurderes at være kritisk for vandkvalitet (Rubæk et al., 2001). Efter gødskning af greens med 11-22 kg P/ha/år fandt Lawson & Colclough (1991) middelkoncentrationer på 0-0,01 mg fosfat-P/l dog med enkeltobservationer op til 4 mg fosfat P/l. Ved tilførsel af 80 kg P/ha/år fandt Engelsjord & Singh (1997) koncentrationer i det afdrænedede vand mellem 0,11 og 10,25 mg/l total-P.

Det gennemsnitlige årlige gødskningsniveau på greens i Danmark blev i 1998 opgjort til 195 kg N/ha og 41 kg P/ha dog med stor variation fra bane til bane (DGU, 1998). Greens vandes hyppigt og græsset slås normalt hver dag og fjernes fra arealet. Greens er normalt opbygget med et drænafløb lagt nederst dækket af 10 cm filtergrus og fulgt af et 30 cm vækstlag (sandet humusjord). Øverst er der græstørv typisk med blandinger af græsarterne alm. hvene (*Agrostis capillaris*) og rødsvingel (*Festuga rubra*). Græssernes roddebynde er begrænset og når aldrig under vækstlaget.

## 1.1 Formål

Formålet med projektet var at undersøge, hvor stor udvaskningen af kvælstof og fosfor er fra golf greens med den nuværende praksis for pasning. Desuden var det målet at vurdere, om denne praksis er acceptabel, eller om den eventuelt kan forbedres. Endvidere skulle det afklares, hvor følsom udvaskningen er for kraftig nedbør eller vanding kort efter gødskning, samt om der sker en udvikling i udvaskningsniveauet med alderen af greens.

## 2 Forsøgsmetodik

### 2.1 Anlæg og pasning af 'greens' i lysimetre

Forsøget blev anlagt i et lysimeteranlæg ved Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum i Tjele. De enkelte lysimetre har et overfladeareal på 1 m x 1 m og er 1,5 m dybe. Fra bunden afdrænes jordvand, som for hvert lysimeter opsamles i en dunk placeret i en underjordisk inspektionsgang.

Fra april-oktober overdækkedes lysimeteranlægget i tilfælde af nedbør automatisk af et selvkørende tag. Den ønskede 'nedbør' kunne derefter tilføres særskilt til de enkelte lysimetre ved hjælp af et computerstyret vandingsanlæg (Figur 1).



Figur 1. Vandingsanlæg i lysimeteranlægget ved Forskningscenter Foulum.

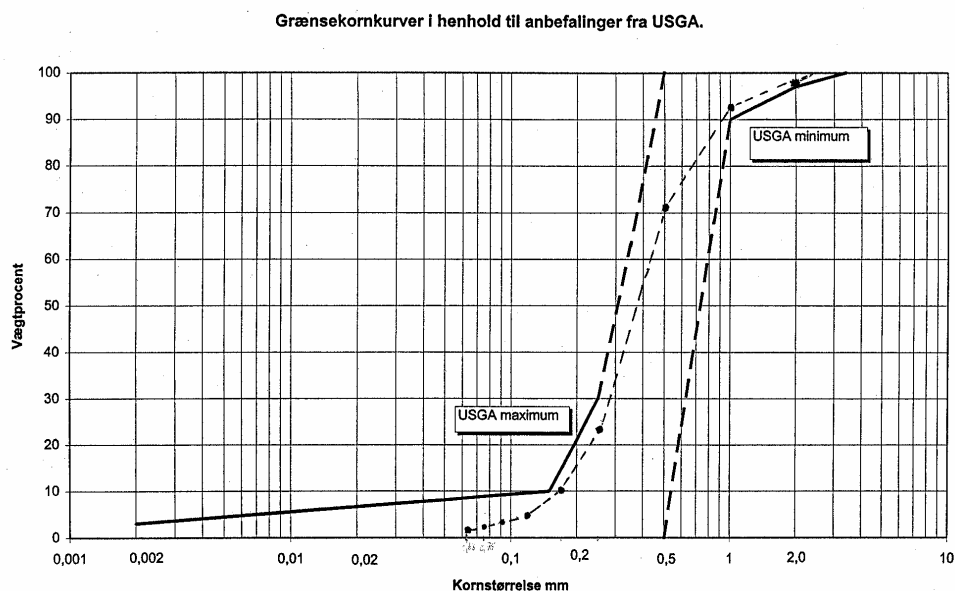
Før projektstart fyldtes 1,2 m filtergrus (0,7-1,3 mm kornstørrelse) i lysimetrene. Herover placeredes i juni 2000 et 30 cm vækstlag med en sammensætning svarende til den, der i praksis typisk anvendes ved etablering af greens. Vækstlaget blev lagt i med en tæthed på 1,4 kg/dm<sup>3</sup>. Efter grundig gennemvanding af jorden gennemførtes en analyse af vækstlagets tekstur og næringsstofindhold, se tabel 1.

Kornstørrelsesfordelingen af jorden faldt inden for de grænser for acceptabel green-jord, som er opstillet af den amerikanske golfassociation (USGA), se figur 2.

Tabel 1. Analyse af vækstlagets tekstur og næringsstofindhold før ilægning ved projektstart i juni 2000. Analyserne er udført på en tørret jordprøve.

<i>Analyse</i>	<i>Resultat</i>
Ler <2 m, %	3,1
Silt 2-20 m, %	1,4
Grovsilt 20-50 m, %	1,6
Finsand 50-63 m, %	1,6
Finsand 63-125 m, %	3,6

Finsand 125-200 m, %	6,5
Grovsand 200-500 m	56,7
Grovsand 500-2000 m, %	24,6
Humus, %	0,9
Jordbundstype (JB-nr)	1
C-indhold, %	0,52
N-indhold, %	0,05
Reaktionstal (Rt)	6,0
Kaliumtal (Kt)	2,0
Fosfortal (Pt)	2,2
Magnesiumtal (Mgt)	2,0
Kobbertal (Cut)	1,1
Mangantal (Mnt)	1,1



Figur 2. Kornstørrelsesfordeling af jorden anvendt til vækstlag i greens i lysimetre.

Lysimetrene blev tilsået d. 3-4 juli 2000 med en græsblanding til greens (Turflin fra Prodana indeholdende 3 sorter af rødsvingel ('Napoli' 25 %, 'Medina' 40 % og 'Barcrown' 20 %) samt alm. hvene ('Egmont' 15 %)). Fremspiringen var dog pletvis utilfredsstillende, og der blev eftersået 24. juli og 14. august, hvorefter en tilfredsstillende tæt grønsvær blev opnået. Der blev gødet ved såning 3. juli og igen 31. august med i alt 97 kg N/ha, 21 kg P/ha, 183 kg K/ha og 116 kg Mg/ha.

Græsset blev klippet i 3-7 cm's højde 3 gange i efterårsperioden og efterladt i lysimetrene. På baggrund af jordanalyse udtaget i november 2000 og konsultation med DGU-konsulenter blev der gødet med 3 kg P/ha, 98 kg K/ha og 101 kg Mg/ha i februar 2001 for at hæve jordtallene til de vejledende værdier for greens (Vagn Dissing, pers. medd. 2000). Da en ny analyse i april

2001 stadig viste lave jordtal tilførtes yderligere 45 kg P/ha, 153 kg K/ha og 101 kg Mg/ha.

I maj 2002 tilførtes 125 kg K/ha samt Cu, Mn og Fe.

Efter start af forsøgsbehandlinger fra 2. april 2001 er greens løbende blevet topdressed og eftersået efter behov. I sensommeren 2002 opstod der på grund af for tæt klipning og kraftig topdresning bare pletter i nogle af lysimetrene. Eftersåning virkede først ordentligt i foråret 2003. Det var tydeligt, at lysimetre med bare pletter gav anledning til forøget udvaskning, hvilket der blev taget højde for ved opgørelse af resultaterne.

## 2.2 Forsøgsled og parcellfordeling

Forsøget blev anlagt som et fuldstændigt blokforsøg med fire gentagelser af hver behandling (tabel 2). Behandlingerne randomiseredes indenfor blokke (rækker i lysimetret).

