

# Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne: Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



**Miljø- og Fødevareministeriet**  
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond  
for Udvikling af Landdistrikterne

**LDP 2020**



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne

## Stigende mængder kvælstof

> LEIF KNUDSEN, SEGES

### Forsøg med stigende mængder kvælstof

Fastsættelse af det optimale kvælstofniveau på markniveau har stor betydning for det økonomiske resultat i marken. Kvælstof er den dyreste dyrkningsfaktor ved dyrkning af korn og raps, og samtidig påvirkes udbyttet meget ved store afvigelser fra den optimale kvælstofmængde. I perioden 1999 til 2016 har der været en politisk bestemt undergødskning, så landmanden har været tvunget til at tildele mindre kvælstof end afgrødernes behov. I 2017 er denne tvungne undergødskning afskaffet. Forsøgene i 2017 kan i en vis grad fortsat være påvirket af undergødskning i årene forud, fordi eftervirkningen af kvælstof i handelsgødning er mindre end ved optimal gødskning.

Afgrødernes kvælstofbehov defineres her som den økonomisk optimale kvælstofmængde, eller netop den kvælstofmængde, hvor værdien af merudbyttet og eventuelt værdien af stigningen i protein er lig med omkostningen til det ekstra kg kvælstof.

Bestemmelse af afgrødernes behov for kvælstof bygger på forsøg med stigende kvælstofmængder. Også i 2017 er der gennemført mange forsøg til bestemmelse af kvælstofbehovet i forskellige afgrøder. I forsøgene foretages en række målinger og registreringer for at karakterisere forsøgsarealet, så resultaterne bedre kan generaliseres, og anvendes til at forbedre fastsættelsen af kvælstofbehovet på markniveau.

Der er stor variation i kvælstofbehovet mellem forsøgene. Derfor skal man være forsigtig med at drage konklusioner om en afgrødes normale kvælstofbehov ud fra gennemsnitsresultater af forsøgsserier med mindre end cirka ti forsøg. Senere i afsnittet er der i tabel 6 en oversigt over resultaterne af de seneste ti års forsøg med stigende kvælstofmængder i forskellige afgrøder, opdelt efter forfrugt og jordtype. Tabellen kan bruges til at vurdere kvælstofbehovet og udbyttekurven i den enkelte

mark. I et senere afsnit er omtalt metoder til at fastlægge kvælstofbehovet på markniveau.

I mange af forsøgene med stigende mængder kvælstof indgår tillige forskellige strategier for kvælstoftilførsel og/eller afprøvning af handelsgødningstyper eller husdyrgødning. Disse forsøgsløse omtales ikke i afsnittet om stigende mængder kvælstof, men i selvstændige afsnit.

Stort set alle forsøg med stigende mængder kvælstof er etårige. Forsøgsarealet er derfor i årene forud gødet som den omgivende mark. Derfor kan resultaterne ikke bruges som udtryk for, hvad det på langt sigt koster at reducere kvælstofmængden. Siden 2015 har der i enkelte forsøg været installeret sugeceller til bestemmelse af kvælstofudvaskningen ved tilførsel af stigende kvælstofmængder. Udbytteresultater indgår i opgørelsen af forsøgene med bestemmelse af kvælstofbehov, mens effekten på kvælstofudvaskning fremgår af et separat afsnit.

Som gennemsnit af de seneste ti års priser ligger bytteforholdet mellem kvælstof og korn på mellem 5 og 6, men det har svinget meget i de senere år. I 2017 er bytteforholdet mellem korn og kvælstof, at der skal 6,1 kg korn til at betale 1 kg kvælstof.

### Stor betydning af værdien af protein

Proteinindholdet i afgrøden påvirker dens værdi til foder. Jo lavere proteinindhold, jo mere skal der suppleres med fodermidler med højt proteinindhold som for eksempel sojaskrå. Værdien af proteinet afhænger af forholdet mellem prisen på korn og sojaskrå eller andre proteinrige fodermidler. Kvaliteten af protein i korn bliver til gengæld dårligere, når proteinindholdet øges ved tildeling af ekstra kvælstof, fordi aminosyresammensætningen bliver ringere i forhold til dyrenes behov. I dag kan man tilsætte syntetiske aminosyrer for at kompensere for dette, således at det ekstra protein har værdi, og ikke giver anledning til en større udskillelse af kvælstof i husdyrgødning. Prisen på protein beregnes efter en metode, der er baseret på optimering af foderblandinger til svin.

Gennemsnittet af de seneste fem års priser på vinterhvede og sojaskrå giver en gennemsnitlig proteinpris på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein, men den svinger meget over tid. For brødhvede kan pristillægget for en højere proteinprocent blive højere. Derimod er der i maltbyg fradrag for et for højt proteinindhold.

Den økonomisk optimale kvælstofmængde for korn er beregnet både med og uden korrektion for værdien af proteinindhold. I 2017 er prisen for protein sat til 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg. Ved salg af foderkorn til grovvarerforretninger er det forskelligt, om og hvordan prisen korrigeres for proteinindhold. Fra 2016 har flere grovvarerforretninger indført en priskorrektion for protein i foderkorn.

## Stigende mængder kvælstof til vårbyg

Den optimale kvælstofmængde til vårbyg med forfrugt korn er i årets seks forsøg bestemt til henholdsvis 129 og 152 kg kvælstof pr. ha uden og med korrektion for proteinindhold, hvilket er på niveau med årene forud. Se tabel 1.

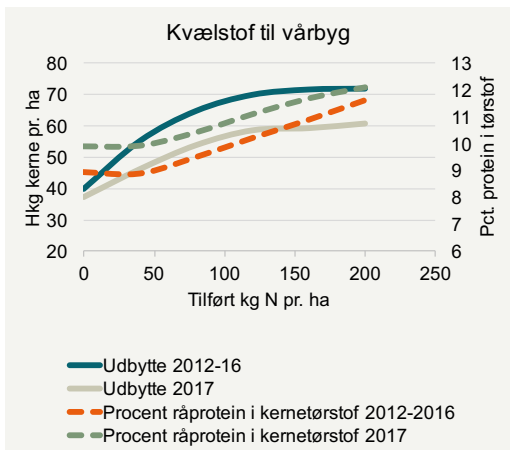
Ét af forsøgene er gennemført på JB 1 og resten på JB 4 til 7. I årene forud er der tilført husdyrgødning i betydende mængder til halvdelen af forsøgene. Udbyttene er relativt lavt i forhold til de foregående 5 år. Udbyttet ved den optimale kvælstofmængde er 12,6 hkg lavere end i årene forud, hvilket primært skyldes et lavt merudbytte for kvælstof. Ved samme kvælstofniveau er proteinprocenten i 2017 betydeligt højere end i de foregående år,

**TABEL 1.** Stigende mængder kvælstof til vårbyg (N1)

Vårbyg	2012-2016			2017					
	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
<i>Forfrugt korn</i>									
<i>Antal forsøg</i>	29	29	29	6	6	6	6	6	6
<i>Grundgødet</i>	0	9,0	<b>39,9</b>	0	9,9	50	<b>37,3</b>	-	-
40 N	0	8,9	15,2	1	9,9	62	8,9	5,7	5,5
80 N	1	9,5	24,7	1	10,4	76	16,5	10,8	11,4
120 N	1	10,2	29,8	1	11,1	88	21,2	13,1	15,0
160 N	2	10,9	31,5	2	11,7	94	21,8	11,3	14,4
200 N	3	11,6	31,8	2	12,1	100	23,3	10,3	14,3
<i>LSD</i>						9,4	7,0		
				2012-2016		2017			
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>				51 (18-100)		55 (15-100)			
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>				132 (62-187)		129 (62-191)			
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>				32,5 (13,7-61,2)		22,5 (4,9-44,2)			
<i>Proteinkorrigeret optimum</i>				157 (68-240)		152 (101-216)			
<i>Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum</i>				10,3 (7,6-12,8)		11,2 (10,2-11,9)			
<i>Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum</i>				10,9 (7,5-14,7)		11,6 (10,3-12,8)			
<i>Forfrugt sukkerroer</i>									
<i>Antal forsøg</i>	12	12	12	2	2	2	2	2	2
<i>Grundgødet</i>	0	8,6	<b>40,1</b>	0	9,2	57	<b>45,6</b>	-	-
40 N	0	8,5	17,2	1	8,9	75	16,3	13,1	11,9
80 N	0	9,2	30,3	1	9,2	95	31,0	25,3	23,9
120 N	0	10,0	36,1	3	10,3	113	35,6	27,5	28,9
160 N	1	10,9	39,3	3	11,2	130	40,0	29,5	33,5
200 N	1	11,5	39,7	5	11,4	132	39,7	26,7	31,3
<i>LSD</i>									
				2012-2016		2017			
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>				56 (25-100)		59			
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>				144 (90-160)		149 (146-152)			
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>				39,2 (26,3-52,2)		39,1 (32,4-45,8)			
<i>Proteinkorrigeret optimum</i>				179 (153-240)		172 (166-177)			
<i>Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum</i>				10,4 (9,6-12,2)		10,6 (10,3-10,9)			
<i>Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum</i>				11,2 (10,4-12,6)		11,0 (10,7-11,4)			

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

<sup>2)</sup> Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.



**FIGUR 1.** Bruttoudbytte for stigende mængder kvælstof til vårbyg med forfrugt korn i 2017 og 2012 til 2016 samt proteinindhold.

hvilket delvis kan skyldes det lavere udbyttensniveau. Den høje proteinprocent og relativt lave kvælstofrespons tyder også på, at kvælstoffrigørelsen fra jorden har været større end normalt.

I foderbyg giver en højere proteinprocent en højere værdi af kornet. Derfor stiger den optimale kvælstofmængde fra 129 kg pr. ha til 152 kg kvælstof pr. ha, hvis der indregnes en værdi af protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg. Nettomerudbyttet i tabel 1 viser tydeligt, at gevinsten ved kvælstoftilførsel er meget afhængig af, om der korrigeres for protein.

I maltbyg skal indholdet af protein typisk være mellem 9,5 og 10,5 procent for, at undgå fradrag i afregningsprisen, og hvis proteinindholdet er mindre end 9,0 eller højere end 11,5 procent, afregnes der til foderkornpris. I 2017 er indholdet af protein ved den ikke proteinkorrigerede optimale kvælstofmængde 11,2 procent protein, det vil sige i et niveau, hvor der er fradrag i maltbyg. Resultaterne fra 2017 viser, at der ved optimal gødsning kan være en risiko for et for højt proteinindhold i maltbyg.

To forsøg med kvælstof til vårbyg med forfrugt sukkerroer på lerjord viser et kvælstofbehov på henholdsvis 149 og 172 kg pr. ha uden og med korrektion for protein. Forsøgene bekræfter, at kvælstofbehovet til vårbyg efter sukkerroer kan være højt. Med forfrugten sukkerroer er merudbytter og proteinindhold i 2017 meget lig de foregående år.

Der er gennemført ét forsøg med forfrugt vinterraps på JB 3, hvor der er tilført meget husdyrgødning i årene forud. Kvælstofbehovet er bestemt til 82 kg pr. ha.

### Kvælstof til vinterhvede

I forsøgene er der fra 2016 er der tilføjet et ekstra forsøgsled med tilførsel af 300 kg kvælstof pr. ha. Det skyldes, at en større og større del af forsøgene i de senere år har haft et kvælstofbehov på over 200 kg pr. ha.

Kvælstofbehovet i vinterhvede med forfrugt korn er i 2017 201 kg kvælstof pr. ha eller 238 kg pr. ha, henholdsvis uden og med korrektion for protein. Det er lidt højere end i årene forud. Også i forsøg med forfrugterne vinterraps og bælgssæd ses et lidt større kvælstofbehov end normalt. Udbyttet i forsøgsleddet uden tilførsel af kvælstof er i 2017 usædvanligt højt på grund af gode vækstbetingelser og stor kvælstofoptagelse i efteråret 2016.

I hovedparten af vinterhvedeforsøgene er kvælstof tilført ad to gange. Første gødningstilførsel på 50 kg kvælstof pr. ha er sket medio marts og resten medio april. Resultaterne fremgår af tabel 2 og figur 2.

### Vinterhvede med forfrugt korn

De ni forsøg med forfrugt korn er gennemført på JB 4 til JB 7. I halvdelen af forsøgene er forsøgsarealerne tildelt en væsentlig mængde husdyrgødning i årene forud, der resulterer i en eftervirkning af kvælstof i forsøgsåret.

Indholdet af tilgængeligt kvælstof ved vækstsæsonens begyndelse (N-min) er målt til 34 kg kvælstof pr. ha, hvilket er samme niveau som i årene forud. Kvælstofprognosen for 2017 viste et lidt højere N-min-indhold i jorden, og forudsagde et lidt mindre kvælstofbehov end normalt.

Der er ikke registreret lejesæd i et omfang, det har påvirket udbytterne.

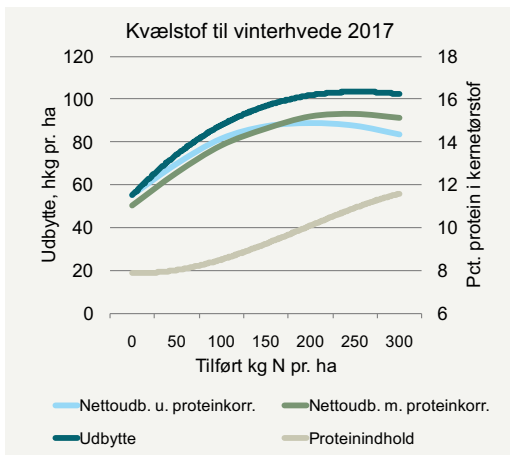
Udbyttet i det grundgødede forsøgsled i 2017 er 15,1 hkg pr. ha større end i de foregående år. Det kan skyldes gode vækstbetingelser i efteråret 2016, så vinterhveden har udnyttet frigivelsen af kvælstof fra jorden i efterårsperioden, og kvælstoffrigørelsen i foråret og forsommeren 2017 kan ligeledes have været større end normalt. Merudbyttet for tilførsel af kvælstof er på samme niveau.

**TABEL 2. Stigende mængder kvælstof til vinterhvede. (N2)**

Vinterhvede	2012-2016		2017					
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
<i>Forfrugt korn</i>								
<i>Antal forsøg</i>	81	81	9	9	9	9	9	9
Grundgødet	8,2	40,2	0	7,8	65	55,3	-	-
50 N	8,0	19,4	0	8,2	89	18,3	14,5	15,2
100 N	8,5	35,9	0	8,5	111	32,9	26,1	27,9
150 N	9,5	44,8	0	9,1	131	41,7	31,8	35,8
200 N	10,6	48,6	1	10,3	155	46,2	33,3	41,5
250 N	11,3	49,4	1	10,9	168	48,1	32,1	42,6
300 N	-	-	3	11,6	177	47,1	28,0	40,8
LSD					11	4,2		
			2012-2016	2017				
<i>N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>			34 (8-100)	34 (13-100)				
<i>Opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>			192 (97-293)	201 (139-270)				
<i>Merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>			50,2 (21,0-78,4)	47,6 (34,2-60,7)				
<i>Proteinindhold ved ikke prot.korr. optimum, pct.</i>			10,2 (8,7-12,2)	10,1 (8,0-11,0)				
<i>Optimal N-mængde korr. for protein, kg N/ha</i>			223 (122-300)	238 (155-300)				
<i>Proteinindhold ved proteinkorr. optimum, pct.</i>			10,9 (8,9-13,7)	10,9 (8,2-12,9)				
<i>Forfrugt vinterraps</i>								
<i>Antal forsøg</i>	39	39	2	2	2	2	2	
Grundgødet	8,5	49,4	0	9,6	92	64,4	-	-
50 N	8,3	19,2	0	9,6	114	15,3	11,4	-
100 N	9,2	32,6	0	10,0	139	29,3	22,4	-
150 N	10,2	37,9	1	11,0	162	34,5	24,6	-
200 N	11,4	37,7	3	11,4	169	34,6	21,6	-
250 N	11,9	36,6	4	11,9	169	30,7	14,7	-
300 N	-	-	5	12,1	169	29,6	10,6	-
LSD								
			2012-2016	2017				
<i>N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>			29 (9-57)	68 (58-78)				
<i>Opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>			154 (6-252)	150 (131-169)				
<i>Merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>			40,6 (1,0-60,1)	33,8 (32,1-35,4)				
<i>Proteinindhold ved ikke prot.korr. optimum, pct.</i>			10,0 (7,7-12,2)	10,8 (9,9-11,6)				
<i>Optimal N-mængde korr. for protein, kg N/ha</i>			186 (43-300)	178 (158-197)				
<i>Proteinindhold ved proteinkorr. optimum, pct.</i>			10,8 (8,7-13,3)	11,1 (10,4-11,9)				
<i>Forfrugt bælgssæd</i>								
<i>Antal forsøg</i>	5	5	2	2	2	2	2	3
Grundgødet	8,1	52,6	1	9,2	72	52,8	-	-
50 N	7,9	18,8	1	8,1	91	22,8	19,0	16,1
100 N	8,1	41,9	1	8,6	123	42,8	35,9	30,0
150 N	9,8	52,1	0	9,3	140	48,8	38,9	34,8
200 N	10,8	51,8	2	9,8	158	55,1	42,1	35,6
250 N	11,5	49,9	3	11,0	170	50,3	34,3	34,5
LSD			6	11,5	127	21,3	2,2	
			2012-2016	2017				
<i>N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>			39 (16-76)	41 (121-225)				
<i>Opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>			177 (144-198)	173 (121-225)				
<i>Merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>			54,1 (37,3-70,3)	56,8 (392-74,4)				
<i>Proteinindhold ved ikke prot.korr. optimum, pct.</i>			9,8 (9,1-11,1)	9,7 (8,8-10,5)				
<i>Optimal N-mængde korr. for protein, kg N/ha</i>			222 (187-300)	202 (140-264)				
<i>Proteinindhold ved proteinkorr. optimum, pct.</i>			10,6 (9,7-11,8)	10,5 (9,1-11,9)				

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Proteinkorrektionen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.



**FIGUR 2.** Udbytte og nettoudbytte med og uden korrektion for protein i vinterhvede med forfrugt korn i 2017.

Proteinindholdet i kernerne er lidt lavere i 2017 end i årene forud ved samme kvælstoftilførsel. Ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde uden proteinkorrektion er proteinindholdet i 2017 0,1 procentenhed lavere.

I det grundgødede forsøgsled er målt en kvælstofoptagelse på 65 kg kvælstof pr. ha, som jorden har stillet til rådighed primært ved omsætning af planterester. Denne kvælstofmængde stammer indirekte fra den del af tidligere års handelsgødning, husdyrgødning mv., som ikke blev udnyttet i tilførselsåret. Optagelsen i det grundgødede led er 19 kg kvælstof pr. ha større end i årene forud.

Op til en kvælstoftilførsel på 200 kg kvælstof pr. ha er marginaloptagelsen i kerne i 2017 45 procent af det tilførte kvælstof mod 44 procent i årene forud. Den samlede kvælstofoptagelse i 2017 er derimod væsentligt bedre end normalt. Udover kvælstofoptagelsen i kerne kommer en optagelse af kvælstof i halm, der normalt udgør omkring 20 procent af optagelsen i kerne. Ved tilførsel af 200 kg kvælstof pr. ha i 2017 udgør den samlede bortførsel i kerne og halm 93 pct. af den tilførte kvælstofmængde mod kun 84 pct. i de foregående år.

#### *Vinterhvede med forfrugt vinterraps*

To forsøg med vinterraps som forfrugt er gennemført på henholdsvis JB 4 og JB 6 med beskedne mængder af husdyrgødning tilført i årene forud. Indholdet af N-min i jorden ved vækstsæsonens begyndelse er 68 kg kvælstof pr. ha, hvilket er betydeligt større end i årene forud. Udbytte

et i det grundgødede forsøgsled er ligeledes betydeligt større end normalt.

Der er bestemt et kvælstofbehov på henholdsvis 150 og 178 kg pr. ha uden og med korrektion for værdien af protein. I forhold til udbyttene er kvælstofbehovet lavt.

#### *Vinterhvede med forfrugt bælgssæd*

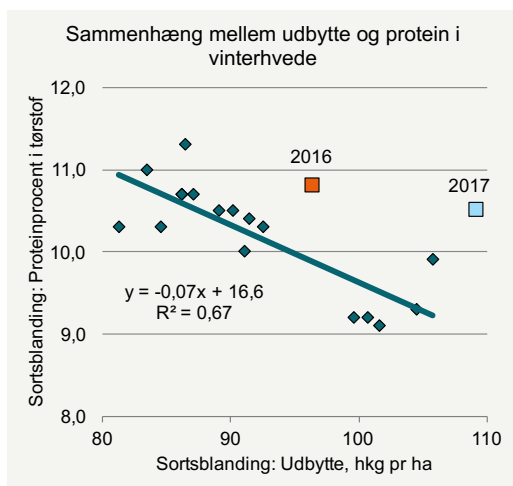
Der er gennemført ét forsøg med konservesærter og ét forsøg med hestebønner som forfrugt. I forsøget med konservesærter er der bestemt et kvælstofbehov uden proteinkorrektion på kun 121 kg pr. ha. Der er registreret meget lejesæd ved de største kvælstofmængder, og udbyttet falder ved tilførsel af kvælstof over 150 kg pr. ha. Forfrugtsvirkningen af hestebønner er i ét forsøg mere beskeden. I forsøget er bestemt et kvælstofbehov på 225 kg pr. ha ved et udbytteneiveau på 120 hkg pr. ha.

#### *Vinterhvede efter sukkerroer og majshelsæd*

I ét forsøg med sukkerroer som forfrugt på JB 6 uden tilførsel af væsentlige mængde husdyrgødning i de foregående år er bestemt et kvælstofbehov på 138 kg pr. ha uden proteinkorrektion. I ét forsøg med majshelsæd som forfrugt på JB 6 med tilførsel af en betydelig mængde husdyrgødning i årene forud er bestemt et kvælstofbehov på 162 kg pr. ha ved et udbytteneiveau på 110 hkg pr. ha.

### **Effekt af økonomisk optimale kvælstofkvoter i 2017**

I figur 3 er proteinindholdet i sortsblandingen i sortsforsøgene (cirka ti forsøg pr. år) afbilledet mod udbyttet for årene 1999 til 2017. Sortsforsøgene er gødet efter de gældende normer, og i perioden 1999 til 2015 var kvælstofniveauet nogenlunde konstant. Sortsblandingen består af fire sorter, hvor højest en udskiftes fra år til år. Den er derfor et godt udgangspunkt for sammenligninger over år. Proteinindhold og udbytte i sortsforsøgene er indtegnet for 2016 og 2017, og proteinindholdet ligger henholdsvis ca. 0,8 og 1,5 procentenheder over det, der måtte forventes ud fra tidligere års udbytte og proteinindhold. Afgivelsen fra de foregående års trend er en kraftig indikation af, at den øgede kvælstofmængde i sortsforsøgene i 2016 og 2017 resulterer i et øget proteinindhold i vinterhvede.



**FIGUR 3.** Proteinprocent som funktion af udbytte i sortsblanding i sortsforsøg fra 1999 til 2017. Bemærk, at proteinprocenten i 2016 og især 2017 er betydeligt over, hvad der kan forventes ud fra udbyttetrenden for 1999-2015.

### Kvælstof til vinterbyg

I fire forsøg i vinterbyg med korn som forfrugt er der bestemt et kvælstofbehov på 155 og 194 kg pr. ha henholdsvis uden og med korrektion for proteinindhold. Se tabel 3. Tre af forsøgene er gennemført på lerjord og ét på JB 1. Kun i ét af forsøgene er der tilført husdyrgødning i årene forud. Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er i 2017 betydeligt højere end i det foregående år, mens merudbyttet for tildeling af kvælstof er mindre. Det høje

udbytte i det grundgødede forsøgsled kan skyldes gode vækstbetingelser i efteråret 2016 og dermed en god udnyttelse af kvælstof frigivet fra jorden. Proteinindholdet er relativt lavere i 2017 i forhold til de foregående år ved samme kvælstoftilførsel.

### Kvælstof til vinterrug

I fire forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterrug med forfrugt korn er bestemt et kvælstofbehov på 132 kg kvælstof pr. ha og 149 kg kvælstof pr. ha henholdsvis uden og med korrektion for proteinindhold. Se tabel 4.

Forsøgene er fordelt på JB 1 til JB 6. Forfrugten er korn i alle forsøg. I to af forsøgene er der tilført betydelige mængder kvælstof i husdyrgødning i årene forud.

Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er betydeligt højere end i årene forud. Det skyldes de gode vækstbetingelser i efteråret 2016, hvor afgrøden har udnyttet kvælstoffrigivelsen fra jorden. Det tyder det lave N-minindhold i jorden ved vækstsæsonens begyndelse også på. Samtidig tyder de lave merudbytter for kvælstof på, at frigivelsen af kvælstof fra jorden i foråret og forsommeren har været større end normalt. Marginaloptagelsen af det tilførte kvælstof er derimod mindre i 2017 end i de tidligere år.

### Kvælstof til vinterraps

I tre forsøg i vinterraps er den optimale kvælstofmængde for kvælstof tilført om foråret bestemt til 184 kg kvælstof

**TABEL 3.** Stigende mængder kvælstof til vinterbyg. (N3)

Vinterbyg	2012-2016			2017				
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. med protein-korr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
<i>Forfrugt korn</i>								
<i>Antal forsøg</i>	13	13	4	4	4	4	4	4
<i>Grundgødet</i>	9,4	29,5	1	8,3	49	43,0	-	-
50 N	9,0	21,5	1	8,5	69	17,1	13,3	13,6
100 N	9,7	37,4	1	9,1	87	26,9	20,0	21,8
150 N	10,8	45,5	3	10,7	112	33,9	24,0	30,1
200 N	11,7	49,0	4	11,7	125	35,1	22,1	31,0
<i>LSD</i>								
				2012-2016		2017		
<i>N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>				21 (8-32)		28 (25-30)		
<i>Optimale N-mængder, kg N pr. ha</i>				170 (99-207)		155 (122-166)		
<i>Merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>				49,3 (15,7-75,9)		34,3 (24,3-39,9)		
<i>Proteinindhold ved ikke prot.korr. optimum</i>				11,0 (9,5-12,5)		10,5 (9,2-12,0)		
<i>Optimal N-mængde korr. for protein</i>				203 (144-250)		194 (172-241)		
<i>Proteinindhold ved prot.korr. optimum</i>				12,1 (10,0-13,9)		12,2 (10,3-16,9)		

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

<sup>2)</sup> Protein-korrektionen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

**TABEL 4.** Stigende mængder kvælstof til vinterrug. (N4)

Vinterrug	2012-2016			2017					
	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
<i>Forfrugt korn</i>									
<i>Antal forsøg</i>	12	12	12	4	4	4	4	4	4
Grundgødet	0	8,2	36,4	0	8,1	55	50,3	-	-
40 N	1	7,3	20,4	0	7,7	66	13,1	9,5	8,7
80 N	1	7,8	35,8	0	7,8	77	22,2	16,0	15,3
120 N	1	8,5	43,0	0	8,3	88	27,5	18,6	19,2
160 N	2	9,3	45,5	1	8,7	95	29,9	18,3	20,3
200 N	2	9,9	48,6	2	9,3	100	29,2	14,9	18,5
<i>LSD</i>									

	2012-2016	2017
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>	25 (10-24)	19 (11-24)
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>	151 (94-209)	132 (70-173)
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>	47,9 (29,7-64,1)	30,5 (13,7-38,6)
<i>Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha</i>	8,2(6,8-9,6)	7,8 (7,6-8,0)
<i>Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.</i>	173 (111-236)	149 (76-206)
<i>Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.</i>	8,7 (7,2-10,0)	8,1 (7,6-8,4)

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

<sup>2)</sup> Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

**TABEL 5.** Stigende mængder kvælstof til vinterraps om foråret. (N5)

Vinterraps	2012-2016		2017			
	Lejesæd v. høst (0-10) <sup>1)</sup>	Udb. og merudb., hkg frø pr. ha	Lejesæd v. høst (0-10)	Pct. olie i frø	Udb. og merudb., hkg frø pr. ha	Netto-merudbytte, hkg frø pr. ha
<i>Antal forsøg</i>	9	9	3	2	3	3
1. Grundgødet	0	30,5	0	50,7	34,7	-
2. 50 kg N forår	0	4,8	0	50,2	6,8	5,5
3. 100 kg N forår	0	8,5	0	49,5	10,2	8,0
4. 150 kg N forår	0	11,0	0	49,3	13,7	10,5
5. 200 kg N forår	0	12,4	0	49,7	15,7	11,6
6. 250 kg N forår	0	13,1	0	48,7	16,1	11,1
<i>LSD</i>						

	2012-2016	2017
<i>N-min i rodzonen</i>	40 (15-98)	29 (19-39)
<i>Optimal N forår, kg pr. ha</i>	167 (0-244)	184 (120-285)
<i>Merudbytte for optimal N, hkg/ha</i>	12,7 (0-34,2)	16,7 (7,3-35,2)

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

pr. ha. To af de tre forsøg er tilført kvælstof om efteråret i form af gylle. Efterårstilførslen af kvælstof påvirker merudbyttet for kvælstof om foråret. Resultatet fremgår af tabel 5.

Forsøgene er gennemført på JB 4 til 6, og i to af forsøgene er tilført husdyrgødning i årene forud. På alle forsøgsarealer er der tilført husdyrgødning hvert af de foregående 5 år.

Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er lidt højere end i de foregående år. Det samme gælder merudbyttet. Kvælstofbehovet i 2017 er derfor lidt højere end i årene forud.

### Oversigt over forsøg med stigende mængder kvælstof

I tabel 6 ses et sammendrag af flere års forsøg med kvælstof til forskellige afgrøder. For grovfoder er værdien af protein generelt indregnet, mens det ikke er relevant i vinterraps, frøgræs, kartofler og sukkerroer. Ved en proteinpris på 3,50 kr. pr. procentenhed protein har proteinkorrekturen stor betydning for kvælstofbehovet i korn.

For afgrøder, hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er der anvendt de seneste ti års forsøg, mens der for andre afgrøder er anvendt forsøg fra en længere årrække.

Hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er forsøgene opdelt efter forfrugt, jordtype og tilførsel af husdyrgødning til forsøgsarealet de foregående år. Der er ikke tilført husdyrgødning til forsøgsafgrøden, bortset fra vinterraps, hvor der kan være tilført en vis mængde om efteråret.