Tabel 2. Forsøgsled og parcellfordeling

<i>Forsøgsled</i>	<i>Gødskning</i>	<i>Vanding</i>	<i>Lysimeterkar nr.</i>			
<i>ed</i>	<i>ng</i>					
	<i>kg N/ha</i>					
1	100	Naturlig nedbør	20	30	40	501
			4	3	3	
2	200	Naturlig nedbør	20	30	40	506
			3	5	6	
3	300	Naturlig nedbør	20	30	40	502
			6	2	5	
4	100	Styret nedbør	20	30	40	505
			2	4	4	
5	200	Styret nedbør	20	30	40	504
			5	1	2	
6	300	Styret nedbør	20	30	40	503
			1	6	1	

## 2.3 Forsøgsbehandlinger

### 2.3.1 Gødskning

Gødningsbehandlingerne blev tilført med Arena Green Plus (N, P, K, Mg, S, Mn – 15-1-12-6-0,4) på tre niveauer: 100, 200 og 300 kg N/ha årligt (7, 15 og 22 kg P/ha). Tildelingen skete med 14 dages interval fra uge 16 til uge 40.

Efter gødskning blev græsset overbruset, hvis ikke der blev vandet, således at gødningen blev opløst og ikke risikerede at blive opsuget i forbindelse med næste græshøst.

### 2.3.2 Vanding

To vandingsbehandlinger påførtes. Den ene, 'naturlig nedbør', bestod i vanding med de nedbørsmængder, som blev registreret ved Foulum i 1999, der var et forholdsvist normalt nedbørsår. Ved den anden behandling, 'styret

nedbør', tilførtes i løbet af vækstsæsonen 10, 20 og 30 mm overskudsnedbør 1, 6 og 11 dage efter tilførsel af gødning.

Udover disse vandingsbehandlinger blev der altid vandet, når der opstod et underskud på over 10 mm beregnet ud fra potentiel fordampning. Til kontrol af, om disse beregnede tilførsler var tilstrækkelige, blev der nedsat tensiometre i fire af lysimetrene.

## **2.4 Målinger og analyser**

### *2.4.1 Jordanalyse*

Inden forsøgsperioden start blev flere gange udtaget og analyseret en samleprøve af jord fra hele forsøget. Efter afslutning af det første forsøgsår (22/4 2002) blev der udtaget en samleprøve af jorden fra hvert forsøgsled (2 stik pr. parcel) for analyse af indhold af total-N, P, K, Mg, Cu, Mn og reaktionstal. Ved afslutning af forsøget (8/4 2003) blev efter samme procedure udtaget en samleprøve pr. forsøgsled, som analyseredes for fosfor og total-N.

### *2.4.2 Græshøst*

Græsset blev i 2001 afklippet med batteridrevne håndsakse med start 18. april. Klippehøjden reduceredes i løbet af et par uger til 1-2 cm. Efter klipning blev græsset opsuget med en Partner løvsuger (se figur 3), hvorefter græsset blev sat i tørreskab ved 80°C i 24 timer og tørvægten bestemt.

Med jævne mellemrum blev græsset vertikalskåret, ligesom det er praksis på almindelige golf greens. En specialbygget, håndbåret vertikalskærer var fremstillet til formålet. Den afskårne biomasse, som primært bestod af døde blade og skud fra bunden af græsdækket, blev opsamlet, vejjet og puljet sammen med den øvrige græshøst.

Det opsamlede græs blev gemt for hvert lysimeter, og fra høstperioderne 25/4-29/6 og 3/7-26/10 2001 blev der udtaget en repræsentativ prøve for bestemmelse af indhold af sand og N.

I 2002 blev græsset afklippet med en Atco Balmoral cylinderklipper og fjernet fra lysimetrene uden bestemmelse af vægt.



Figur 3. Klipning med eldrevet håndsaks og opsugning af afklippet græs med løvsuger.

#### *2.4.3 Opsamling og analyse af drænvand*

Drænvand blev opsamlet i 25 liters dunke i underjordiske inspektionsgange (se figur 4). Temperaturen i gangene var 5-15 °C, og der var kun tændt lys i forbindelse med tømning for vand og anden inspektion. I perioden efter etablering af græsset i år 2000 og indtil start af forsøgsbehandlinger i april 2001 blev der opsamlet vand fra fire lysimetre. Herefter opsamledes vand fra alle lysimetre indtil april 2003. Ved de fastlagte udtagningstidspunkter måltes den afdrænedede vandmængde, og der blev udtaget en repræsentativ vandprøve fra dunkene ved hjælp af en lang pipette. Prøverne analyseredes for indhold af nitrat og ammonium samt ved hver anden prøvetagning for indhold af total-N. Prøver med indhold under detektionsgrænsen på 0,1 mg N/l blev ansat til en værdi på 0,02 mg/l

I 2002-3 blev det afdrænedede vand endvidere analyseret for totalt indhold af fosfor. I vandingsbehandlingen 'styret nedbør' analyseredes dog kun indtil prøvetagningen 2/8. Da fosfor kan være partikulært bundet blev dunkene før udtagning af prøve til analyse vendt på hovedet 5 gange for at opslemme evt. bundfald.





Figur 4. Underjordisk inspektionsgang med dunke til opsamling af drænvand.

#### *2.4.4 Beregning af vandbalance*

I vandbalancen for forsøget indgik følgende parametre:

Tilført vandingsvand april 2001 – september 2001 og april 2002 – september 2002.

Nedbør registreret i lysimeteranlægget i sommerperioden ved fejl på taget og før taget nåede at køre helt over lysimetrene.

Nedbør registreret i oktober 2001 – april 2002 og oktober 2002 – april 2003 ved Foulums klimastation beliggende ca. 1 km fra forsøgsarealet. Nedbør registreret i 1,5m's højde blev korrigeret til jordhøjde vha. månedlige korrektionsfaktorer som angivet af Allerup m.fl. (1998).

Afstrømning af jordvand opsamlet i dunke under hvert lysimeter. Mængden bestemtes ved vejning.

Fordampning fra græsset bestemt som en differens mellem de øvrige parametre.

#### *2.4.5 Telemåling*

Græssets vækst og kvælstofstatus blev fulgt igennem vækstperioden i år 2001 ved måling af nærinfrarød reflektans (telemåling) i alle parceller, hvorved der blev opnået et kvantitativt udtryk for mængden af klorofyl, populært sagt afgrødens grønhed. Der er normalt en direkte sammenhæng mellem målt RVI (relativt vegetations indeks) og afgrødens bladareal, men denne sammenhæng skal fastlægges i den enkelte afgrøde for at kunne benyttes kvantitativt.

Telemåling gennemførtes med 14 dages interval med ekstra målinger lagt ind omkring en udtørring til 10-15 mm, omkring klipping og mellem to gødningstidspunkter for at beskrive evt. effekter heraf. Ved måling på dage, hvor der også skulle klippes græs, gennemførtes målingen før klipping.

## 3 Resultater og diskussion

### 3.1 Jordens næringsstofindhold

I tabel 3 er vist resultaterne af de jordprøver, som er udtaget i projektet løbetid. Det ser ud til, at der er sket en stigning i jordens kaliumtal, magnesiumtal og kobbertal over perioden, mens mangantal og indhold af total-N er faldet. Der skal dog tages forbehold for, at der ikke været ressourcer til at analysere i enkeltlysometre, således at tallene kunne vurderes statistisk. I år 2002 og 2003 blev analyseret på samleprøver for hvert forsøgsled. Der var stor (2-3 gange) og usystematisk variation mellem forsøgsled, og derfor er kun gennemsnitsværdier for hele forsøget angivet i tabel 3. Ændringerne i indhold af total-N er så store, at de ikke er troværdige. Fx betyder ændringen fra 0,021% i 2002 til 0,030% i 2003 at indholdet i jorden (0-30 cm) skulle være øget med ca. 400 kg N/ha. Dette indikerer, at den tilfældige variation mellem prøver langt overstiger de faktiske ændringer.