**TABEL 6. Optimale kvælstofmængder med og uden hensyntagen til proteinindholdet**

Afgroede	Periode for forsøg	Forfrugt	JB nr.	Husdyrgødning i sædskiftet	Antal forsøg	N-min, kg N pr. ha	Udb. og merudb., hkg pr. ha						Økonomisk optimalt udbytte, hkg pr. ha	Økonomisk optimal N-tilførsel uden protein-korrektion, kg N pr. ha	Økonomisk optimal N-tilførsel med protein-korrektion, kg N pr. ha
							Handelsgødning, kg N pr. ha								
							0	40	80	120	160	200			
Vårbyg	2008-2017	Korn	1-4	Nej	10	28	39,8	12,7	21,9	27,0	28,5	29,2	69,3	141	188
Vårbyg	2008-2017	Korn	1-4	Ja	13	39	33,1	10,6	18,0	20,9	20,8	20,4	54,9	118	142
Vårbyg	2008-2017	Korn	5-6	Nej	13	45	33,9	13,9	23,1	29,3	31,7	33,2	66,8	141	163
Vårbyg	2008-2017	Korn	5-6	Ja	11	54	40,5	15,8	24,6	30,2	31,7	33,1	73,4	133	154
Vårbyg	2008-2017	Korn	7-9	Nej	10	50	37,7	14,6	26,5	31,9	36,0	36,0	73,8	148	165
Vårbyg	2008-2017	Sukkerroer	5-6	Nej	11	56	36,9	16,2	28,2	34,4	36,1	36,4	73,2	138	163
Vårbyg	2008-2017	Sukkerroer	7-9	Nej	8	49	41,0	16,6	27,9	34,3	37,1	35,6	77,9	142	169
Vårbyg	2000-2017	Kartofler	1-4	Nej	14	27	25,8	14,9	23,7	28,8	31,6	31,5	59,9	135	172
Vårbyg	2000-2017	Kløvergræs	1-4	Nej	12	48	50,7	1,5	0,6	0,3	-1,7	-	53,4	25	46
Vårbyg	2000-2017	Majshelsæd	1-4	Nej	10	42	45,1	12,0	20,6	25,5	31,3	-	78,5	166	196
Havre	2002-2017	Korn	1-4	Ja/nej	9	41	30,9	13,0	18,2	19,6	18,9		51,2	91	-
Vinterrug	2008-2017	Korn	Alle	Ja/nej	15	18	40,3	18,8	32,3	38,5	40,8	42,6	82,7	143	162
							Handelsgødning, kg N pr. ha								
							0	50	100	150	200	250			
Vinterhvede	2008-2017	Korn	1-4	Nej	8	34	34,3	19,6	35,2	44,4	47,9	49,9	83,8	191	223
Vinterhvede	2008-2017	Korn	1-4	Ja	28	34	39,2	17,5	32,9	39,6	40,1	39,0	80,6	159	196
Vinterhvede	2008-2017	Korn	5-6	Nej	36	41	44,4	21,5	38,0	48,1	53,8	55,1	99,7	206	236
Vinterhvede	2008-2017	Korn	5-6	Ja	19	30	40,3	20,1	36,9	46,0	49,6	51,4	91,6	196	230
Vinterhvede	2008-2017	Korn	7-9	Nej	26	36	44,3	20,0	37,7	48,1	53,6	55,7	99,4	206	233
Vinterhvede	2008-2017	Korn	7-9	Ja	9	40	49,5	15,6	29,1	36,0	37,7	39,3	87,9	178	205
Vinterhvede	2008-2017	Raps	1-4	Ja/nej	26	26	46,6	18,5	30,7	34,7	33,3	30,9	82,5	137	169
Vinterhvede	2008-2017	Raps	5-9	Nej	20	45	55,1	18,8	34,8	41,9	44,2	46,1	100,4	183	230
Vinterhvede	2008-2017	Raps	5-9	Ja	14	45	53,1	21,3	34,5	41,2	43,7	43,6	98,4	167	200
Vinterhvede	2002-2017	Bælgssæd	5-9	Ja/nej	10	47	59,0	19,7	35,5	42,4	45,0	45,0	105,9	171	209
Vinterbyg	2008-2017	Korn	1-4	Ja/nej	14	29	33,8	18,9	32,9	39,9	41,5		75,9	156	195
Vinterbyg	2008-2017	Korn	5-9	Ja/nej	13	34	27,6	22,2	38,9	47,0	50,7		77,9	171	197
Triticale	1995-2017	Alle	1-4	Nej	30	28	24,3	14,6	24,0	27,2	27,2	28,0	52,9	140	173
Vinterraps <sup>1)</sup>	2008-2017	Alle	1-4	Ja/nej	12	39	30,1	4,4	7,9	9,9	10,9	12,0	41,2	158	
Vinterraps <sup>1)</sup>	2008-2017	Alle	5-9	Ja/nej	6	23	26,7	9,6	15,1	19,5	22,5	23,4	50,1	209	
							Udb. og merudb., kg frø pr. ha								
							0	40	80	120	160	200	Kg frø pr. ha		
Alm. rajgræs <sup>2)</sup>	Alle	1-9	Ja/nej	16			537	291	528	674	730	721		1.211	149
							0	20	40	60					
Rødsvingel <sup>2),3)</sup>	Alle	1-9	Ja/nej	19			1.040	86	137	181			1.229	46	
							100	130	160	190					
Engrapgræs <sup>2)</sup>	Alle	1-9	Ja/nej	10			1.129	110	140	113			1.306	110	
							Udb. og merudb., hkg sukker pr. ha						Hkg sukker pr. ha		
Sukkerroer <sup>3)</sup>	Alle	4-7	Ja/nej	12			97,5	23,4	31,9	34,4	33,2			130	92
							Udb. og merudb., hkg knolde pr. ha						Hkg knolde pr. ha		
Kartofler <sup>2)</sup>	Alle	1-4	Ja/nej	15	30		0	50	100	150	200	250		554	232
							Udbytte og merudb., afgrodeenh. pr. ha						Afgrodeenh. pr. ha		
Majshelsæd <sup>4)</sup>	2007-2016	Alle	1-3	Ja	15	43	100,6	10,9	16,1	19,9	19,4	23,5		118,9	101
Majshelsæd <sup>4)</sup>	2007-2016	Alle	4-9	Ja	6	43	84,3	10,4	13,8	13,4	15,3	11,1	98,7	96	

<sup>1)</sup> Vinterraps: Efterårstilførsel af kvælstof ikke medregnet.

<sup>2)</sup> Kopi fra Oversigt over Landsforsøgene 2013.

<sup>3)</sup> Rødsvingel er tildelt cirka 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.

<sup>4)</sup> Inklusive 20 kg N pr. ha i startgødning. Proteinkorrektion foretaget med 2,64 kr. pr. procentenhed protein.

Jordtypen har stor indflydelse på udbyttet, men i langt mindre grad på kvælstofbehovet. Det skyldes, at det generelt større udbytte på lerjorde modsvarer af et mindre kvælstoftab i løbet af vinteren og dermed højere N-min indhold i jorden ved begyndende vækst om foråret. Generelt er kvælstofbehovet fra 10 til 30 kg pr. ha lavere, hvor der er tilført husdyrgødning i årene forud. Der kan også iagttages en forfrugt-virkning af bredbladede afgrøder, bortset fra kartofler. Især forfrugtsvirkningen af kløvergræs er betydelig.

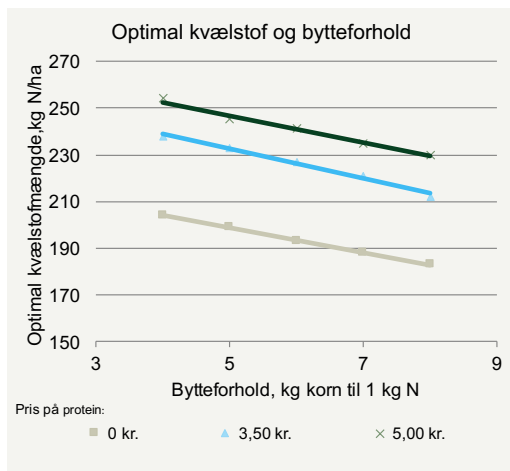
Mange års forsøg med stigende mængder kvælstof har vist, at behovet varierer meget fra mark til mark. De vigtigste faktorer ved fastsættelsen af kvælstofbehovet er forfrugt, dyrkningshistorie inklusiv tilførslen af husdyrgødning i de tidligere år, udbytteneiveauet og jordtypen. En mere præcis fastsættelse af kvælstofbehovet kan ske ud fra en bestemmelse af jordens N-min indhold i det tidlige forår. Desuden kan forskellige plantesensorer give en indikation af behovet i den enkelte mark. I 2017 er afprøvet en såkaldt GreenSeeker, som måler afgrødens NDVI. Se afsnittet om Fastsættelse af kvælstofbehov.

### Prisrelationernes betydning for den optimale kvælstofmængde

I de senere år har prisen på både kvælstof, korn og protein svinget meget. Forholdet mellem korn- og kvælstofpris påvirker den optimale kvælstofmængde. I de senere år har bytteforholdet typisk været således, at der skal avles seks kg korn for at betale ét kg kvælstof, men variationen mellem årene er betydelig. Prisen på protein kan være endnu mere afgørende for den optimale kvælstofmængde end bytteforholdet mellem korn og kvælstof.

Hvis prisrelationerne ændres, så der skal avles 1 kg korn mere for at betale 1 kg kvælstof, falder den økonomisk optimale kvælstofmængde med cirka 5 kg kvælstof pr. ha, når afregningsprisen ikke korrigeres for proteinindhold.

Hvis protein har en værdi svarende til 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg, stiger den optimale kvælstofmængde med cirka 25 kg kvælstof pr. ha i forhold til ingen korrektion for proteinindhold, hvis der skal 6 kg korn til at betale for 1 kg kvælstof. Jo højere prisen på protein er, jo mindre betyder bytteforholdet mellem kvælstof og korn for den optimale kvælstofmængde, fordi protein i højere grad bliver bestemmende for kvælstofbehovet.



**FIGUR 4.** Betydningen af bytteforholdet (antal kg korn til at betale 1 kg kvælstof) for den optimale kvælstofmængde i vinterhvede, beregnet ud fra 34 forsøg med forfrugt korn i perioden 2012 til 2017. Udbytteneiveauet er 100 hkg pr. ha.

Betydningen af bytteforholdet mellem vinterhvede og kvælstof for den optimale kvælstofmængde ses i figur 4.

## Fastsættelse af kvælstofbehov

> LEIF KNUDSEN OG CAMILLA LEMMING, SEGES

### Bestemmelse af kvælstofbehov ud fra målinger med Yara N-Sensor

Yara har på baggrund af forsøg i Tyskland udviklet en metode til bestemmelse af kvælstofbehovet i vinterhvede ud fra målinger med Yara N-Sensor, der måler refleksion af lys fra afgrøden. Tidligere forsøg har vist, at afgrødens kvælstofoptagelse kan beregnes rimeligt præcist. Yara N-Sensoren anvender et andet vegetationsindeks end NDVI, som f.eks. anvendes ved GreenSeeker målinger. Kvælstofbehovet beregnes ifølge Yara ud fra kvælstofoptagelsen i afgrøden bestemt ud fra den målte sensorværdi, afgrødens stadie, det forventede udbytte og den forventede frigørelse af kvælstof fra jorden. Metoden blev afprøvet i 10 landsforsøg i 2016, hvor det forventede kvælstofbehov stemte godt overens med det målte behov. Se Oversigt over Landsforsøgene 2016, s. 212.

I 2017 har Yara Danmark A/S målt i ti forsøg, hvor der er anlagt 4 ekstra forsøgsled i tilknytning til forsøg med stigende mængder kvælstof. Medarbejdere ved Yara har

**TABEL 7.** Afprøvning af Yaras metode til bestemmelse af kvælstofbehov i vinterhvede ud fra måling med Yara N-Sensor. (N6)

Vinterhvede	Tidspunkt for kvælstoftildeling					Tildelt i alt, kg N pr. ha	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>1)</sup>
	Medio marts	Medio april	Først i maj, st. 31	Medio maj, st. 45	Først i juni, st. 51						
<i>2017. 9 forsøg</i>											
1.	0	0	0	0	0	0	8,5	75	<b>59,1</b>	-	-
2.	50	0	0	0	0	50	8,5	100	19,2	15,4	14,1
3.	50	50	0	0	0	100	9,0	122	32,1	24,5	23,9
4.	50	100	0	0	0	150	9,7	143	40,1	29,4	30,7
5.	50	150	0	0	0	200	10,6	161	42,5	28,8	33,1
6.	50	200	0	0	0	250	11,2	166	40,2	23,4	29,7
7.	50	250	0	0	0	300	11,7	170	38,3	18,5	26,3
8.	50	100		50		200	10,9	168	44,1	29,6	34,9
9.	80	80		40		200	10,9	166	43,1	28,6	33,9
10.	50	62		73		185	10,8	165	43,2	29,6	34,6
11.	80		66	70		216	10,9	167	43,2	27,7	33,1
12.	80		66	70		216	11,2	173	44,5	29,0	35,4
13.	80		66		70	216	11,2	170	42,8	27,3	33,7
LSD								11	4,8		

<sup>1)</sup> Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein.

i samarbejde med forsøgsenhederne foretaget målinger med Yara N-Sensoren, og Yara har meldt tilbage til forsøgsenheden, hvor meget kvælstof, der skulle tildeles i de enkelte forsøg og forsøgsled. Forsøgsenheden har oplyst Yara om det forventede udbytte.

Metoden er afprøvet ved to kvælstofstrategier og ved anvendelse af henholdsvis kalksalpeter eller NS 27-4 til sengødskning. I den ene kvælstofstrategi er tildelt 50 kg kvælstof pr. ha medio marts og anden kvælstoftildeling er foretaget medio april (led 10) ud fra sensormålinger. I den anden kvælstofstrategi er der tildelt 80 kg kvælstof pr. ha ved første tildeling og 2. tildeling er sket i begyndelsen af maj (led 11-13). 3. tildeling er i led 10-12 sket i stadiet 45 sidst i maj og i led 13 i st. 55 først i juni. I led 10 og 11 er anvendt NS 27-4 ved sidste tildeling, mens der i led 12 og 13 er anvendt kalksalpeter. Effekten af deling af kvælstoftilførslen er beskrevet i afsnittet om kvælstofstrategier. I dette afsnit omtales metodens egnethed til at bestemme kvælstofbehov.

Yara har bestemt et kvælstofbehov ud fra målinger i led 11-13 på i gennemsnit 215 kg kvælstof pr. ha. Variationen mellem forsøgene går fra 180 til 250 kg kvælstof pr. ha. Optimum i forsøgene er beregnet til 174 og 215 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion for protein. I forsøgene varierer det bestemte optimum fra 121 til 260 kg kvælstof pr. ha uden proteinkorrektion og fra 148 til 300 kg kvælstof pr. ha med proteinkorrektion.

I modsætning til 2016 er der ingen sammenhæng mellem optimum bestemt ud fra Yara-N-Sensormålinger og det fundne optimum i forsøgene. For at undersøge Yaras metode til at bestemme kvælstofbehov kræves der flere forsøg.

### Kvælstofbehov i vinterhvede ud fra måling af NDVI

Afgrødens refleksion af lys udtrykt ved det såkaldte NDVI-indeks (Normalized Difference Vegetation Index) er tæt korreleret med afgrødens kvælstofoptagelse. NDVI kan måles med relativt billige håndholdte instrumenter som f.eks. GreenSeeker, der kan købes for ca. 3.000 kr. NDVI kan også måles fra traktormonterede



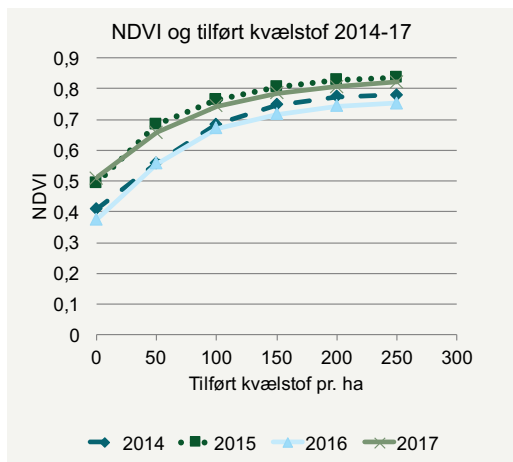
FOTO: TORKILD BIRKMOSE, SEGES

En GreenSeeker kan hurtigt og let måle afgrødens biomasse i form af en NDVI-måling, og målingen kan bruges til at justere afgrødens kvælstofbehov i vækstsæsonen.

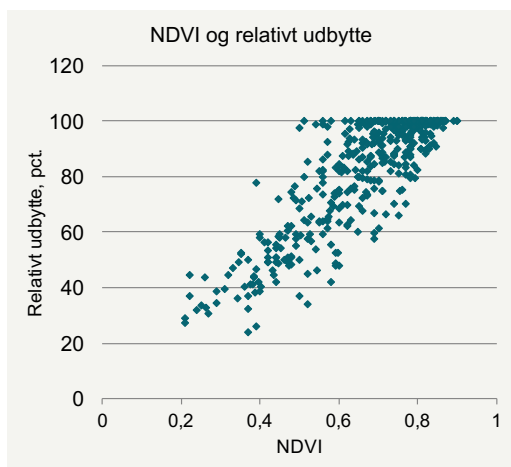
sensorer og fra satellitter, og NDVI er udgangspunktet for gødskning efter satellitdata i CropSAT. NDVI er et relativt indeks med værdier fra 0 til 1. NDVI indekset udtrykker bedst forskelle i kvælstofoptagelsen før afgrøden er så tæt, at bladene skygger for hinanden. Denne mætning sker ved et NDVI-indeks på 0,8 og derover.

Bestemmelse af afgrødens kvælstofoptagelse i vækstsæsonen giver mulighed for at bestemme behovet for supplerende tilførsel af kvælstof for at dække afgrødens kvælstofbehov. Dette er afprøvet i 77 forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede fra 2014 til 2017. Forsøgene er nærmere beskrevet under afsnittet Kvælstof til vinterhvede. NDVI er målt i alle forsøgsled fra 0 til 250 kg kvælstof pr. ha varierende fra 9. maj til 13. juni mellem forsøgene. Målingerne viser, at NDVI-indekset stiger med stigende tilførsel af kvælstof. Fra 150 kg kvælstof pr. ha er stigningen meget begrænset, fordi afgrøden bliver for kraftig til at man kan måle forskelle. Der er betydelig forskel mellem årene. I 2017 er afgrøden kraftigere end i 2014 og 2016 på grund af de gode vækstbetingelser. Se figur 5. Det samme var tilfældet i 2015.