Tabel 3. Næringsstofindhold af vækstlaget (0-30 cm's dybde) igennem projektperioden

<i>Prøvetagningsdato</i>	<i>28/6</i>	<i>3/11</i>	<i>9/4</i>	<i>22/4</i>	<i>8/4 2003</i>
	<i>2000</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	
<i>Forsøgsled</i>	-	-	-	<i>Gns af</i>	<i>Gns af</i>
				<i>1-6</i>	<i>1-6</i>
Reaktionstal (Rt)	6,0	6,0	5,5	6,3	-
Kaliumtal (Kt)	2,0	3,9	4,6	4,3	-
Fosfortal (Pt)	2,2	1,9	1,7	2,4	2,2
Magnesiumtal (Mgt)	2,0	1,9	3,8	5,1	-
Kobbertal (Cut)	1,1	1,0		1,4	-
Mangantal (Mnt)	1,1	1,4		0,7	-
C-indhold, %	0,52		0,604		-
N-indhold, %	0,050		0,035	0,021	0,030

Forsøgsled 1: 100 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 2: 200 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 3: 300 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 4: 100 kg N/ha, styret nedbør

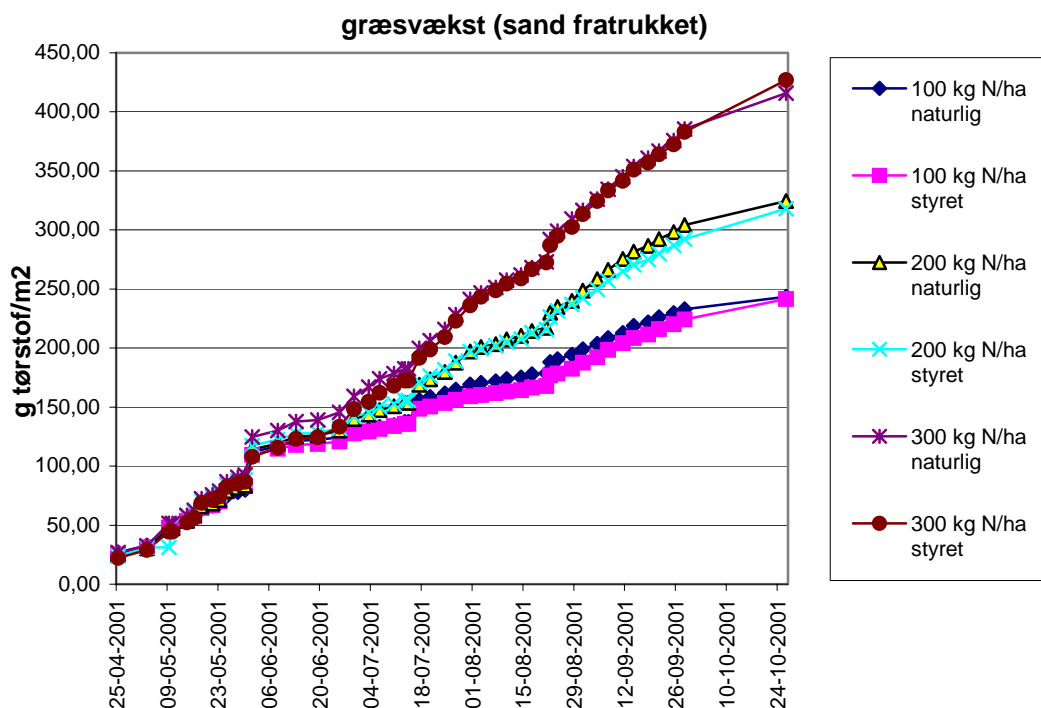
Forsøgsled 5: 200 kg N/ha, styret nedbør

Forsøgsled 6: 300 kg N/ha, styret nedbør

### 3.2 Græssets vækst og kvælstofindhold

Tilvæksten af græsset afhang meget af gødningsniveauet, mens vandingsbehandlingen ikke havde nogen særlig effekt (figur 5). Den høstede biomasse ved gødskning med 300 kg N/ha var ca. 420 g tørstof/m<sup>2</sup>, hvilket svarer til 4,2 ton tørstof/ha. Biomasse fjernet ved vertikalskæring er medregnet i værdierne, og fremgår som 'hop' i kurverne fx på datoerne 9/5 og 1/6.

Gødningsniveauet afspejledes tillige klart i græssets indhold af kvælstof, idet der var op til 1,2 procentpoint højere indhold i behandlingerne tilført 300 kg N/ha end i behandlingerne tilført 100 kg N/ha (tabel 4). Der var 0,5-1,0 procentpoint højere N-indhold i græsset i eftersommeren end i forsommeren. Ved kombination af høstet tørstof med dets N-indhold er beregnet den samlede fjernelse af kvælstof ved græshøst, der varierede fra 70 til 199 kg N/ha (se tabel 8 i afsnit 3.4).



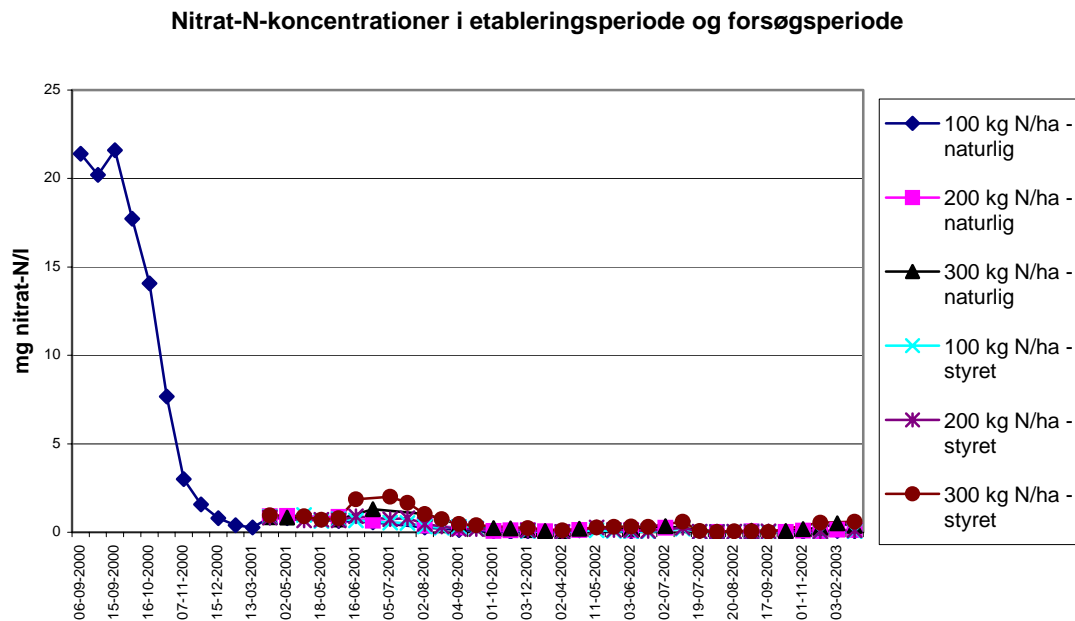
Figur 5. Akkumuleret tørvægt af afklippet græs igennem sommeren 2001. Sand opsuget med løvsugeren er fratrukket.

Tabel 4. N-indhold (% af tørstof) i græs høstet henholdsvis i forsommer og eftersommer 2001.

Forsøgsled	100 kg N/ha, naturlig (1)	200 kg N/ha, naturlig (2)	300 kg N/ha, naturlig (3)	100 kg N/ha, styret (4)	200 kg N/ha, styret (5)	300 kg N/ha, styret (6)
25/4-29/6	3,0	3,4	3,8	2,8	3,3	4,0
3/7-26/10	3,6	4,1	4,5	3,8	4,0	4,9

### 3.3 Kvælstofindhold i drænvand

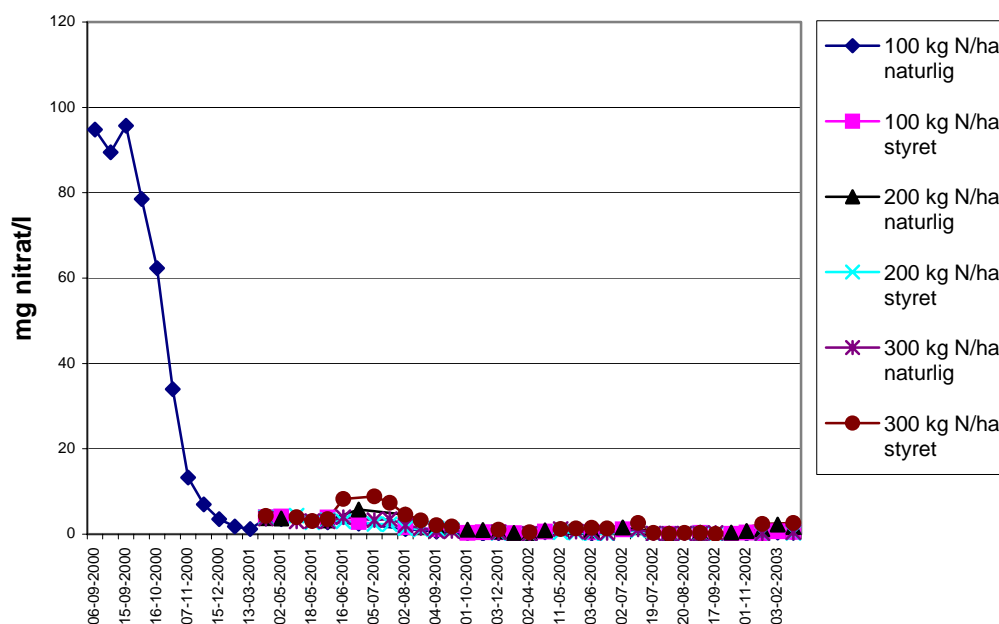
I perioden lige efter etablering af græsdækket i sommeren 2000 var der forholdsvis høje nitrat-N-koncentrationer i det afdrænedede vand (figur 6). Frem til starten af forsøgsperioden faldt koncentrationen til under 1 mg/l nitrat-N. Gødskning med forskellige mængder ifølge forsøgsplanen blev påbegyndt d. 18/4 2001. Der skete en vis koncentrationsstigning igennem sommeren 2001 og en mindre i sæsonen 2002-3.



**Figur 6. Koncentration af nitrat-N gennem græssets etableringsperiode i år 2000-2001 samt i forsøgsperioden 4/4 2001 – 2003.**

I forbindelse med vurdering af drikkevands-kvalitet angives oftest nitratindholdet i stedet for indholdet af nitrat-N. Forskellen mellem de to størrelser er en faktor 4,43, og til orientering er vist nitratværdierne i figur 7. Danmark og EU's grænseværdi for nitratindhold i drikkevand er 50 mg nitrat/l.

Nitratkoncentrationer i etablerings og forsøgsperiode

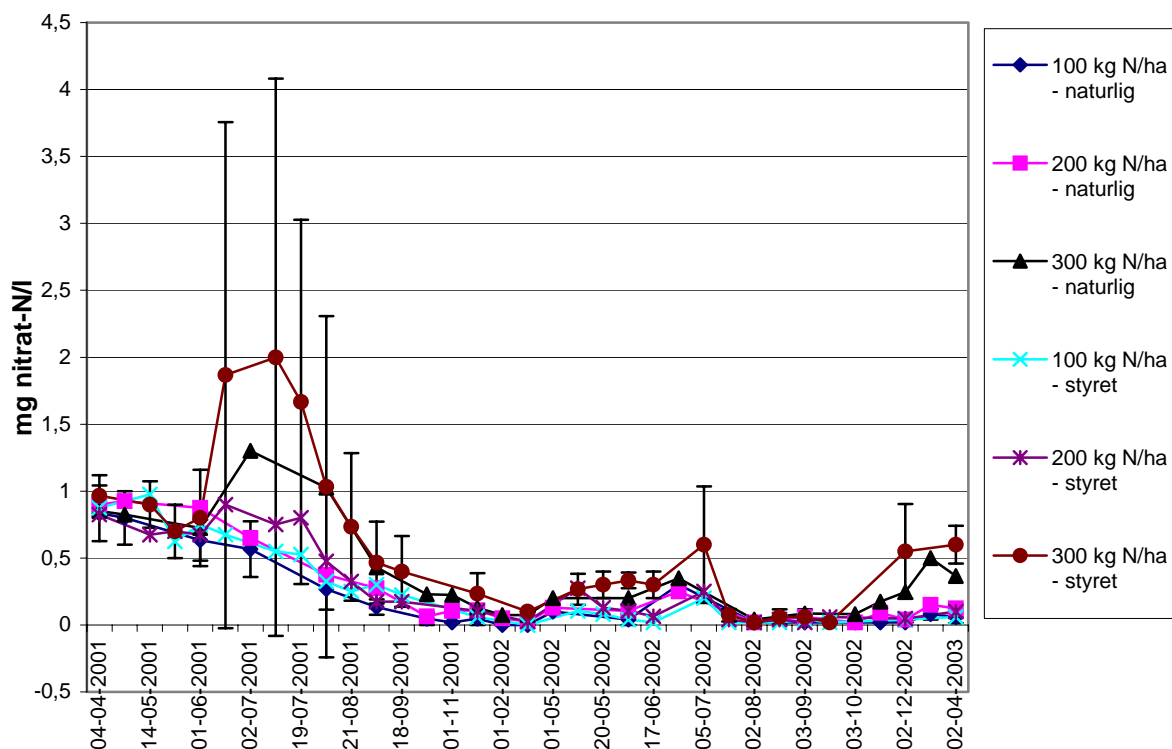


Figur 7. Koncentration af nitrat gennem græssets etableringsperiode i år 2000-2001 samt i forsøgsperioden 4/4 2001 – 2003.

Af en mere detaljeret visning af resultaterne fra forsøgsperioden fremgår det, at der var en tendens til forhøjede koncentrationer af nitrat-N ved gødskning med 300 kg N/ha midt på sommeren 2001 (figur 8). Der var dog stor variation på de forøgede værdier, og der kunne derfor ikke påvises en signifikant forskel mellem forsøgsled.

Den maksimale koncentration i forsøgsperioden var ca. 2 mg nitrat-N/l svarende til 8,9 mg nitrat/l. Afstrømningsvægtet middelværdi for hele forsøgsperioden 2001-3 var mindst i forsøgsleddet 100 kg N/ha, naturlig nedbør (0,1 mg nitrat-N/l) og højest i forsøgsleddet 300 kg N/ha, styret nedbør (0,4 mg nitrat-N/l). Til sammenligning varierede middelmiddelværdien over året i et landbrugssædskifte på en grovsandet jord ved Jyndevad Forsøgsstation fra 4,6 mg nitrat-N/l under ugødet kløvergræs til 24,4 mg nitrat-N/l under vårbyg + vinterhvede (Olsen, 1995).

### Nitrat-N-koncentrationer i forsøgsperioden



**figur 8. Koncentrationen af nitrat-N i forsøgsperioden 4/4 2001 – 2/4 2003. Standardafvigelsen på værdierne er angivet med søjler for den øverste og nederste kurve.**

I fire lysimetre opstod der huller i græsdækket i sensommeren 2002 som følge af for tæt klipning. De tre af disse, som blev gødet med 200 og 300 kg N/ha, var tydeligt afvigende fra de andre gentagelser i samme behandling og blev fjernet før opgørelse af de gennemsnitlige koncentrationer i figur 8 og af samlet udvaskning i tabel 6. Det fjerde lysimeter med huller i græsdækket var gødet med 100 kg N/ha og gav ikke anledning til afvigende resultater i forhold til gentagelserne i behandlingen. I drænvandet fra de kraftigt gødede lysimetre med huller i græsdækket blev målt nitrat-N koncentrationer på op til 7,4 mg/l.

Ud fra de målte nitrat-koncentrationer og de målte afstrømningsmængder igennem sæsonen blev den samlede kvælstofudvaskning for hele forsøgsåret beregnet (tabel 5-6). Udvasningen af nitrat-N var i år 2001-2 i gennemsnit 2,0 kg nitrat-N/ha varierende fra 1,1 kg/ha i forsøgsleddet 100 kg N/ha, naturlig nedbør til 3,9 kg/ha i forsøgsleddet 300 kg N/ha, styret nedbør. I 2002-3 udvaskedes i gennemsnit halvt så meget nitrat med tilsvarende effekter af gødningsniveau, som året før (tabel 6).