For at undersøge om NDVI målingen er korreleret til kvælstofbehovet er sammenhængen mellem NDVI og det relative udbytte beregnet i forsøgene. Det relative udbytte er udbyttet i det enkelte forsøgsled i forhold til det maksimale udbytte i forsøget. Det relative udbytte for hvert forsøgsled i alle forsøg er i figur 6 vist som funktion af forsøgsleddets NDVI-værdi. Et lavt relativt udbytte



**FIGUR 5.** Gennemsnit af NDVI målinger i vinterhvedeforsøg fra 2014 til 2017 ved måling fra 9. maj til 13. juni.



**FIGUR 6.** Sammenhæng mellem NDVI og relativt udbytte. Relativt udbytte er udbyttet i det enkelte forsøgsled som procent af det maksimale udbytte i forsøget.

te svarer til, at merudbyttet for tilførsel af ekstra kvælstof og dermed kvælstofbehovet er stort.

Jo lavere NDVI jo lavere er det relative udbytte. Det vil sige, at der i forsøget er opnået merudbytter for at tildele ekstra kvælstof. Ved en NDVI måling på under 0,6 er der med al sandsynlighed være et merudbytte for ekstra kvælstof. Ved et NDVI på mellem 0,6 og 0,75 er der en vis sandsynlighed for at opnå et merudbytte, mens der ved NDVI værdier på over 0,75 ikke kan opnås merudbytter.

En strategi for anvendelse af NDVI som udgangspunkt for bestemmelse af kvælstofbehovet kan være at tildele vinterhvede 150 kg kvælstof pr. ha inden 20. april, og så bestemme restbehovet ud fra måling af NDVI. Denne fremgangsmåde er testet ved at undersøge, om udbyttepotentialet og NDVI målt i forsøgsleddet med tilførsel af 150 kg kvælstof pr. ha er korreleret med den optimale kvælstofmængde. Den statistiske analyse viser (se tabel 8), at både udbyttepotentialet og NDVI-værdien har en signifikant sammenhæng med kvælstofbehovet. Det ses også, at korrelationskoefficienten ( $R^2$ ) kun er 0,24 og standardfejlen på sammenhængen er stor (34 kg kvælstof pr. ha). Metoden til beregning af kvælstofbehovet efter denne fremgangsmåde er vist sidst i afsnittet.

Merudbyttet ved at anvende metoden til fastsættelse af kvælstofbehovet på denne måde kan beregnes ud fra udbyttefunktionen i hvert enkeltforsøg. Merudbyttet er beregnet til 43,6 hkg pr. ha i forhold til et gennemsnitligt

**TABEL 8.** Statistisk analyse af forskellige modellers evne til at forudsige kvælstofbehovet i 77 forsøg i vinterhvede fra 2014 til 2017. Signifikansniveauet af de enkelte faktorer er angivet med \* -\*\*\* fra 95 pct. til 99,5 pct. signifikansniveau. Merudbyttet ved at tildele netop den optimale kvælstofmængde i hvert enkelt forsøg er beregnet til 45,1 hkg pr. ha. Alle modeller resulterer i en tilførsel på i gennemsnit 170 kg kvælstof pr. ha.

Beskrivelse af model	Tildeling af 50 kg kvælstof pr. ha i marken under forventet behov. Måling af NDVI i marken	Etablering af et gødningsvindue med tilførsel af 50 kg N pr. ha. Måling af NDVI her. Bestemmelse af markens behov herudfra	Beregning af behov ud fra forbrugt, udbytteneiveau, eftervirkning mv. f.eks. i MarkOnline. NDVI anvendes ikke	Etablering af gødningsvindue. Måling af NDVI her. Behov beregnes ud fra det beregnede behov ved gødningsplanlægning og den målte NDVI.
Parametre i model	Udbyttepotentiale***	Udbyttepotentiale***	Beregnet behov ***	Beregnet behov*** NDVI, 50 kg N***
	NDVI, 150 N ***	NDVI, 50 N ***		
Korrelationskoefficient, R <sup>2</sup>	0,24	0,32	0,32	0,41
Standardfejl, kg N pr. ha	34	33	32	30
Merudbytte, hkg pr. ha	43,6	43,9	44,1	44,2

merudbytte på 45,1, hvis der er anvendt netop den optimale kvælstofmængde i hvert forsøg.

En anden metode for anvendelse af NDVI i praksis er, at etablere et "gødningsvindue" med tilførsel af kun 50 kg kvælstof pr. ha indtil NDVI målingen er foretaget midt i maj. NDVI målingen ved et så lavt kvælstofniveau er et udtryk for, hvad jorden kan stille til rådighed til afgrøden af kvælstof. NDVI i forsøgsleddet med 50 kg kvælstof pr. ha er sammen med det potentielle udbytte stærkt korreleret til kvælstofbehovet (99,9 pct. signifikansniveau). Af den statistiske analyse ses, at korrelationskoefficienten (R<sup>2</sup>) er 0,32, standardfejlen er 33 kg kvælstof pr. ha og merudbyttet for at anvende modellen 43,9 hkg pr. ha. Metoden er derfor marginalt bedre end at anvende udbyttepotentialet kombineret med NDVI-måling i forsøgsleddet med 150 kg kvælstof pr. ha. Beregningsmetoden er vist sidst i afsnittet.

Tilsvarende er en model gennemregnet, hvor der alene anvendes en beregnet kvælstofnorm ud fra udbyttepotentialet, jordtype, forbrugsvirkning, eftervirkning af husdyrgødning og kvælstofprognosen, og hvor NDVI målingen ikke inddrages. Denne metode danner udgangspunkt for indstilling af de økonomisk optimale normer, som indgår i kvælstofreguleringen. Den statistiske beregning viser, at korrelationen mellem den beregnede norm og den økonomisk optimale kvælstofmængde er signifikant (99,5 pct. niveau), korrelationskoefficienten (R<sup>2</sup>) er 0,32, standardfejlen 32 kg kvælstof pr. ha, og det beregnede merudbytte ved at anvende metoden er 44,1 hkg pr. ha. Metoden er således marginalt bedre end de to ovenfor beskrevne metoder.

Hvis NDVI måling i forsøgsleddet med tilførsel af 50 kg kvælstof pr. ha inddrages sammen med den beregnede

kvælstofnorm for forsøget, kan forudsigelsen af kvælstofbehovet forbedres, så korrelationskoefficienten forbedres til 0,41 og standardfejlen reduceres til 30 kg kvælstof pr. ha. Merudbyttet ved denne model er beregnet til 44,2 hkg pr. ha. Anvendelsen af NDVI forbedrer således behovsfastsættelsen, men det har kun marginal indflydelse på det opnåede merudbytte. I praksis kan metoden anvendes ved, at der etableres et gødningsvindue, hvor der tildeles 50 kg kvælstof ved 1. kvælstoftildeling og NDVI måles i dette gødningsvindue medio maj. Marken skal på dette tidspunkt være tildelt f.eks. 40 kg kvælstof under normen. Beregningsmetoden er vist sidst i afsnittet.

#### Anvendelse i praksis

Resultaterne af forsøgene viser, at måling af NDVI med GreenSeeker i nogen grad kan anvendes til at fastslå behovet for supplerende gødning. Der er forskellige måder at anvende NDVI-målingen på.

Metode 1: Marken er tilført den kvælstofmængde, der forventes at dække behovet. NDVI målingen kan anvendes til at undersøge, om kvælstofmængden alligevel er utilstrækkelig.

- > Ved en NDVI-værdi over 0,8 er der ikke behov for supplerende kvælstof
- > Ved en NDVI-værdi på under 0,6 er der med stor sikkerhed brug for supplerende kvælstof. Behovet for at tilføre kvælstof kan beregnes som  $(0,8 - \text{Målt NDVI}) \times 350$  kg kvælstof pr. ha.
- > Ved NDVI værdier på mellem 0,6 og 0,8 skal behovet for ekstra kvælstof fastsættes ud fra en helhedsvurdering.

Metode 2: Marken er tilført 50 kg kvælstof pr. ha mindre end det forventede behov. I midten af maj tildeles resten, der bestemmes ud fra målinger af NDVI i marken ud fra følgende formel:

- > Restbehov i kg N pr. ha = (Forventet udbytte – 75) x 1,05 + (0,8 – NDVI-værdi) x 175 + 50
- > Eksempel: Der forventes et udbytte på 100 hkg pr. ha, der måles et NDVI med GreenSeeker på 0,7. restbehov: (100 – 75) x 1,05 + (0,8 – 0,7) x 175 + 50 = 41 kg kvælstof pr. ha.

Metode 3: Der etableres et gødningsvindue i marken, der kun tildeles 50 kg kvælstof medio marts. Marken tildeles kvælstof medio marts og medio april i en samlet mængde på 40-50 kg kvælstof under det forventede behov. Markens samlede kvælstofbehov beregnes ud fra følgende formel:

- > Kvælstofbehov i kg N pr. ha = 170 + (Forventet udbytte – 75 hkg pr. ha) x 1,3 + (0,5 – NDVI-værdi) x 200
- > Eksempel: Der forventes et udbytte på 65 hkg pr. ha. Midt i maj måles en NDVI værdi på 0,6. Markens samlede kvælstofbehov beregnes som: 170 + (65 -75) x 1,3 + (0,5-0,6) x 200 = 147 kg kvælstof pr. ha.

Metode 4: Der etableret et gødningsvindue i marken, der kun tildeles 50 kg kvælstof medio marts. Kvælstofbehovet i marken beregnes ud fra normer eller MarkOnline, hvori der tages hensyn til forventet udbytte, forfrugt, jordtype, eftervirkning af husdyrgødning mv. Marken tildeles kvælstof medio marts og medio april i en samlet mængde på 40-50 kg kvælstof under det forventede behov. Markens samlede kvælstofbehov beregnes ud fra følgende formel:

- > Korrektion af behov (kg N/ha)<sup>1</sup>= Ændret udbytteforventning<sup>3</sup> x 1,5 + (0,5 – NDVI) x 135 + (Beregnet behov<sup>2</sup> – 170) x 0,7

<sup>1</sup>Hvor korrektionen af kvælstofbehovet er i forhold til det behov, der blev beregnet ved gødningsplanlægningen.

<sup>2</sup>Beregnet behov, er det kvælstofbehov, der er beregnet ud fra normer eller MarkOnline ved gødningsplanlægningen.

<sup>3</sup> Ændret udbytteforventning er det forventede udbytte ved vurdering i maj måned i forhold til det udbytte, der blev forventet under gødningsplanlægningen.

- > Eksempel: Medio maj forventes på grundlag af gode vækstbetingelser et udbytte på 20 hkg mere, end der blev forudsat ved gødningsplanlægningen. Markens kvælstofbehov blev ved gødningsplanlægningen beregnet til 210 kg kvælstof pr. ha. Medio maj måles der i et gødningsvindue, hvor der er tilført 50 kg kvælstof pr. ha tidligt en NDVI værdi på 0,4. Korrektionen af kvælstofbehovet i forhold til beregningen ved gødningsplanlægningen: (20 x 1,5) + (0,5-0,4) x 135 + (210 – 170) x 0,7 = 72 kg kvælstof pr. ha.

### Kvælstofprognosen

Kvælstofprognosen 2017 viste, at kvælstofbehovet var lavere end normalt. På lerjord var kvælstofbehovet 5 eller 10 kg pr. ha lavere end normalt, afhængigt af område, og på finsandet jord var det 5 kg pr. ha mindre end normalt. På grovsandet jord var behovet det samme som normalt. På landsplan resulterede kvælstofprognosen i et kvælstofbehov på omkring 7.000 tons mindre end normalt, svarende til knap 3 kg kvælstof pr. ha landbrugsareal. Det lavere kvælstofbehov skyldes, at nedbøren fra september 2016 til februar 2017 var lavere end normalt, især i den østlige del af Jylland og på øerne. Se figur 7 og tabel 9.

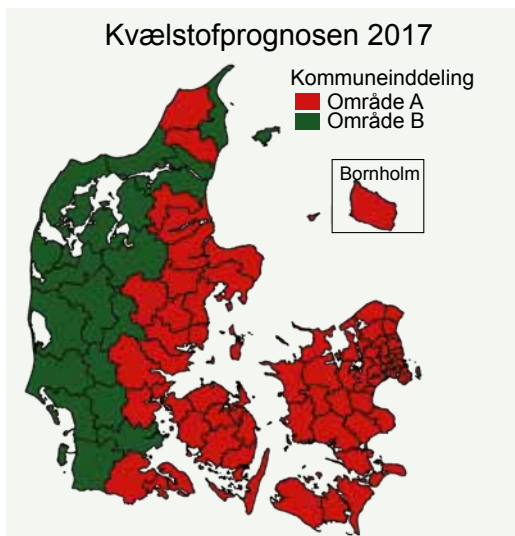
Kvælstofprognosen er baseret på målinger af N-min i jorden i 143 marker i Kvadratnettet i februar 2017, suppleret med modelberegninger. Resultaterne heraf er blevet sammenholdt med det gennemsnitlige N-min-indhold i jorden målt i Kvadratnettet i februar i perioden 2006 til 2016.

### Kvælstofprognoser fra 1995 til 2017

Figur 8 viser kvælstofprognoser fra 1995 til 2017 samt gennemsnittet af alle kvælstofprognoser i samme periode. I 14 af årene har kvælstofbehovet været større end

**TABEL 9.** Kvælstofprognosen 2017. Prognosen angiver afvigelser fra det normale behov for tilførsel af kvælstof (kg kvælstof pr. ha.). Områdeindelingen fremgår af figur 7.

Område	Grovsand	Finsand	Lerjord
	JB 1 og 3	JB 2 og 4	JB over 4
Område A	0	-5	-5
Område B	0	-5	-10



**FIGUR 7.** Områdeinddeling til kvælstofprognosen 2017. Inddelingen af landet i de to områder er foretaget på grundlag af afvigelse i nedbøren i perioden fra september 2016 til februar 2017 i forhold til perioden 2006 til 2016.

normalt (defineret som gennemsnit af de foregående 11 år). I syv af årene har det været mindre end normalt, mens det i to år har været det samme som normalt. I gennemsnit af alle 23 år har kvælstofbehovet samlet set været 1.447 tons højere end normalt, hvilket svarer til lidt under 0,8 kg kvælstof pr. ha landbrugsareal.

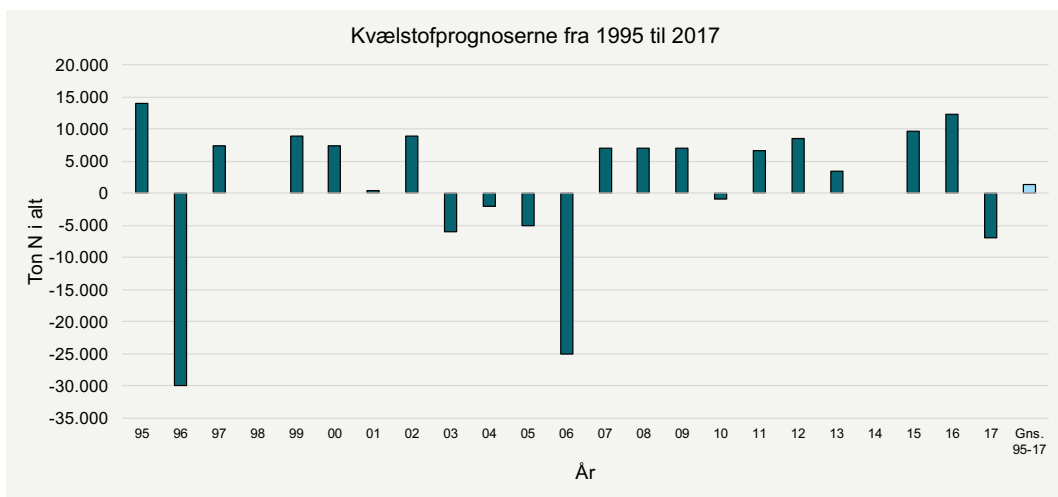
## Positionsbestemt tilførsel af kvælstof

> LEIF KNUDSEN OG METTE LANGGAARD JENSEN, SEGES

### Demonstration af gradueret kvælstoftilførsel

I regi af projektet Future Cropping er der gennemført forsøg i to demonstrationsmarker ved henholdsvis Kalundborg og Bjerringbro i 2016 og 2017 for at undersøge, hvordan kvælstof kan omfordeles indenfor marken ud fra målinger med Yara N-Sensor. Læs mere om Future Cropping projektet i Oversigten over Landsforsøgene 2016, side 214. Resultaterne fra de to forsøgsår viser, at variationen i kvælstofbehovet indenfor forsøgsarealet i marken kan beskrives ud fra målinger medio april og medio maj med Yara N-Sensor før henholdsvis anden og tredje kvælstoftildeling. Kvælstofbehovet i vinterhvede aftager med stigende sensorværdi (biomasse), og forsøgene viser, at sensormålinger medio maj kan anvendes til proteingødsning.