Ved hver anden prøvetagning blev drænvandet også analyseret for indhold af total-N, hvilket inkluderer alle N-former, såsom ammonium-N og organisk bundet N. Ammonium-N blev analyseret særskilt i en del af forsøgsperioden, men indholdet var aldrig over 0,04 mg ammonium-N/l og var ofte under

detektionsgrænsen på 0,02 mg/l. Derimod var det totale N-indhold i drænvandet betydeligt højere end indholdet af nitrat-N, hvilket formodentlig skyldtes forekomst af forskellige organiske forbindelser afgivet fra græs og mikroorganismer i jorden. Den akkumulerede udvaskning af total-N (beregnet ved interpolation mellem de datoer, hvor total-N blev målt) varierede i pr 2001-2 fra 9,8 kg total-N/ha til 12,0 kg total-N/ha (tabel 5), mens udvaskningen af total-N i 2002-3 varierede fra 5,3 til 7,9 kg/ha (tabel 6).

Tabel 5. Total udvaskning af nitrat-N og total-N for perioden 4/4 2001 – 2/4 2002. +/- standardafvigelsen er angivet.

<i>Forsøgsled</i>	<i>Kg nitrat-N/ha</i>	<i>Kg total-N/ha</i>
1, 100 kg N/ha, naturlig nedbør	1,11 +/- 0,36	10,04 +/- 0,39
2, 200 kg N/ha, naturlig nedbør	1,50 +/- 0,37	10,05 +/- 0,61
3, 300 kg N/ha, naturlig nedbør	2,68 +/- 0,57	11,82 +/- 0,76
4, 100 kg N/ha, styret	1,52 +/- 0,49	9,83 +/- 0,95
5, 200 kg N/ha, styret	1,81 +/- 0,88	10,36 +/- 1,19
6, 300 kg N/ha, styret	3,68 +/- 2,61	12,03 +/- 3,15
Gennemsnit	2,02 +/- 1,25	10,66 +/- 1,49

Tabel 6. Total udvaskning af nitrat-N og total-N for perioden 3/4 2002 – 2/4 2003. +/- standardafvigelsen er angivet.

<i>Forsøgsled</i>	<i>Kg nitrat-N/ha</i>	<i>Kg total-N/ha</i>
1, 100 kg N/ha, naturlig nedbør	0,49 +/- 0,04	5,32 +/- 0,88
2, 200 kg N/ha, naturlig nedbør	0,64 +/- 0,18	6,26 +/- 0,34
3, 300 kg N/ha, naturlig nedbør	1,57 +/- 1,23	7,00 +/- 1,40
4, 100 kg N/ha, styret	0,32 +/- 0,13	5,41 +/- 0,74
5, 200 kg N/ha, styret	0,44 +/- 0,10	6,10 +/- 0,37
6, 300 kg N/ha, styret	2,42 +/- 0,98	7,91 +/- 1,18
Gennemsnit	0,98 +/- 0,44	6,33 +/- 0,82

I forsøget indgik bevidst overvanding i den styrede vandingsbehandling, idet der tilførtes 10, 20 og 30 mm vand til mættet jord forskellige tidsrum efter tilførsel af gødning

(henholdsvis 8, 16 og 23 kg N/ha i de tre behandlinger). Resultaterne heraf er summeret i tabel 7-10. Det fremgår, at stigende mængde overskudsnedbør gav anledning til stigende udvaskning i år 2001 (tabel 7). En tredobling af overskudsnedbøren gav dog anledning til mindre end en fordobling af udvaskningen. Ved 10 mm overskudsnedbør blev udvasket en

mængde nitrat-N svarende til 0,9 % af den nyligt tilførte gødningsmængde. Ved 30 mm overskudsnedbør steg den udvaskede mængde nitrat-N til 1,6 % af nylig tilført gødning. Udvaskningen ved overskudsvanding var mindre i år 2002 (tabel 8). På grund af høj nitratkoncentration i drænvandet i starten af juli (se figur 8) efter tilførsel af 10 mm overskudsvand var det denne behandling, som gav anledning til størst udvaskning.

Der var ikke væsentlig forskel i udvasket mængde nitrat-N ved 1 og 6 dages afstand mellem gødningstidspunkt og vanding med overskud (tabel 9 og 10). Den større udvaskning 6 dage efter tilførsel i 2002 skyldes igen den forøgede koncentration i starten af juli. Ved 11 dages afstand skete der til gengæld en reduktion af den udvaskede kvælstofmængde med ca. en faktor 2 i 2001 og en faktor 4 i 2002. Efter 11 dage havde græsset sandsynligvis optaget størsteparten af den tilførte gødning.

Ved 100 kg N/ha årligt (8 kg N pr. gødskning) blev der i gennemsnit af alle behandlinger udvasket 1,6 % af den nyligt tilførte gødning som nitrat-N i år 2001. Ved overskudsvanding i behandlingen 200 kg N/ha udvaskedes i gennemsnit 0,9 % og ved 300 kg N/ha udvaskedes 1,3 % af den nyligt tilførte gødning i år 2001 (tabel 9).

Tabel 7. Effekt af vandmængde tilført som overskud efter gødskning (gns. af vanding 1-11 dage efter gødskning) på udvaskningen af nitrat-N (kg/ha) i år 2001.

Vand- mængde	200			Gennemsnit
	100 kg N/ha	200 kg N/ha	300 kg N/ha	
10 mm	0,078	0,099	0,238	0,138
20 mm	0,143	0,158	0,279	0,193
30 mm	0,150	0,193	0,408	0,250



Tabel 8. Effekt af vandmængde tilført som overskud efter gødskning (gns. af vanding 1-11 dage efter gødskning) på udvaskningen af nitrat-N (kg/ha) i år 2002.

<i>Vand- mængde</i>	<i>100 kg N/ha</i>	<i>200 kg N/ha</i>	<i>300 kg N/ha</i>	<i>Gennemsnit</i>
10 mm	0,032	0,045	0,104	0,060
20 mm	0,011	0,019	0,054	0,028
30 mm	0,008	0,020	0,046	0,025

Tabel 9. Effekt af tidsrum mellem gødskning og vanding (gns. af vanding med 10-30 mm) på udvaskningen af nitrat-N (kg/ha) i år 2001.

<i>Tidsrum</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>Gennemsnit</i>
<i>før</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	
<i>vanding</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/ha</i>	<i>Gennemsnit</i>
1 dag	0,170	0,199	0,343	0,237
6 dage	0,118	0,181	0,415	0,238
11 dage	0,083	0,069	0,168	0,107
Gennems nit	0,124	0,150	0,309	0,194

Tabel 10. Effekt af tidsrum mellem gødskning og vanding (gns. af vanding med 10-30 mm) på udvaskningen af nitrat-N (kg/ha) i år 2002.

<i>Tidsrum</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>Gennemsnit</i>
<i>før</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	
<i>vanding</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/ha</i>	<i>Gennemsnit</i>
1 dag	0,010	0,028	0,092	0,043
6 dage	0,032	0,042	0,099	0,058
11 dage	0,009	0,014	0,013	0,012
Gennems nit	0,017	0,028	0,068	0,038

### 3.4 Samlet kvælstof-balance

For år 2001, hvor det høstede græs blev vejret og analyseret for kvælstofindhold, kan opstilles en kvælstofbalance. I tabel 8 er angivet de kendte poster i en kvælstofbalance for forsøgsbehandlingerne samt den uforklarede rest. De størrelser, som ikke er kvantificeret i forsøgsperioden, er: Ændring i jordpuljen (jordanalyserne er ikke præcise nok til at kvantificere denne post), ændring i græstæppets indhold, denitrifikation samt deposition fra atmosfæren. Den uforklarede rest af kvælstof steg ved stigende gødskning, hvilket kan hænge sammen med stigende ophobning i græstæppet og stigende denitrifikation.

**Tabel 11. kvælstof-balance april 2001 - april 2002 (kg/ha).**

Forsøgsled	1	2	3	4	5	6
Gødning	100	200	300	100	200	300
I vandingsvand	5	5	5	6	6	6
Høstet i græs	-81	-	-	-70	-	-
Udvasket total-N	-10	-10	-12	-10	-10	-12
Uforklaret	14	65	94	26	75	112

Forsøgsled 1: 100 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 2: 200 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 3: 300 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 4: 100 kg N/ha, styret nedbør

Forsøgsled 5: 200 kg N/ha, styret nedbør

Forsøgsled 6: 300 kg N/ha, styret nedbør

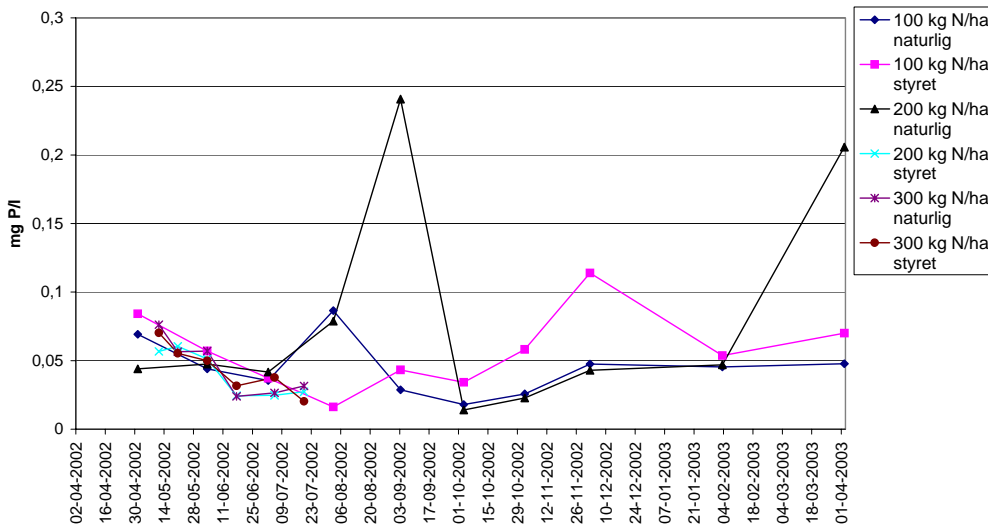
### 3.5 Fosforindhold i drænvand

Det totale indhold af fosfor i det afdrænedede vand fra lysimetrene blev analyseret i år 2002-3. I forsøgsled med styret vanding analyseredes fosforindholdet dog kun indtil 2/8 2002. I en stor del af året lå koncentrationen af fosfor omkring 0,05 mg P/l (figur 9). Men fra september og frem målt enkelte betydeligt højere koncentrationer. Den gennemsnitlige koncentration i forsøgsled 3 ved prøvetagning d. 3. september på 0,24 mg P/l dækker således over en koncentration i en gentagelse på 0,82 mg P/l, mens den i de øvrige tre gentagelser var mindre end 0,09 mg/l. De høje koncentrationer blev ikke målt i lysimetre med dårlig græsdækning og kunne heller ikke relateres til kraftig vanding eller nedbør.

Den samlede udvaskning over året var på 290 g P/ha i forsøgsleddet tilført 7 kg P/ha stigende til 450 g P/ha efter tilførsel af 22 kg P/ha (tabel 12). Det svarer til gennemsnitlige koncentrationer over året fra 0,034 mg P/l til 0,055 mg P/l i det afdrænedede vand.

Da der ikke blev målt fosforfjernelse med det afklippede græs, kan der ikke opstilles en egentlig fosforbalance. De ovennævnte tab udgjorde 2,0 % af gødningstilførslen i det aktuelle år ved højeste gødningsniveau og 3,9 % ved det laveste gødningsniveau.

P-koncentration i 2002-3



Figur 9. Koncentration af fosfor (total-P) i år 2002-2003.

Tabel 12. Total udvaskning og gns. koncentration af total-P for perioden 3/4 2002 – 2/4 2003. +/- standardafvigelsen er angivet.

<i>Forsøgsled</i>	<i>Kg total-P/ha</i>	<i>mg total-P/l</i>	
1, 100 kg N/ha, naturlig nedbør	0,29 +/- 0,08	0,034 +/- 0,010	
2, 200 kg N/ha, naturlig nedbør	0,36 +/- 0,14	0,048 +/- 0,019	
3, 300 kg N/ha, naturlig nedbør	0,45 +/- 0,15	0,055 +/- 0,019	
Gennemsnit	0,37 +/-	0,046 +/-	Ved overvanding i den styrede vandingsbehandling med 10, 20 og 30 mm vand til mættet jord forskellige

tidsrum efter tilførsel af gødning blev der målt fosforudvaskning for denne enkelthændelse (tabel 13-14). Der fandtes ikke nogen klar sammenhæng mellem mængde overskudsvandning og fosforudvaskning (tabel 13). Der var en tendens til lidt større udvaskning ved overskudsvandning dagen efter gødskning, end når der blev vandet 6 dage efter gødskning (tabel 14).

Tabel 13. Effekt af vandmængde tilført som overskud efter gødskning (gns. af vandning 1-6 dage efter gødskning) på udvaskningen af total-P (kg/ha) i år 2002.

<i>Vandmængde</i>	<i>7 kg P/ha</i>	<i>15 kg P/ha</i>	<i>22 kg P/ha</i>	<i>Gennemsnit</i>
10 mm	0,008	0,009	0,011	0,010
20 mm	0,013	0,015	0,012	0,013
30 mm	0,010	0,010	0,013	0,011
Gennemsnit	0,010	0,011	0,012	0,011

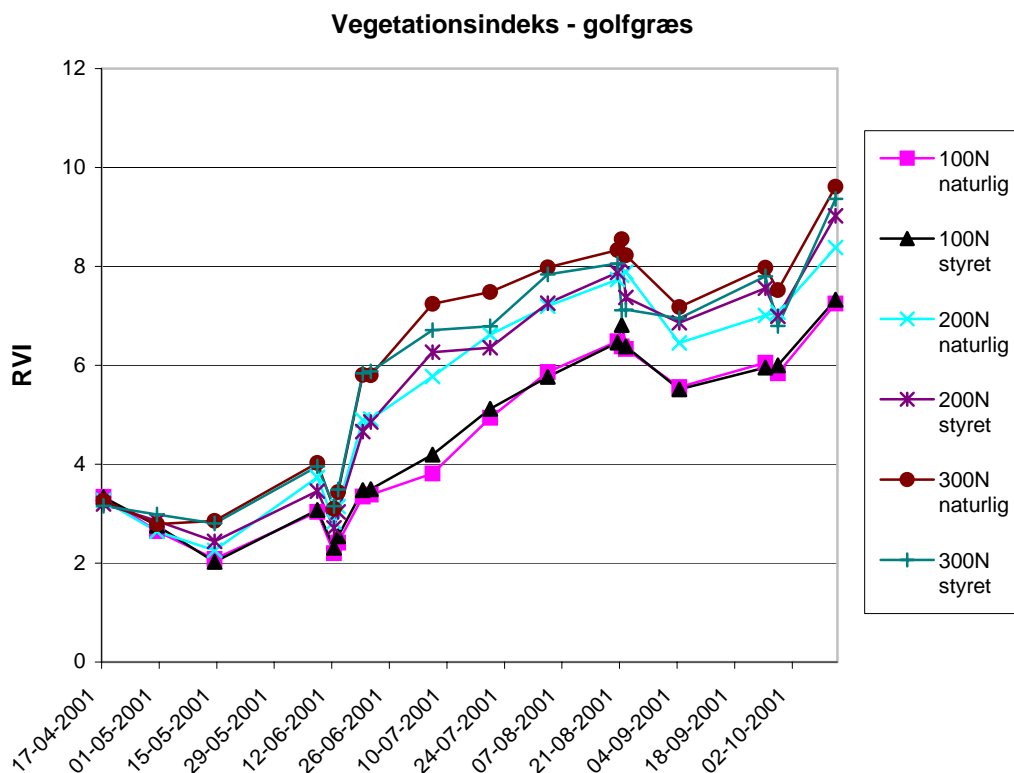
Tabel 14. Effekt af tidsrum mellem gødskning og vanding (gns. af vanding med 10-30 mm) på udvaskningen af total-P (kg/ha) i år 2002.