Formålet med denne arbejdsplanke i Future Cropping er 1) at undersøge, hvordan kvælstof kan omfordeles indenfor marken ud fra målinger med Yara N-Sensor samt 2) at undersøge, hvad positionsbestemt kvælstoftilførsel betyder for udvaskningen af kvælstof. Andet delmål er ikke behandlet i denne afrapportering, men tidligere udvaskningsforsøg viser, at kvælstofudvaskningen først stiger relativt meget, når der tilføres kvælstof udover afgrødens behov. Hypotesen er derfor, at udvaskningen



**FIGUR 8.** Kvælstofprognoserne fra 1995 til 2017 på landsplan. Vist som forskellen i behovet for tilført kvælstof i forhold til de forrige 11 års gennemsnit.

kan reduceres, hvis kvælstoftilførslen afpasses efter afgrødens behov på positionen i marken.

Yara N-Sensoren måler forskellige spektre af det lys som afgrøden reflekterer, og Yara har udviklet en algoritme, der omsætter de spektrale data til en beregnet kvælstofoptagelse (kg kvælstof pr. ha) i afgrøden på måletidspunktet. Landsforsøgene i perioden 2014 til 2016 har vist en god sammenhæng mellem Yara N-Sensor målinger og den faktiske kvælstofoptagelse, målt ved planteklip.

#### *Princip for bestemmelse af variationen i kvælstofbehov indenfor marken*

Kortlægning af variationen i kvælstofbehovet indenfor marken sker ud fra parceller i marken med en lav kvælstoftildeling og parceller med høj kvælstoftildeling. Se figur 9. Hypotesen er, at kerneudbyttet ved tilførsel af kun 50 kg kvælstof pr. ha i begyndelsen af marts, kan beregnes ud fra målinger med sensoren sidst i april, hvor anden tilførsel af kvælstof normalt sker. Derimod vil kerneudbyttet ved tilførsel af høje kvælstofmængder (her 150, 200 eller 300 kg kvælstof pr. ha) være uafhængigt

eller næsten uafhængigt af sensorværdien, fordi udbyttet ikke er begrænset af tilførsel af kvælstof.

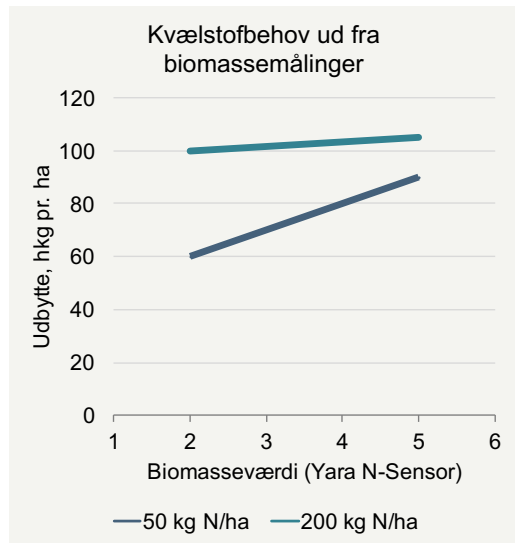
Ud fra forsøgsresultater kan sammenhængen mellem udbytte og målte sensorværdier ved tilførsel af 50 kg kvælstof pr. ha beregnes. Tilsvarende kan udbyttepotentialet findes ved de høje kvælstofmængder – eller eventuelt fra en sammenhæng mellem sensormåling og udbytte. Variationen i merudbyttet for at tilføre kvælstof kan derudfra beskrives som funktion af den målte sensorværdi. Kvælstofbehovet kan beregnes ud fra den målte sensorværdi fra en lang række forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede, der viser, at merudbyttet for at øge kvælstofmængden fra 50 til 200 kg kvælstof pr. ha er stærkt signifikant korreleret til kvælstofbehovet.

#### *Forsøgsdesign*

I 2017 blev der i hver af de to marker gennemført et forsøg med fire mængder af kvælstof i vinterhvede (50, 150, 200 og 300 kg kvælstof pr. ha). Se figur 10. SEGES har i samarbejde med landmændene, Teknologisk Institut og Aarhus Universitet gennemført forsøgene, mens Yara Danmark har stillet en traktormonteret Yara N-Sensor til rådighed for demonstrationsværterne, som har foretaget biomassemålingerne med sensoren gennem vækstsæsonen. Teknologisk Institut har høstet forsøget i Bjerringbro, og Aarhus Universitet har høstet forsøget i Kalundborg. Variationen i jordens tekstur er målt ved klassiske teksturanalyser samt NIR analyser (kun i Kalundborg) og Aarhus Universitet har kortlagt demonstrationsmarkerne med DUALEM (elektrisk ledningsevne).

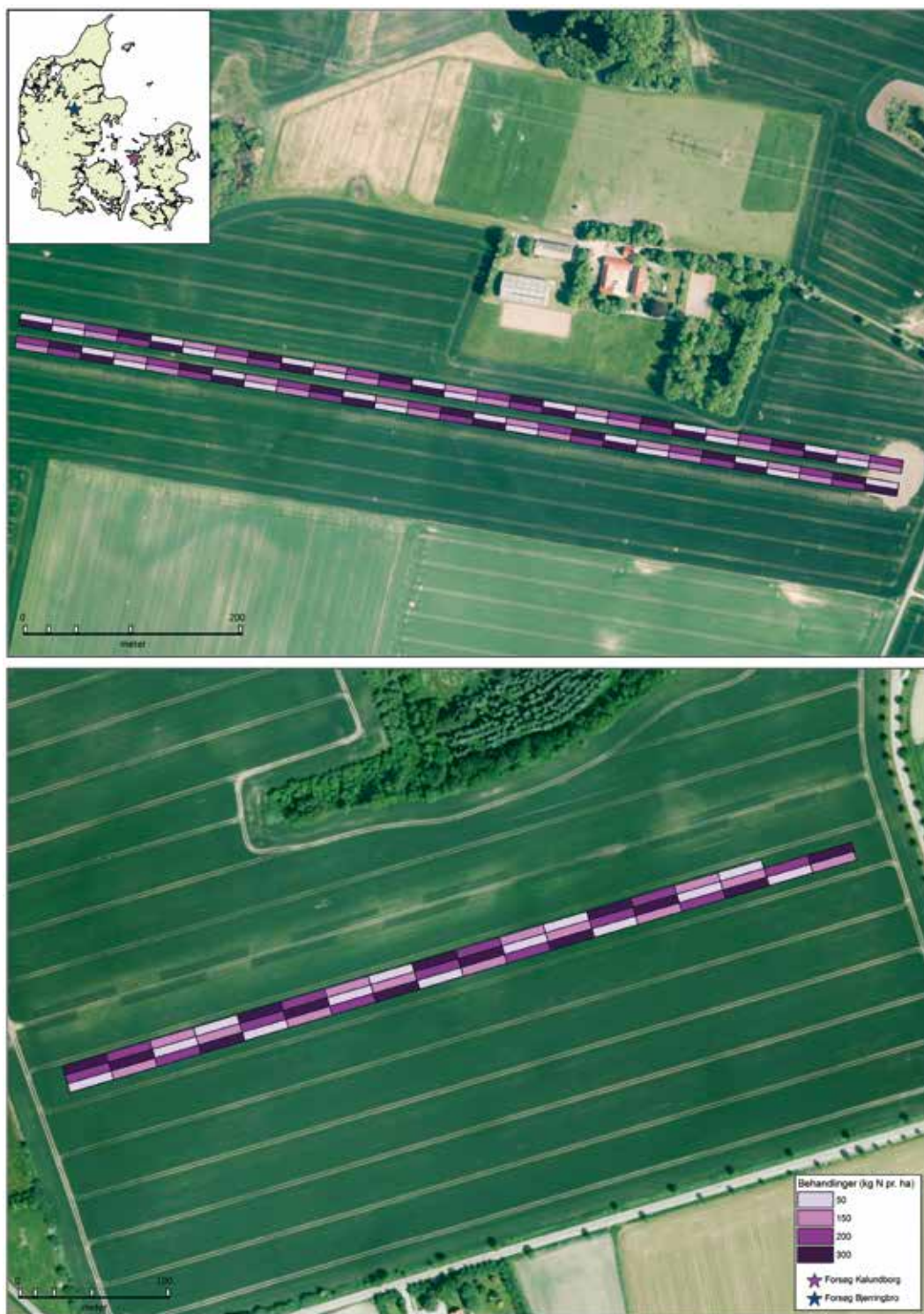
I Kalundborg er der anlagt fire forsøgsstriber gennem hele agerlængden med i alt 108 parceller på hver 180 m<sup>2</sup> (30 x 6 meter). Lerprocenten (NIR) i parcellerne, fra 0 til 100 cm dybde, varierer mellem 11 til 20 procent, og kulstofindholdet (NIR) i pløjelaget ligger mellem 0,9 til 1,9 procent i forsøget.

I Bjerringbro er der anlagt tre forsøgsstriber gennem agerlængden med i alt 52 parceller (180 m<sup>2</sup>). Lerprocenten i parcellerne, fra 0 til 100 cm dybde, varierer fra 15 til 18 procent, og kulstofindholdet i pløjelaget ligger mellem 1,4 til 2 procent. I forsøgene gennemføres samme grundbehandling som i den resterende del af marken (udsædsmængde, vækstregulering, ukrudts- og svampbekæmpelse samt mikronæringsstoffer), og der er ikke tilført husdyrgødning eller anden organisk gødning



**FIGUR 9.** Principskitse som viser udbyttet som funktion af biomassemålinger i vinterhvede. Udbyttet i en afgrøde begrænset af kvælstof (50 kg N pr. ha) er afhængig af biomassen målt med Yara N-Sensor. Udbyttet er størst ved en høj biomasse, da jorden her stiller mere kvælstof til rådighed fra den organiske pulje i jorden. Merudbyttet for tildeling af ekstra kvælstof er derfor størst ved lave sensorværdier og mindst ved høje. Kvælstofbehovet aftager derfor med stigende biomasse. Sensormålinger fra medio april til skridning kan anvendes til omfordeling.





**FIGUR 10.** Forsøgsdesignet i demomarkerne i Future Cropping projektet, hvor Kalundborg ses øverst og Bjerringbro nederst. Parcellerne er blevet tildelt 50, 150, 200 eller 300 kg kvælstof pr. ha.

i forsøgsperioden. Demonstrationsmarken i Bjerringbro er vækstreguleret.

Primo marts er der tildelt ca. 50 kg kvælstof pr. ha til alle forsøgsled, og midt april er forsøgsled 2 og 3 tildelt 100 kg kvælstof pr. ha mens led 4 er tildelt 200 kg kvælstof pr. ha. Medio maj er led 3 og 4 tildelt ekstra 50 kg kvælstof pr. ha. Landmanden har medio marts, medio april, medio maj, sidst i maj (vækststadium 45) samt først i juni (vækststadium 51) gennemført målinger med Yara N-sensoren, både i forsøget og i hele marken.

### Resultater

Resultaterne af forsøgene på de to demonstrationsmarker fremgår af tabel 10. I Kalundborg er høstet merudbyttet op til et kvælstofniveau på 200 kg kvælstof pr. ha. En kvælstoftildeling på 300 kg kvælstof pr. ha reducerede udbyttet med 6,6 hkg pr. ha i forhold til en tildeling på 200 kg kvælstof pr. ha. Der blev registreret kraftigt lejesæd før høst (karakter 7 til 10) i parceller tildelt 300 kg kvælstof pr. ha, men også i parceller tildelt 200 kg kvælstof pr. ha blev der registreret betydelig mængder lejesæd (karakter 1 til 7). Se foto. Proteinprocenten steg fra 7,9 til 12,8 procent.

I Bjerringbro er der høstet merudbyttet op til et kvælstofniveau på 200 kg kvælstof pr. ha. En kvælstoftilførsel på 300 kg kvælstof pr. ha reducerede udbyttet med 0,5 hkg pr. ha. i forhold til en tildeling på 200 kg kvælstof pr. ha. Der blev ligeledes registreret lejesæd i Bjerringbro, men kun i parceller tildelt 300 kg kvælstof pr. ha (karakter 1-8). Proteinprocenten steg fra 7,7 til 11,8 procent.



FOTO: METTE LANGGAARD JENSEN, SEGES

Billedet viser sribeforsøget i Kalundborg, hvor der er registreret betydelige forekomst af lejesæd særligt i parceller tildelt 300 kg kvælstof pr. ha men også i parceller tildelt 200 kg kvælstof pr. ha. Parcellen i fokus viser lejesæd i en parcel tildelt 300 kg kvælstof pr. ha uden vækstregulering.

Resultaterne af målinger med Yara N-sensor er stort set ens i alle forsøgsled frem til sidst i april, hvor hele forsøget er gødet ens, mens der senere i vækstsæsonen er tydelige forskelle i biomasseværdier mellem forsøgsled med 50, 150, 200 eller 300 kg kvælstof pr. ha.

I analysen er biomasseværdien udregnet ud fra sensorværdien SN, der måles med Yara N-Sensoren.

Biomasseværdi = kvælstofoptagelse i afgrøden i kg N pr. ha (SN)/10

I begge demonstrationsmarker er variationen i afgrødens biomasse lille i marts måned, hvilket illustrerer, at sensormålingen på dette tidspunkt i vækstsæsonen ikke kan anvendes til at vurdere kvælstofbehovet i forsøgs-

**TABEL 10.** Udbytter og sensormålinger i forsøgene på to demonstrationsmarker i Future Cropping

Kvælstof-tilførsel, kg N pr. ha	Udbytte, hkg pr. ha		Protein pct.		Yara N-Sensor, Værdi <sup>1)</sup>		Yara N-Sensor, Værdi <sup>2)</sup>		Yara N-Sensor, Værdi <sup>3)</sup>		Yara N-Sensor, Værdi <sup>4)</sup>		Yara N-Sensor, Værdi <sup>5)</sup>	
	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning	Gns.	Spredning
<i>Kalundborg 2017</i>														
50	81,6	9,2	7,9	0,7	2,0	0,1	3,3	0,5	6,4	1,0	8,2	1,1	8,0	1,4
150	105,9	4,5	9,5	0,6	2,0	0,1	3,4	0,6	8,2	1,2	10,1	1,2	10,3	1,7
200	107,6	4,3	10,9	0,4	2,0	0,1	3,3	0,6	8,9	0,8	11,9	0,6	12,6	0,8
300	101,0	4,4	12,8	0,3	2,0	0,2	3,5	0,5	9,8	0,7	12,9	0,6	13,9	0,7
<i>Bjerringbro 2017</i>														
50	66,0	8,1	7,7	0,5	2,4	0,3	3,6	0,5	7,8	0,7	7,3	1,1	7,4	1,3
150	99,8	6,8	8,6	0,4	2,3	0,2	3,7	0,3	11,9	0,7	12,2	0,8	12,5	1,0
200	103,9	6,3	10,1	0,3	2,3	0,2	3,6	0,4	12,4	0,5	13,6	0,7	14,2	0,8
300	103,4	6,9	11,8	0,3	2,3	0,3	3,6	0,4	13,9	0,8	15,0	1,40	15,6	1,3

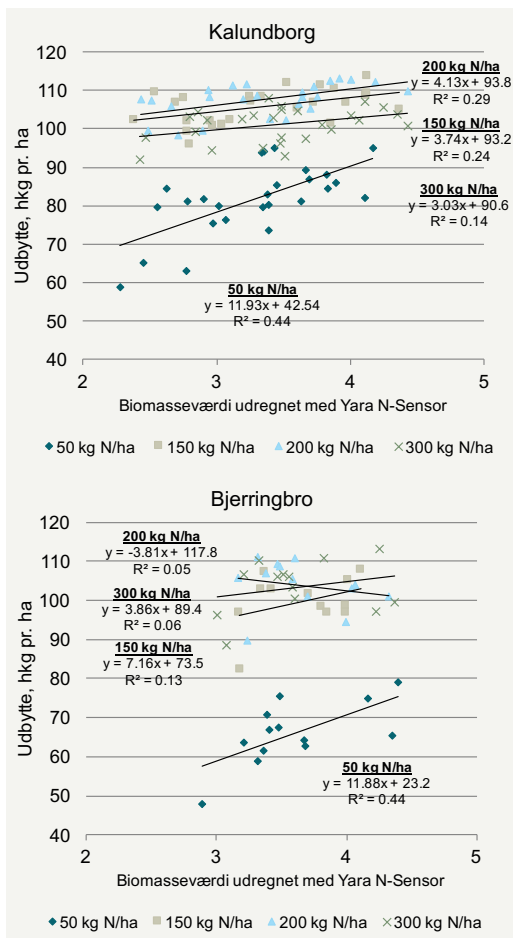
<sup>1)</sup> Sensormåling foretaget 16. marts i Kalundborg og 13. marts i Bjerringbro.