Tidsrum	15			
før	7 kg	kg	22 kg	
vanding	P/ha	P/ha	P/ha	Gennemsnit
1 dag	0,012	0,013	0,012	0,012
6 dage	0,008	0,010	0,011	0,010

### 3.6 Telemåling

Måling af det Relative Vegetations Indeks (RVI) viste lave værdier i forsommeren indtil midt i juni 2001 (figur 10). I starten af juni blev klippehøjden øget, og der blev topdresset omhyggeligt, for at forbedre græsvæksten. Dette lykkedes visuelt bedømt, men fremgår også af RVI-målingerne. Der var en klar effekt af gødningsniveauerne på RVI, men sidst på sæsonen var der kun ringe forskel på værdierne ved behandlingerne 200 og 300 kg N/ha. Dette svarer igen til den visuelle vurdering af lysimetrene, idet kun behandlingen 100 kg N/ha tydeligt skilte sig ud som lysere end de øvrige.

Det var derimod ikke muligt at udlede nogen klare effekter af vandingsbehandlingerne. Heller ikke ud fra de hyppige målinger kan der tolkes klare effekter af gødskning eller udtørring til 10-15 mm's jordvandsunderskud. Det kraftige fald i kurverne 12-13/6 kan ikke umiddelbart forklares, mens faldet fra d. 21 til d. 22/8 kan forklares med en vertikalskæring.



Figur 10. Relativt Vegetations Indeks gennem sommeren 2001 for golfgreens i lysimeteranlæg.

### 3.7 Vandbalance

I tabel 15 og 16 er anført elementerne til vandbalancen i de to forsøgsår. De målte afstrømningsværdier blev benyttet til beregning af udvaskningen af kvælstof og fosfor over året (tabel 5-14). Den beregnede fordampning er lav i forhold til den potentielle fordampning fra en græsafgrøde (Makkink-beregning), som var på 469 mm i år 2001-2 og 592 mm i år 2002-3.

Tabel 15. Vandbalance (mm) for perioden 4/4 2001 til 2/4 2002.

Forsøgs- -led	Vandin- g	Nedbør		Afstr.		Afstrømnin- g i alt		Fordamp- ning
		april- septembe- r	Nedbør oktober -april	Total tilfør t	april- septembe- r	Afstr. oktober -april		
				110				
1	532	55	519	6	271	565	836	270
				110				
2	532	55	519	6	266	486	752	354
				110				
3	532	55	519	6	274	531	805	301
				115				
4	576	55	519	0	297	528	825	325
				115				
5	576	55	519	0	294	477	771	379
				115				
6	576	55	519	0	307	467	774	376

Tabel 16. Vandbalance (mm) for perioden 3/4 2002 til 2/4 2003.

Forsøgs- -led	Vanding + nedbør april- september	Nedbør oktober -april	Total		Afstr.		Afstrømnin- g i alt	Fordamp- ning
			tilfør t	april- septembe- r	Afstr. oktober -april			
1	664	353	1017	343	333	676	341	
2	664	353	1017	329	321	650	367	
3	664	353	1017	315	319	635	382	
4	641	353	994	315	320	636	358	
5	641	353	994	316	329	645	349	
6	641	353	994	309	333	642	352	

Forsøgsled 1: 100 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 2: 200 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 3: 300 kg N/ha, naturlig nedbør

Forsøgsled 4: 100 kg N/ha, styret nedbør

Forsøgsled 5: 200 kg N/ha, styret nedbør

Forsøgsled 6: 300 kg N/ha, styret nedbør

Fordampningen fra en afgrøde afhænger af dens vandforsyning, idet tørke vil medføre en reduceret fordampning. Afgrøden var dog hele tiden velforsynet med vand. Den anden afgørende parameter er afgrødens bladareal, der må

forventes at have været lavt i den kortklippede afgrøde. RVI-værdierne på 2-4 tidligt på sommeren 2001 (figur 10) svarer i andre afgrøder til et bladareal på 0,1-0,5, mens RVI-værdierne på 6-8 senere på sommeren normalt svarer til et bladareal på mellem 1 og 2. Det er sandsynligt, at det lave bladareal kombineret med topdresning med sand, som mindsker overfladefordampning fra jorden, var årsag til den lave fordampning fra forsøgsgrøns.

Den beregnede fordampningen var større efter gødskning med 200 og 300 kg N/ha end efter gødskning med 100 kg N/ha (dog ikke ved styret vanding 2002-3). Det skyldes sandsynligvis, at lav gødskning giver et reduceret aktivt bladareal, således som det fremgår af RVI-målingerne i figur 10.

## 4 Sammenfattende diskussion

I efteråret efter etablering af græs i lysimetrene målt koncentrationer af nitrat-N på over 20 mg/l, hvilket næsten er det dobbelte af grænseværdien for drikkevand. Det skyldes sandsynligvis en stor mineralisering ved ilægning af forsøgsjorden samt en efterfølgende periode, hvor græsset endnu ikke var fuldt etableret. Udvaskningsforløbet er meget lig det forløb, som i landbruget kan ses i samme periode af efteråret fra en græsafgrøde, der er blevet sået som udlæg i vårbyg (Olesen, 1995). Lawson & Colclough (1991) målte op til 400 mg nitrat-N/l i perioden lige efter etablering af greens. Fra landbruget er det kendt, at der næsten altid sker en mineralisering ved jordbehandling og dermed er risiko for udvaskning i en nysået afgrøde. Det vil derfor være svært at reducere udvaskningen i etableringsfasen. Hvis N-gødskningen ved såning kan reduceres uden at forringe græssets etablering, vil det dog kunne minimere udvaskningsrisikoen.

I løbet af vinteren 2000-2001 faldt koncentrationsniveauet til under 1 mg nitrat-N/l, hvor det blev i det meste af forsøgsperioden 2001-3 med forskellige gødningsniveauer. Det er meget lave koncentrationer sammenlignet med værdier fra landbrugssædskifter (Olsen, 1995), men også ligeså lavt eller lavere end værdier målt på hedearealer og på brakarealer med vedvarende græs (Magid m.fl., 1994). Også fra skov er der ofte blevet målt højere nitratkoncentrationer end målt i de etablerede greens (Gundersen m. fl., 2002).

De målte værdier af nitrat-N lå i den lave ende af de værdier, som er fundet i engelske (Lawson & Colclough, 1991), norske (Engelsjord & Singh, 1997) og amerikanske (Johnston & Golob, 2003) undersøgelser af greens. I disse undersøgelser fandtes en betydelig effekt af jordtype på udvaskningen, hvilket i nogle tilfælde gav anledning til betydeligt højere koncentrationer end målt i nærværende undersøgelse. Engelsjord & Singh (1997) fandt også betydeligt mindre udvaskning ved gødskning med 14 dages interval end ved gødskning månedligt.

Den samlede årlige udvaskning i forsøgsperioden var på 0,3-4 kg nitrat-N/ha, hvilket er meget lavere end fra landbrugsarealer (Olsen, 1995). Simmelsgaard (1998) udviklede en model på basis af et stort antal målinger af nitratudvaskning i landbruget. Denne model er benyttet til beregning af udvaskningen fra en række afgrøder på sandet jord (tabel 17). Årlig udvaskning beregnedes til mellem 26 og 110 kg N/ha ved et gennemsnitligt gødningsniveau på 168 kg N/ha. De her citerede undersøgelser har alene fokuseret på nitratudvaskning og ikke på udvaskning af total-N. Udvasningen af total-N fra greens var 8-9 kg N/ha større end nitratudvaskningen i år 2001-2 og 5-6 kg N/ha større i år 2002-3.

Tabel 17. Beregnet årlig nitratudvaskning på sandjord (5% ler). Data fra 22 marker i 6-20 år (Simmelsgaard, 1998). Gødsning 168 kg N/ha, hvoraf 58 kg N/ha antages tilført som husdyrgødning. Årlig afstrømning 403 mm.