<sup>2)</sup> Sensormåling foretaget 24. april i Kalundborg og 21. april i Bjerringbro.

<sup>3)</sup> Sensormåling foretaget 19. maj i Kalundborg og 24. maj i Bjerringbro.

<sup>4)</sup> Sensormåling foretaget 31. maj i Kalundborg og 30. maj i Bjerringbro.

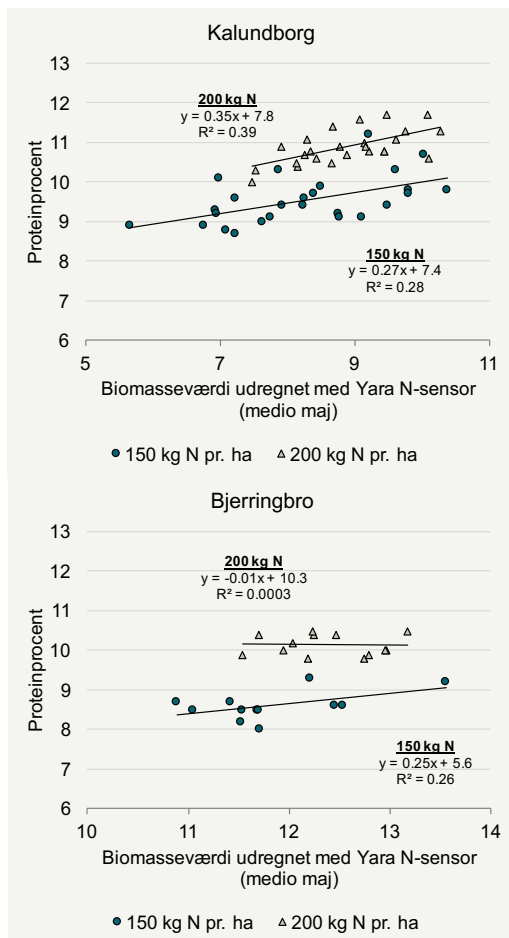
<sup>5)</sup> Sensormåling foretaget 10. juni i Kalundborg og 1. juni i Bjerringbro.



**FIGUR 11.** Udbyttet i forsøgene i Kalundborg og Bjerringbro ved 50, 150, 200 og 300 kg kvælstof pr. ha som funktion af biomasseværdien målt med Yara N-Sensor medio april før anden gødskning.

behandlingerne. Data er ikke vist. Udbyttet i parceller, der er tildelt 50 kg kvælstof pr. ha viser ligesom i 2016 en god sammenhæng med sensormålingen forud for anden kvælstoftildeling. Se figur 11. Ved en lav kvælstoftildeling i handelsgødning er udbyttet afhængigt af den kvælstofmængde jorden stiller til rådighed. Ved tilførsel af 150 til 300 kg kvælstof pr. ha er der en meget svagere sammenhæng mellem udbytte og sensorværdier, fordi forskelle i kvælstofforsyningen fra jorden overskygges af den tilførte mængde handelsgødning.

Sensordata fra medio maj, i parceller tilført 150 eller 160 kg kvælstof pr. ha, viser i to ud af tre enkeltforsøg fra 2016 og 2017 en god korrelation med udbyttet (2017:  $R^2 = 0,4$ , 2016:  $R^2 = 0,4$ ), hvilket indikerer at sensormålinger-



**FIGUR 12.** Proteinprocenten som funktion af biomassen målt med Yara N-Sensor i Kalundborg og Bjerringbro.

ne kan anvendes til at omfordere tredje kvælstoftildeling i marken. Data ikke vist.

Figur 12 viser, at proteinprocenten i afgrøden stiger med 1,1 procentenhed i Kalundborg og 1,5 procentenhed i Bjerringbro ved at proteingødse afgrøden med 50 kg kvælstof pr. ha medio maj. I Kalundborg er stigningen i proteinprocenten ved tildeling af ekstra 50 kg kvælstof uafhængig af sensorværdien. Det indikerer, at en omfordeling af kvælstof ikke vil give en samlet forøgelse af proteinprocenten. I Bjerringbro er der en tendens til, at proteinprocenten stiger mest ved de lave sensorværdier. En omfordeling af kvælstof fra arealer med høje sensorværdier til lave sensorværdier vil derfor give en stigning i proteinprocenten. Dette forudsætter dog alt andet lige,

at udbyttet ved høje kvælstoftilførsler er uafhængigt af sensorværdien. Dette har været tilfældet i de gennemførte forsøg.

#### *Beregning af variationen i kvælstofbehovet*

Resultaterne af forsøgene bekræfter hypotesen om, at udbyttet ved høje kvælstoftilførsler stort set er uafhængigt af de målte sensorværdier, og at der er en statistisk sikker sammenhæng mellem målte sensorværdier og udbyttet ved tilførsel af kun 50 kg kvælstof pr. ha.

Merudbyttet for kvælstof beregnes ud fra sammenhængen mellem sensorværdier og udbytte ved forskellige kvælstofniveauer (se figur 9 og 11). Ved en sensorværdi på 2,5 i Kalundborg er merudbyttet for tilførsel af kvælstof fra 50 til 200 kg kvælstof pr. ha 31,7 hkg pr. ha, mens det kun er 20,0 hkg pr. ha ved en sensorværdi på 4. I Bjerringbro er merudbyttet fra 50 til 200 kg kvælstof pr. ha ved en sensorværdi på 3 47,5 hkg pr. ha, mens det kun er 24 hkg pr. ha ved en sensorværdi på 4,5. Kvælstofbehovet kan beregnes ud fra en generel sammenhæng mellem merudbyttet for tildeling af kvælstof fra 50 til 200 kg kvælstof pr. ha udledt ud fra landsforsøg (se Oversigt over Landsforsøgene, 2016).

Variationen i kvælstofbehovet indenfor forsøgsarealet kan beregnes ud fra følgende sammenhænge, hvor Kalundborg anvendes som eksempel.

- A) Udbyttet ved 50 kg kvælstof pr. ha beregnes som:  
Sensorværdi  $\times$  11,93 + 42,5
- B) Udbyttet ved tildeling af 200 kg kvælstof pr. ha beregnes som: Sensorværdi  $\times$  4,13 + 93,8
- C) Merudbyttet for tildeling af 200 kg kvælstof pr. ha i forhold til 50 kg kvælstof pr. ha: B – A
- D) Kvælstofbehovet beregnes som: C  $\times$  2,85 + 94

Hvor relationen i D er fundet ud fra 229 landsforsøg fra 2007 til 2016, hvor det er beregnet, at den optimale kvælstofmængde (uden proteinkorrektion) ved en prisrelation, hvor der skal avles 8,2 kg korn for at betale ét kg kvælstof, kan beregnes som 2,85  $\times$  merudbyttet fra 50 til 200 kg N pr. ha + 94.

Resultatet af beregningen er vist på figur 13 i form af et kort over forsøgsarealet i Kalundborg. Det gennemsnit-

#### STRATEGI

- > Sensormålinger i vinterhvede medio april kan anvendes til at omfordele anden kvælstoftildeling indenfor marken.
- > Sensormålinger i vinterhvede medio maj kan anvendes til at omfordele tredje kvælstoftildeling (proteingødskning) indenfor marken.
- > Kvælstofbehovet i vinterhvede aftager med stigende sensorværdi.

lige kvælstofbehov er beregnet til 165 kg N pr. ha og standardafvigelse er 12 kg N pr. ha. I Bjerringbro er det gennemsnitlige kvælstofbehov beregnet til 201 kg N pr. ha og standardafvigelsen er 18 kg N pr. ha. Kvælstofbehovet i Kalundborg er påvirket af, at der ikke er anvendt vækstregulering i forsøget, hvilket formentligt har mindsket udbyttet ved de høje kvælstofniveauer på grund af lejesæd. Ud fra variationen i kvælstofbehovet inden for forsøgsarealet kan der ud fra en generel sammenhæng mellem udbyttet ved forskellige kvælstoftilførsler i forhold til behovet beregnes, at udbyttegevinsten ved at tildele kvælstof positionsbestemt i stedet for en ensartet mængde er 0,1 hkg pr. ha i forsøget i Kalundborg og 0,3 hkg pr. ha i forsøget i Bjerringbro i 2017.

Beregningen af kvælstofbehovet viser, at behovet aftager med stigende biomasseværdier i hele intervallet af målte sensorværdier. I nogle marker må det forventes, at sensorværdierne kan blive så lave, at der ikke er tilstrækkelig biomasse til at give fuldt udbytte i marken. Ved så lave værdier skal meriltførslen af kvælstof reduceres eller eventuelt helt undlades.

#### **Positionsbestemt kvælstoftilførsel og vækstregulering i rødsvingel**

I samarbejde med Patriotisk Selskab, DLF og Aarhus Universitet er der gennemført ét forsøg med afprøvning af positionsbestemt tilførsel af kvælstof og vækstregulering i rødsvingel.

Baggrunden for forsøget er en diskussion af, hvordan positionsbestemt tilførsel af kvælstof kan udnyttes til at forøge udbytterne i frøgræs. I korn har forsøg vist, at kvælstof skal flyttes fra områder med høj biomasse til områder med lav biomasse. I frøgræs forventer man, at der ved sengødskning skal flyttes kvælstof fra områder med lav biomasse til områder med høj biomasse, fordi



**FIGUR 13.** Øverst et kort over biomassen målt i parcellerne i forsøget i Kalundborg med Yara N-sensor før anden gødskning midt i april, hvor hele forsøgsarealet er tildelt samme kvælstofmængde. Nederst et kort over kvælstofbehovet beregnet ud fra biomassemålingerne. Mellem parcellerne varierer behovet mellem 140 og 190 kg kvælstof pr. ha.

**TABEL 11.** Resultat af forsøg med positionsbestemt tildeling og vækstregulering i rødsvingel. Gennemsnit af parceller

Rød- svingel	Moderat vækstregulering <sup>1)</sup>			Kraftig vækstregulering <sup>2)</sup>		
	Lejesæd ved blom- string	Lejesæd ved høst	Udbytte, kg frø pr. ha	Lejesæd ved blom- string	Lejesæd ved høst	Udbytte, kg frø pr. ha
<i>2017. 1 forsøg</i>						
0 N	0,0	0	1.517	0	0	1.495
30 N	0,1	0	1.552	0	0	1.500
45 N	0,2	0	1.479	0	0	1.504
60 N	0,2	0	1.555	0	0	1.476
LSD			ns			ns

<sup>1)</sup> 0,4 l Moddus Start + 0,8 l Cuadro 25 EC

<sup>2)</sup> 0,8 l Moddus Start + 0,8 l Cuadro 25 EC

det er her, at der er potentiale for et højt frøudbytte. Samtidig forventer man, at vækstreguleringsbehovet er størst ved høj biomasse.

Forsøget er anlagt i en veletableret 2. års rødsvingelmark på et stærkt kuperet areal. Ved anlæg af forsøget var marken tildelt kvælstof om efteråret og i det tidlige forår. Det var planlagt, at marken skulle tilføres 30 kg kvælstof pr. ha som sengødsning medio april for at hæve frøvægten.

I hele agerlængden (600 m) er der anlagt 4 parceller i hver række á 30 meters længde. Forsøgsbehandlinger og resultat fremgår af tabel 11. Kvælstoftilførslen er foretaget den 20. april.

Der er ikke registreret lejesæd i forsøget før blomstring. Før 2. vækstregulering er afgrøden meget kraftig, og risikoen for lejesæd blev vurderet til at være så stor, at hele forsøget fik samme dosering af vækstregulering.

Der er ikke opnået merudbytte for sengødsning med kvælstof, og der er ikke opnået merudbytte for en øget vækstregulering i form af en ekstra dosering af Moddus Start.

Formålet med forsøget er at undersøge, om det er formålstjenligt at graduere kvælstoftilførslen og vækstreguleringen ud fra biomassen. Biomassen i forsøget er bestemt ud fra NDVI målt fra satellit. Parcellerne er kun 6 meter brede og opløsningen på satellitbilleder er 10 x 10 m. Derfor kan der kun bestemmes én NDVI-værdi for hver række i forsøget. Afgrøden har før gødsning være meget tæt, og for kraftig til overalt på forsøgsarealet til, at der på dette tidspunkt kan bestemmes store forskelle

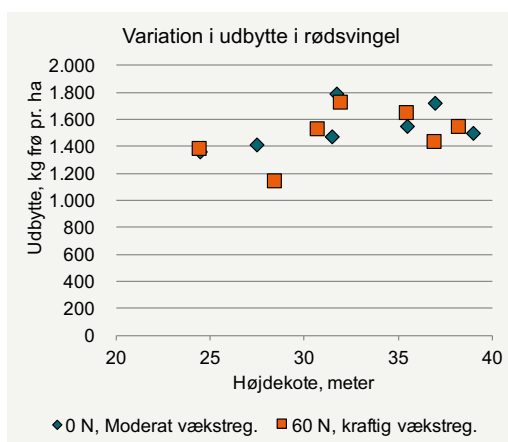
**TABEL 12.** Målt NDVI i forsøg i rødsvingel med satellit på tre forskellige tidspunkter

Rødsvingel	NDVI, gennem- snit	NDVI, standard- afvigelse
<i>2017. 1 forsøg</i>		
Satellitdata fra den 30. april 2017	0,95	0,01
Satellitdata fra den 4. marts 2017	0,94	0,02
Satellitdata fra den 5. september 2016	0,53	0,04

i NDVI værdien indenfor marken. Derfor er der udover satellitdata ved gødsningen fra den 30. april også anvendt satellitdata fra den 4. marts og 5. september efteråret 2016. Værdierne fremgår af tabel 12.

Både ved målingen den 3. og 30. april er afgrøden så kraftig og NDVI så høj, at variationen (udtrykt ved standardafvigelsen) er beskednen. NDVI kan derfor ikke danne udgangspunkt for graduering af kvælstofmængden. Den 5. september 2016 er målingen gennemført på udviklingen af græsset efter høst af 1. års rødsvingel. Her er variationen større, men fortsat beskednen. På grund af den lille variation i NDVI generelt i forsøget kan udbytter og merudbytter for tilførsel af kvælstof og vækstregulering indenfor forsøgsarealet ikke knyttes til variationer i NDVI.

Variationen i udbytterne indenfor forsøgsarealet er beskednen. Det varierer kun 10 pct. mellem alle parceller på arealet (variationskoefficienten). Det understøtter, at der ikke har været det store behov for at graduere tilførsel af gødning og vækstregulering i denne mark med 2. års rødsvingel.



**FIGUR 14.** Variation i udbytte i rødsvingel i to forsøgsled i forhold til højdekoten.

I figur 14 er udbyttet i forsøgsled uden sengødskning og moderat vækstreguleret samt forsøgsleddet med tilførsel af 60 kg kvælstof pr. ha og kraftig vækstregulering vist som funktion af højden over havet.

## Strategier for delt tilførsel af kvælstof

> **TORKILD BIRKMOSE**, SEGES

### Strategi for deling af kvælstof til vårbyg

Normalt tildeles alt kvælstof i handelsgødning til vårbyg forud for eller samtidig med såning. Imidlertid kan det især på sandjord, eller hvis man ønsker at graduere kvælstoftildelingen, være en god idé at dele kvælstoftilførslen ad to eller tre gange. På sandjord reducerer det risikoen for udvaskning af kvælstof, og en sen tilførsel af kvælstof vil også øge sandsynligheden for et højere proteinindhold i kernerne.

I 2017 er der gennemført i alt 9 forsøg i tre forskellige forsøgsserier, hvor det er muligt at sammenligne en delt gødsning med gødsning ad én gang ved såning. Forsø-

gene er alle gennemført med fast gødning. Forsøgsplaner og resultater er vist i tabel 13.

Delt gødsning resulterer i en højere proteinkoncentration i kernen, og især når kvælstoffet er tilført relativt sent (stadie 37-39). Den højere koncentration opnås på bekostning af et stort set tilsvarende lavere kerneudbytte, således at det samlede proteinudbytte har været uafhængigt af kvælstofstrategien.

I forsøgsserien 070331717 er der sammenlignet forskellige delingsstrategier med 120 kg kvælstof pr. ha. Ved såning er der placeret henholdsvis 120, 80 eller 40 kg kvælstof pr. ha. I de seks forsøg er der en tendens til, at udbyttet falder, jo mindre kvælstof, der er tilført ved såning.

I 2016 blev der gennemført fem forsøg med delt tilførsel af 160 kg kvælstof pr. ha. Resultaterne af disse forsøg er også vist nederst i tabel 13. I 2016 gav en deling af 160 kg kvælstof pr. ha både en lille stigning i proteinprocenten samt en lille og ikke signifikant stigning i kerneudbyttet.

**TABEL 13.** Strategi for deling af kvælstof til vårbyg. (N1, N7, N8)

Vårbyg	Kg N pr. ha			Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Protein-korrigeret nettomerudb., hkg pr. ha <sup>2)</sup>
	Placeret ved såning	St. 31	St. 37-39					
<i>2017. 6 forsøg efter forsøgsplan 070251717 og 070331717</i>								
4. NS 27-4 <sup>3)</sup>	120			3	10,8	90	<b>61,2</b>	
7. NS 27-4	80	40		3	10,7	86	-2,2	-3,2
8. NS 27-4	80		40	3	11,2	86	-4,3	-4,3
9. NS 27-4	40	80		4	11,0	83	-5,9	-6,3
10. NS 27-4	40	40	40	4	11,4	88	-4,6	-5,0
LSD						ns	3,5	
<i>2017. 2 forsøg efter forsøgsplan 070321717</i>								
9. NPK 21-4-10 <sup>4)</sup>	140			0	11,5	104	<b>66,3</b>	
13. NPK 21-4-10	100	40		0	11,6	101	-2,1	-2,7
LSD						ns	ns	
<i>2017. 1 forsøg efter forsøgsplan 070911717</i>								
5. NS 27-4 <sup>3)</sup>	120			0	9,3	59	<b>59,1</b>	
4. NS 27-4	80	40		0	9,7	59	-0,5	-0,5
LSD						ns	ns	
<i>2016. 5 forsøg efter forsøgsplan 070331616</i>								
5. NS 27-4 <sup>3)</sup>	160			1	11,0	94	<b>63,1</b>	
7. NS 27-4	120	40		1	11,2	97	0,8	0,4
LSD						ns	ns	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein. Der er indregnet en ekstra omkostning til udbringning på 80 kr. pr. ha pr. gang

<sup>3)</sup> YaraBela Axan

<sup>4)</sup> YaraMila 21-4-10 m. S, B.

## Strategi for deling af kvælstof til vinterhvede

Med en økonomisk optimal kvælstofkvote kan det overvejes at treddele kvælstoftilførslen til vinterhvede. Ved en tredeling gemmes typisk 40 til 50 kg kvælstof pr. ha, som tilføres sidst i maj eller først i juni. Derved opnås normalt et lidt højere proteinindhold og fuldt kerneudbytte. Merværdien af afgrøden vil i mange tilfælde kunne betale for en ekstra udbringning. Især er det interessant med en tredeling, hvis man ønsker at graduere kvælstofgødningen i forhold til den faktiske optagelse i afgrøden i maj for at kunne tildele mest kvælstof dér, hvor behovet er størst.

I tre forsøgsserier med i alt 16 forsøg i vinterhvede kan en todelt og en tredelt strategi sammenlignes. Se tabel 14. I forsøgene er gødningen i den delte strategi udbragt midt i marts og midt i april til først i maj. Tredje tildeling er sket enten i stadie 37 eller 45.

Den tredelte strategi giver en lille stigning i kerneudbyttet. Forskellene er ikke signifikante i gennemsnit, men i fem enkeltforsøg giver den tredelte tildeling en signifikant stigning i kerneudbyttet, mens det resulterer i et signifikant fald i to forsøg. Se figur 15.

I 2016 viste tilsvarende forsøg, at en tredeling gav et fald i udbyttet i en del forsøg. Årsagen til faldet var forment-

lig en dårlig effekt af anden tildeling, som skete umiddelbart før en tør periode i starten af maj. I 2017 er anden tildeling dels sket tidligere, dels er udbringningen ikke sket forud for en tørkeperiode.

Resultaterne tyder derfor på, at man kan øge sandsynligheden for et godt resultat af en tredeling ved at sikre, at anden tildeling ikke sker for sent.

## Strategi for deling af kvælstof til vinterbyg

Normalt anbefales det at tildele kvælstof til vinterbyg om foråret ad to eller tre gange. Ved første tildeling i det tidlige forår anbefales det normalt at tilføre 40-50 kg kvælstof for bl.a. at reducere risikoen for lejesæd. Engelske forsøg udført af forsknings- og rådgivningsinstitutionen ADAS har imidlertid vist, at det kan være en fordel at øge tilførslen første gang for bl.a. at sikre en tilstrækkelig buskning. I gennemsnit af seks forsøg fandt man en signifikant stigning i udbyttet på ca. 3 hkg pr. ha ved at øge den tidlige tildeling, mens proteinprocenten blev reduceret med ca. 0,4 procentenheder.

For at undersøge effekten af forskellige delingsstrategier under danske forhold, er der i 2017 gennemført fire forsøg, hvor der er tilført i alt 200 kg kvælstof pr. ha ved tre forskellige delingsstrategier for tildeling henholdsvis tidligt forår og midt i april: 50+150 kg kvælstof, 100+100 kg

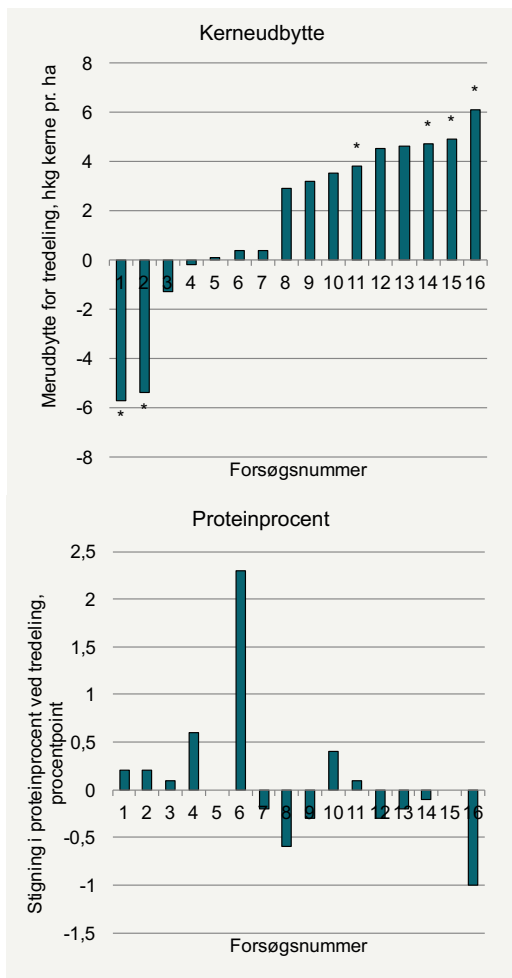
TABEL 14. Strategi for deling af kvælstof til vinterhvede. (N6, N9, N10)

Vinterhvede	Kg N pr. ha					Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Protein-korrigeret netto-merudb., hkg pr. ha <sup>2)</sup>
	Midt i marts	Midt i april	Først i maj, st. 31	Midt i maj, st. 37	Sidst i maj, st. 45					
<i>2017. 8 forsøg efter forsøgsplan 07031-1717</i>										
5. 200 N i NS 27-4	50	150				1	10,8	165	<b>102,7</b>	
8. 200 N i NS 27-4	50	100			50	0	11,0	172	1,9	1,9
9. 200 N i NS 27-4	80		80		40	1	10,9	169	0,9	0,5
LSD								ns	ns	
<i>2017. 4 forsøg efter forsøgsplan 07029-1717</i>										
5. 200 N i NS 27-4	100	100				0	10,1	143	<b>95,1</b>	
14. 200 N i NS 27-4	100	75		25		0	10,0	143	1,7	0,6
LSD								ns	ns	
<i>2017. 4 forsøg efter forsøgsplan 07064-1717</i>										
1B. 200 N i NS 27-4	100		100			3	10,8	159	<b>98,9</b>	
2B. 200 N i NS 27-4	100		50	50		3	10,5	157	1,1	-0,7
3B. 250 N i NS 27-4	150		100			3	11,5	167	<b>97,0</b>	
4B. 250 N i NS 27-4	150		50	50		3	11,2	164	1,4	1,2
LSD								ns	ns	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein. Der er indregnet en ekstra udbringning med en omkostning på 80 kr.





**FIGUR 15.** Merudbytte (øverst) og stigning i proteinprocent (nederst) for tredeling af 200 kg kvælstof pr. ha i forhold til todeling i 16 enkeltforsøg i 2017. Med \* er markeret de forsøg, hvor merudbyttet er signifikant.

kvælstof og 150+50 kg kvælstof pr. ha. Der er gennemført to forsøg på sandjord og to på lerjord. Alle fire forsøg er gennemført i Jylland.

Resultaterne af forsøgene ses i tabel 15. Der er høstet et signifikant merudbytte på henholdsvis 2,0 og 2,7 hkg pr. ha ved at tilføre 100 og 150 kg kvælstof pr. ha ved første tildeling frem for blot 50 kg kvælstof. Proteinprocenten er imidlertid faldet med 0,3 procentenheder, men på grund af det højere kerneudbytte er det samlede proteinudbytte stort set ens ved de tre strategier. Der er altså høstet mere stivelse. Omfanget af lejesæd ved høst er stort set ens. Der er ikke observeret lejesæd i blom-

**TABEL 15.** Strategi for deling af kvælstof til vinterbyg. (N3)

Vinterbyg	Kg N pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Proteinkorrigeret netto-merudb., hkg pr. ha <sup>2)</sup>	
	Midt i marts	Midt i april						
2017. 4 forsøg								
5. NS 27-4	50	150	4	11,7	125	<b>78,1</b>	-	
6. NS 27-4	100	100	3	11,3	124	2,0	0,9	
7. NS 27-4	150	50	3	11,4	125	2,7	1,9	
LSD					ns			1,4

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein.

stringsfasen i forsøgene, og udbyttetendensen er ens i alle fire forsøg.

Resultaterne af de danske forsøg svarer stort set til de engelske, og resultaterne tyder derfor på, at det kan være en fordel at øge den tidlige tilførsel. Dog må det forventes, at risikoen for lejesæd øges, jo større andel af kvælstoffet, som tilføres tidligt. Derfor må det anbefales at tilpasse strategien for vækstregulering til en større risiko for lejesæd.

Forsøgene fortsætter i 2018.

### Strategi for deling af kvælstof til vinterrug

I vinterrug bør kvælstoffet deles, blandt andet fordi en tidlig tildeling af en stor kvælstofmængde giver stor risiko for lejesæd. Delingsstrategien vil også have betydning for proteinindholdet i kernerne. For at fastsætte den optimale delingsstrategi i vinterrug er forsøgene med stigende mængder kvælstof suppleret med led, hvor 160 kg kvælstof pr. ha er delt på forskellige måder. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 16.

I 2017 er der gennemført tre forsøg på henholdsvis JB 3, 4 og 6.

Ved at udskyde kvælstoftildelingen, så en del af kvælstoffet først er tilført omkring 1. maj i vækststadium 32, er kerneudbyttet reduceret signifikant, mens proteinindholdet stort set er uændret. Det proteinkorrigerede nettomerudbytte er derfor væsentlig lavere end ved en traditionel todelt strategi, hvor vinterrugen færdiggødes midt i april. En tredelt strategi, hvor kun 40 kg kvælstof pr. ha er tilført omkring 1. maj, resulterer derimod i samme udbytte og proteinprocent, som den delte strategi.

**TABEL 16.** Strategi for deling af kvælstof til vinterrug. (N4, N11)

Vinterrug	Kg N pr. ha			Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kernestorstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Proteinkorr. nettomerdub., hkg pr. ha <sup>2)</sup>
	Midt i marts, st. 25	Midt i april, st. 30	Ca. 1. maj, st. 32					
<i>2017. 3 forsøg</i>								
5. NS 27-4	40	120		2	8,8	100	<b>83,5</b>	
7. NS 27-4	40		120	1	8,8	91	-7,3	-7,3
8. NS 27-4		40	120	1	8,9	91	-7,8	-7,5
9. NS 27-4	40	80	40	1	8,9	101	0,0	-0,5
LSD						ns	4,4	
<i>2014-17. 12 forsøg</i>								
5. NS 27-4	40	120		2	9,0	98	<b>80,3</b>	
7. NS 27-4	40		120	2	9,6	101	-3,2	-1,5
8. NS 27-4		40	120	2	9,9	100	-5,5	-3,0
9. NS 27-4	40	80	40	2	9,3	102	0,8	0,9
LSD						ns	3,8	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein. Der er indregnet en ekstra udbringning med en omkostning på 80 kr. i led 9.

I perioden 2014 til 2017 er der i alt gennemført 12 forsøg efter samme plan, og resultaterne fremgår nederst i tabel 16. I gennemsnit af alle forsøgene har en udskudt gødsning, hvor en stor del af kvælstoffet først tilføres omkring 1. maj resulteret i en højere proteinprocent, men et markant lavere kerneudbyttet. Derimod har den tredelte strategi faktisk været den bedste strategi, når man sammenligner det proteinkorrigerede udbytte, fordi både kerneudbytte og proteinprocent har været lidt højere end ved en todelt strategi. Forskellene er dog ikke signifikante.

#### STRATEGI

Ved gødsning af vinterrug skal størstedelen af kvælstoffet være tilført ca. midt i april. Følgende strategier kan derfor vælges:

Todelt strategi:

Første tildeling: Tidel 40-60 kg kvælstof pr. ha ved vækststart

Anden tildeling: Tidel resten midt i april.

Tredelt strategi, hvor tredje tildeling eventuelt gradueres:

Første tildeling: Tidel 40-60 kg kvælstof pr. ha ved vækststart

Anden tildeling: Tidel resten minus 30-40 kg kvælstof pr. ha midt i april.

Tredje tildeling: Tidel 30-40 kg kvælstof pr. ha i stadium 32-34 i starten af maj.

#### Strategi for tildeling af kvælstof til vinterraps

Den danske strategi har hidtil været, at cirka halvdelen af kvælstofmængden til vinterraps tildeles først i marts og resten sidst i marts. Engelske forsøg tyder på, at rapsen derved færdiggødskes for tidligt. Korn har generelt en god evne til at omfordele næringsstofferne til kernen fra den øvrige del af planten, mens raps er dårligere til dette. Tidlig tildeling af kvælstof til vinterraps giver derudover en kraftig vegetativ vækst med risiko for lejesæd. Erfaringerne fra blandt andet engelske forsøg tyder på, at det er vigtigt, at der også er tilført kvælstof relativt sent, så der er kvælstof til rådighed under frøfyldning. I praksis oplever mange høstbesvær, når rapsen bliver for kraftig. Senere gødsning vil give en mindre plante med lettere høst til følge. Den engelske strategi er afprøvet sammen med en danske og en svensk strategi i afsnittet Kvælstof og vækstregulering til vinterraps. Se resultaterne af disse forsøg i tabel 28.

#### Forsøg med deling af fast gødning

For at undersøge konsekvensen af at udsætte gødsningen er der gennemført fire forsøg med fast handelsgødning, hvor 200 kg kvælstof pr. ha er tilført efter fem forskellige strategier, hvor kvælstofmængde og tilførselstidspunkt gradvist er udskudt til senere end normalt. Forsøgsled 10 er færdiggødet under fuld blomst med bladgødsning med flydende DanGødning. De øvrige tilførsler er sket i form af fast NS 26-14. Strategierne er vist i tabel 17.