Sommer afgrøde	Vinter afgrøde	Nitratudvaskning Gns. (kg N/ha)
Græs <sup>1</sup>	Græs	26
Byg <sup>2</sup>	Græs	36
Græs	Vinterkorn	56
Roer	Bar jord	59
Korn	Vinterkorn	71
Korn	Efterafgrøde	71
	e	
Korn	Bar jord	106
Raps ell.	Vinterkorn	110
<u>Ærter</u>		

<sup>1</sup>Græs, kløvergræs og frøgræs

<sup>2</sup>Med græsudlæg

I enkelte lysimetre, hvor der opstod huller i græsdækket, målt en væsentligt forøget udvaskning indtil der var etableret nyt græs. Der var tale om manglende græs på 15-25% af arealet. De målte koncentrationer var stadig under grænseværdierne for nitratindhold i drikkevand. Den forøgede udvaskning ved manglende græs fandt ikke sted ved det laveste gødningsniveau på 100 kg N/ha. Det må derfor konkluderes, at systemet er ganske robust, idet der skal opstå meget store græsfri partier og gives store gødningsmængder, før der udvaskes nitrat af betydning for drikkevandskvaliteten.

Ved længere tids dyrkning af græs kan der ske en vis stigning i nitratudvaskningen som følge af et stigende indhold af organisk bundet kvælstof i jorden (Eriksen & Vinther, 2002). Tabel 11 viser, at en betydelig del af den tilførte gødning ved de høje gødningsniveauer hverken blev høstet eller udvasket. Det er således sandsynligt, at en del af denne uforklarede rest blev opbygget i græstæppet og/eller i jorden (selvom det ikke kunne påvises ved analyse af jorden). Denne opbygning vil ikke nødvendigvis kunne fortsætte lige effektivt i mange år.

Udover den hyppige gødsning med små mængder gødning er en væsentlig årsag til de lave nitratkoncentrationer, at græsset høstede ofte og blev fjernet fra arealet. Af den samlede kvælstofbalance (tabel 11) fremgår det, at hovedparten af den tilførte gødning fjernedes med græsset. For at sikre lave kvælstoftab for golfbaner som helhed er det derfor væsentligt, at det afklippede græs fra greens håndteres forsvarligt efter høst.

Den beregnede fordampning fra greens var betydeligt lavere end potentiel fordampning beregnet ud fra klimadata, hvilket hænger sammen med det



lave bladareal i den kortklippede afgrøde. Forholdet mellem aktuel fordampning i de forskellige behandlinger og potentiel fordampning var 0,6-0,8 i 2001-2 og ca. 0,6 i år 2002-3. Det vil derfor være relevant at anbefale, at vanding af greens begrænses til 0,7-0,8 gange potentielt fordampningsunderskud.

Overskudsvanding medførte nogen nitratudvaskning, men selvom der blev vandet med op til 30 mm kort efter gødsning, blev der maksimalt udvasket 3 % af den nyligt tilførte gødning. Ved overskudsvanding 11 dage efter gødsning var udvaskningen mindre end ved vanding 1 og 6 dage efter gødsning, formodentlig fordi den tilførte gødning var blevet omsat. Den benyttede gødningsstrategi med tilførsel hver 14. dag ser således ud til at have givet en god gødningstilgængelighed for græsset uden at forårsage nævneværdig risiko for udvaskning af kvælstof. Andre undersøgelser har vist øget risiko for udvaskning ved månedlig tildeling af gødning i forhold til hver 14. dag (Engelsjord & Singh, 1997).

Udvaskning af fosfor blev alene målt fra de fuldt etablerede greens i år 2002-3. Det er derfor ikke muligt at udtale sig om udvaskningen i etableringsfasen. I måleåret var den gennemsnitlige koncentration i afdrænet vand 0,034 mg P/l i forsøgsleddet tilført 7 kg P/ha stigende til 0,055 mg P/l efter tilførsel af 22 kg P/ha. De gennemsnitlige koncentrationer lå således fra alle tre gødningsniveauer under den koncentration på 0,01 mg P/l, som anses for kritisk for vandkvaliteten (Rubæk et al., 2001). Som det er typisk for fosfor målt enkelte betydeligt højere koncentrationer (max 0,82 mg P/l), hvilket skyldes at transport af fosfor i høj grad sker ved enkelthændelser af partikeltransport i makroporer (Jacobsen & Kronvang, 2000). Total fosforudvaskning over et år var 290-450 g P/ha.

Den målte fosforudvaskning fra greens var på niveau med engelske resultater efter årlig tilførsel af 11-22 kg P/ha (Lawson & Colclough, 1991), men betydeligt under norske resultater efter tilførsel af 80 kg P/ha (Engelsjord & Singh, 1997). I sidstnævnte forsøg blev den kritiske værdi for vandkvalitet langt overskredet. I vores forsøg fandtes stigende fosfortab ved stigende tilførsel, og tilførsler over de i forsøget anvendte vil således næppe være tilrådelige.

I drænvand fra landbrugsjorder i det såkaldte landovervågningsprogram er målt gennemsnitlige koncentrationer af total-P på 0,031 til 0,071 over perioden 1990-2001 (Grant m.fl., 2002). Det svarede til totale tab på mellem 360 og 510 g P/ha/år. Den anvendte måleprocedure i landovervågningsprogrammet baserer sig på stikprøvetagning, hvorved kortvarig udvaskning af partikulært bundet P næppe bliver tilstrækkeligt repræsenteret. Det vurderes derfor, at ovennævnte totaltab og koncentrationer af P fra landbrugsjorder er underestimeret med mellem 0 og 48 % (Grant m.fl., 2002).

Den målte udvaskning af P fra greens i lysimetre (integrerer over alle udvaskningsprocesser) var således på niveau med eller lidt lavere end udvaskningen fra drænedede landbrugsjorder i landovervågningsprogrammet.

## 5 Referencer

Allerup, P., Madsen, H. & Vejen, F., 1998. Standardværdier (1961-1990) af nedbørskorrektion. DMI Technical Report 98-10.

Dansk Golf Union, 1998. Gødningsforbrug på danske golfbaner. 34 pp.

Engelsjord, M. E. & Singh, B. R., 1997. Effects of slow-release fertilizers on growth and on uptake and leaching of nutrients in Kentucky bluegrass turfs established on sand-based root zones. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 433-444.

Eriksen, J. & Vinther, F.P., 2002. Nitrate leaching in grazed grasslands of different composition and age. *Grassland Science in Europe* 7, 682-683.

Grant, R. Blicher-Mathiesen, G., Andersden, H.E., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P., 2002. Landovervågningsoplande 2001. NOVA 2003. Faglig rapport fra DMU nr. 420, 126 pp.

Gundersen, P., Hansen, K., Bastrup-Birk, A., Schmidt, I. K., Pedersen, L. B., Callesen, I., Vesterdal, L. & Rasmussen, K. R., 2002. Nitrat i vand under skove. Natur- og Miljøforskningskonference, 29-30.

Jacobsen, O.H. & Kronvang, B., 2000. Tab af fosfor fra landbrugsjord. DJF Rapport, Markbrug nr. 34, 96 pp.

Johnston, W.J. & Golob, C.T., 2003. Measuring nitrogen loss from a floating green. *Green Section Record*, marts-april 2003, 22-25.

Lawson, D.M. & Colclough, 1991. Fertiliser nitrogen, phosphorous and potassium leaching from fine turf growing on three different rootzone materials. *The Journal of The Sports Turf Research Institute*, 67, 145-152.

Magid, J., Christiansen, N. & Skop, E., 1994. Vegetation effects on soil solution composition and evapotranspiration – potential impacts of set-aside policies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 49, 267-278.

Olsen, P., 1995. Nitratudvaskning fra landbrugsjorde i relation til dyrkning, klima og jord. SP Rapport nr. 15, 86pp.

Rubæk, G.H., Djurhuus, J., Heckrath, G., Olesen, S.E. & Østergård, H.S., 2001. Fosformætning og nedvaskning af fosfor i dansk landbrugsjord. *JordbrugsForskning* 5 (2), 3-4.

Simmelsgaard, S.E., 1998. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soils. *Soil Use and Management*, 14, 30-36.