**TABEL 17.** Strategi for deling af kvælstof i fast gødning til vinterraps. (N5)

Vinterraps	Kg N pr. ha				Kar. for lejesæd i st.84 <sup>1)</sup>	Olie, pct. i tørstof	Udb. og merudb., hkg frø std. kvalitet	Nettomerudb., hkg frø std.-kvalitet <sup>2)</sup>
	Primo mar. NS 26-14	Primo april NS 26-14	Ultimo april NS 26-14	St. 57, flyd. N 32				
<i>2017. 4 forsøg</i>								
5.	50	150			1	50,0	<b>46,7</b>	-
7.	50	100	50		1	49,8	-0,6	-0,9
8.		100	100		1	49,5	-0,7	-0,7
9.		50	150		1	49,7	-0,9	-0,9
10.	50	50	80	20	1	49,6	-0,8	-1,4
<i>LSD</i>							<i>ns</i>	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> I led 7 er der regnet med én ekstra udbringning og i led 10 er der regnet med to ekstra udbringninger á 80 kr. pr. ha.

**TABEL 18.** Strategi for deling af flydende gødning til vinterraps (N12)

Vinterraps	Kg N pr. ha				Kar. for lejesæd i st.84 <sup>1)</sup>	Olie, pct. i tørstof	Udb. og merudb., hkg frø std.-kvalitet	Nettomerudb., hkg frø std.-kvalitet <sup>2)</sup>
	Sidst i marts	Midt i april	Fuld blomstring, først i maj	I alt				
<i>2017. 4 forsøg</i>								
1. DanGødning 24-0-0-6	170			170	2	49,8	<b>41,3</b>	-
2. DanGødning 24-0-0-6	70	100		170	3	49,8	0,9	0,6
3. DanGødning 24-0-0-6	70	70	30	170	2	49,8	2,7	2,1
4. DanGødning 24-0-0-6	140		30	170	3	49,0	1,0	0,7
<i>LSD</i>							<i>ns</i>	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> I led 2 og 4 er der regnet med én ekstra udbringning og i led 3 er der regnet med to ekstra udbringninger á 80 kr. pr. ha.

Strategier med delt og udskudt kvælstoftilførsel giver ikke højere høstudbytter end en traditionel todeling, hvor gødsningen afsluttes i starten af april. Årsagen kan være, at den tidlige tildeling ikke har resulteret i betydelig lejesæd af betydning i nogen af forsøgene. Der har således ikke været nogen udbyttereducerende lejesæd i det traditionelt gødede forsøgsled, som en alternativ gødskningsstrategi har kunnet rette op på. I alle fire forsøg er der en tendens til, at olieprocenten i frøene falder, når kvælstoftilførslen udskydes. Dette fænomen er også observeret i engelske forsøg.

#### *Forsøg med deling af flydende gødning*

I samarbejde med DanGødning er der gennemført fire forsøg, hvor i alt 170 kg kvælstof pr. ha er tilført ad én, to eller tre gange. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 18.

Den delte gødsning giver en besked og ikke-signifikant stigning i frøudbyttet. I to af forsøgene er merudbyttet dog signifikant. Især i et forsøg på Sjælland ser der ud til at være sammenhæng mellem merudbyttet for deling af kvælstof og forekomsten af lejesæd, idet en deling af kvælstoffet resulterer i et fald i lejesædskarakteren.

Resultaterne tyder på, at en to- eller tredeling af kvælstoffet kan være en god idé, især, hvis der er erfaring for, at rapsen går i leje.

## Gødningstyper og gødskningsstrategier

> **TORKILD BIRKMOSE, NANNA HELLUM KRISTENSEN, METTE LANGGAARD JENSEN, CAMILLA LEMMING OG REBEKKA KJELDGAARD KRISTENSEN, SEGES**

### Gødsning af vinterhvede, efterår og forår

Det har i de senere år været diskuteret, om der er et behov for at tilføre fosfor og kvælstof til vintersæd om efteråret. Sidste års forsøg viste i to ud af fire forsøg et signifikant merudbytte for efterårstilførsel af kvælstof. Herudover gav et forsøg et overraskende højt merudbytte for efterårstilførsel af fosfor. Forsøget var dog anlagt, hvor der tidligere er set kraftig fosformangel. Se Oversigt over Landsforsøgene 2016, s. 219. I efteråret 2016 er der anlagt fire nye forsøg, hvor kvælstof og fosfor er placeret om efteråret eller bredspredt om foråret. Herudover er der i to af forsøgsleddene tilført 118 kg YaraMila Raps NPK 17-5-10 pr. ha om efteråret, som er henholdsvis

**TABEL 19.** Gødskning af vinterhvede om efteråret og om foråret. (N13)

Vinterhvede	Efterår ved såning			Tidligt forår		Kg N pr. ha i alt ift. norm	Kg P pr. ha ialt	Råprotein i kerne-tørstof, procent	Udb., kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
	Udbringningsmetode <sup>1)</sup>	Kg N pr. ha	Kg P pr. ha	Kg N pr. ha ift. norm	Kg P pr. ha					
<i>2017. 4 forsøg</i>										
1. Standard				0		0	0	8,9	129	<b>97,0</b>
2. TSP <sup>2)</sup> - forår				0	22	0	22	9,0	131	0,6
3. TSP <sup>2)</sup> - forår m. reduceret norm				-20	22	-20	22	8,6	122	-2,4
4. TSP <sup>2)</sup> - efterår	Placeret		22	0		0	22	9,1	133	1,1
5. DAP <sup>3)</sup> - efterår	Placeret	20	22	-20		0	22	8,8	126	-0,9
6. Svovl. Amm. <sup>4)</sup> - efterår	Placeret	20		-20	22	0	22	8,6	122	-1,7
7. YaraMila Raps - efterår	Placeret	20	6	-20	17	0	23	8,8	125	-1,0
8. DAP <sup>3)</sup> - efterår	Iblandet udsæd	20	22	-20		0	22	8,9	131	1,1
9. Svovl. Amm. <sup>4)</sup> - efterår	Iblandet udsæd	20		-20	22	0	22	8,9	127	-0,9
10. YaraMila Raps <sup>5)</sup> - efterår	Iblandet udsæd	20	6	-20	17	0	23	8,8	126	-0,8
11. DAP <sup>3)</sup> - forår + TSP <sup>2)</sup> efterår	Placeret	20	22	-20	22	0	44	8,7	123	-3,0
<b>LSD</b>									6,5	2,5

<sup>1)</sup> Udbringningsmetode om efteråret. Forårsudbringning er bredspredt i alle led.

<sup>2)</sup> Triplesuperfosfat

<sup>3)</sup> Diammoniumfosfat

<sup>4)</sup> Svovlsur ammoniak

<sup>5)</sup> Med YaraMila Raps NPK 17-5-10 udbringes 6 kg kvælstof, 20 kg fosfor, 12 kg kalium pr. ha.

placeret eller iblandet udsæden. Herudover er der to forsøgsled, hvor diammoniumfosfat eller svovlsur ammoniak er iblandet udsæden.

To af forsøgene er anlagt på JB 6 på Sjælland med fosfortal på henholdsvis 2,8 og 4, og to forsøg i Nordjylland, hvoraf det ene på en JB 6 med et fosfortal på 2,4. Det fjerde forsøg er anlagt på en JB 4 med et fosfortal på 3,9. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 19.

En reduktion på 20 kg kvælstof pr. ha om foråret medfører et signifikant lavere udbytte på 3,0 hkg pr. ha, og har givet et lavere proteinindhold i kernen (led 2 og 3). Placering af 20 kg kvælstof pr. ha i svovlsur ammoniak om efteråret og en tilsvarende reduceret kvælstoftilførsel om foråret har ikke signifikant effekt på udbyttet, men proteinindholdet i kernen er reduceret ved efterårstilførsel i forhold til forårstilførsel af 20 kg kvælstof pr. ha (led 2 og 6). Der er ligeledes ikke signifikante merudbytter for tilførsel af 20 kg kvælstof pr. ha om efteråret i nogen af enkeltforsøgene. De fire forsøg viser, at de højeste udbytter er opnået, når hele kvælstoftilførslen er sket om foråret.

Behandlingen med både efterårs- og forårstilførsel af fosfor svarende til 44 kg fosfor pr. ha i alt, giver ikke merudbytter (led 6 og 11). Tilførsel af 22 kg fosfor pr. ha giver hverken ved efterårs- eller forårstilførsel signifikante merudbytter. Der er heller ikke signifikante merudbytter ved tildeling af 22 kg fosfor pr. ha, hverken om efteråret eller om foråret i nogen af enkeltforsøgene.

De fire forsøg viser, at hverken kvælstof- eller fosfortildeling om efteråret har signifikant effekt på udbyttet. De højeste udbytter blev opnået ved at iblande diammoniumfosfat i udsæden og ved at placere tripelsuperfosfat om efteråret. Ved lave fosfortal eller mistanke om fosformangel kan tripelsuperfosfat anvendes ved placering om efteråret.

### CULTAN-gødskning i vinterhvede

Metoden CULTAN-gødskning (Controlled uptake long term ammonium nutrition) består i punktnedfældet ammoniumgødning, hvor kvælstof tilføres som rent ammonium. Metoden skulle kunne øge udbyttet og reducere nitratudvaskningen, da gødningen frigives langsomt. På arealer med reduceret jordbearbejdning, hvor indhol-



FOTO: TORKILD BIRKMOSE, SEGES

Udstyr til punktnedfældning af ammoniumgødning. Metoden kaldes CULTAN (Controlled uptake long term ammonium nutrition).

**TABEL 20.** CULTAN-gødskning i vinterhvede. (N14)

Vinterhvede	Udbringningsmetode i marts <sup>1)</sup>	Udbragt kg N pr. ha i alt	NDVI værdi	Råprotein i kernetørstof, procent	Udb., kg N i kerne pr. ha	Udb. hkg kerne pr. ha
<i>2017. 3 forsøg</i>						
1. 60 N i NS 27-4 + 20 N i NS 27-4	Bredspredt	80	0,68	8,8	85	64,9
2. 60 N i NS 27-4 + 80 N i NS 27-4	Bredspredt	140	0,71	9,5	106	73,5
3. 60 N i NS 27-4 + 140 N i NS 27-4	Bredspredt	200	0,74	10,4	121	78,1
4. 100 N i amm. <sup>2)</sup> + 40 N i NS 27-4	CULTAN	140	0,74	9,7	110	76,2
5. 100 N i amm. <sup>2)</sup> + 40 N i NS 27-4	Uddriblet <sup>4)</sup>	140	0,74	9,7	109	75,1
6. 100 N i amm. <sup>2)</sup> + 100 N i NS 27-4	CULTAN	200	0,76	10,7	125	78,2
7. 100 N i DanG <sup>3)</sup> + 40 N i NS 27-4	CULTAN	140	0,71	9,5	101	71,2
8. 100 N i DanG <sup>3)</sup> + 100 N i NS 27-4	CULTAN	200	0,73	10,3	117	75,8
9. 100 N i NS 27-4 + 40 N i NS 27-4	Bredspredt	140	0,74	9,4	103	73,4
10. 100 N i NS 27-4 + 100 N i NS 27-4	Bredspredt	200	0,75	10,2	117	77,2
<i>LSD</i>					3,6	2,4

<sup>1)</sup> Udbringning i april er i alle led sket ved bredspredning

<sup>2)</sup> Ammoniumsulfatopløsning NS 8-9

<sup>3)</sup> DanGødning 24-0-0-6

<sup>4)</sup> I led 5 uddribles flydende gødning med Hardi Quintastream dysse

det af organisk stof i det øverste jordlag typisk er højt, sikrer punktplaceringen under de øverste 3-5 cm, at der sker mindre immobilisering af kvælstof i forhold til bredspredt gødning.

I 2015 blev der gennemført forsøg med vinterhvede, hvor CULTAN-gødskning resulterede i et markant højere indhold af protein i kernen end ved traditionel gødskning. Se Oversigt over Landsforsøgene 2015, s. 223. I 2016 blev der ligeledes gennemført forsøg, men på grund af svære afdræningsforhold, viste forsøget relativt lave udbytter og ingen effekt af behandlingerne. Se Oversigt over Landsforsøgene 2016, s. 224. I 2017 er der gennemført tre forsøg med vinterhvede på pløjefri befrifter på Djursland. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 20.

Der er et signifikant merudbytte ved CULTAN-gødskning på 2,8 hkg kerne pr. ha sammenlignet med bredspredning ved en samlet kvælstofmængde på 140 kg pr. ha (led 4 og 9). Herudover gav CULTAN-gødskning et højere proteinindhold i kernen på 0,3 procentenhed. Dog er der ikke signifikant udbytteforskel på om ammoniumsulfatopløsningen blev tilført med CULTAN eller uddriblet (led 4 og 5). Det er derfor svært at afgøre, om effekten skyldes gødningstypen eller udbringningsmetoden. DanGødning giver et signifikant lavere udbytte både ved 140 og 200 kg kvælstof pr. ha end med samme mængde kvælstof i ammoniumsulfatopløsning (led 4 og 7 samt led 8 og 6).

De tre forsøg viser, at CULTAN-gødskning med ammoniumsulfatopløsning øger kerneudbyttet og proteinindholdet i kernen på pløjefri arealer, når tilførslen i alt svarer til 140 kg kvælstof pr. ha. Ved tilførsel af 200 kg kvælstof pr. ha i alt er effekten af CULTAN-gødskning på kerneudbyttet mindre og ikke signifikant, mens der er en øget proteinprocent ved CULTAN-gødskning. Det er ikke muligt at afgøre, om effekten på udbyttet skyldes udbringningsmetoden eller gødningstypen.

Forsøgsserien fortsætter i 2018.

### Strategi for kvælstof og vækstregulering i vinterhvede

I 2017 har det været muligt at tildele den kvælstofmængde, der i gennemsnit svarer til afgrødernes behov. Ved optimale kvælstofkvoter øges risikoen for lejesæd. Det kan derfor være en fordel at dele kvælstoftildelingen samt tildele vækstregulering på relevante tidspunkter for at sikre et optimalt høstudbytte. Tidlige og færre kvælstoftildelinger vil typisk øge risikoen for lejesæd og dermed behovet for vækstregulering. Formålet med disse forsøg er at undersøge, hvordan en deling af kvælstoftildelingen kan påvirke høstudbyttet og risikoen for lejesæd, samt hvordan vækstreguleringsstrategien kan påvirke valg af kvælstofstrategi.

Der er gennemført fire forsøg på JB 4 og 6 i sorten Benchmark på arealer med et højt udbyttensniveau og god forfrugt. I hvert forsøg er der tilført henholdsvis 200 og 250 kg kvælstof pr. ha, hvor tildelingen i begge tilfælde er todelt eller tredelt. Derudover er der tildelt vækstregule-

ring 0,4 l Medax Top + 0,4 l Ammoniumsulfat-opløsning nul eller to gange. Se kvælstofstrategierne og vækstregeringsstrategierne i tabel 21. Den første kvælstoftildeling er sket i medio marts, den anden i stadiet 31 og den tredje i stadiet 37. Vækstreguleringen er sket i stadiet 32-33 og for de led, der får to behandlinger, er anden tildeling sket i stadiet 37.

Et af formålene med forsøget var at undersøge om valget af vækstregeringsstrategi har indflydelse på valg af kvælstofstrategi eller omvendt. De statistiske analyser af dette års forsøg peger på, at de ikke har nogen indflydelse på hinanden. De vil derfor også i det følgende behandles adskilt.

### Risiko for lejesæd

Tabel 21 viser, at lejesæden kommer hen mod høst. Et af enkeltforsøgene gik næsten/helt i leje i alle behandlinger, hvor der i de andre enkeltforsøg ikke har været lejesæd. I enkeltforsøget med en høj forekomst af lejesæd med karakterer mellem 7 og 9 er lejesæden påvirket af vækstregeringsstrategien, men ikke kvælstofstrategien. Det bemærkes, at tre ud af fire forsøg ikke har haft nævneværdige lejesædsproblemer, og at det derfor i år ikke kan siges med sikkerhed, om hverken vækstregeringsstrategien eller kvælstofstrategien havde nogen effekt på risikoen for lejesæd.

### Kvælstofstrategiens effekt på høstudbyttet

Tabel 21 viser, at stigende mængder kvælstof giver højere proteinprocent og kg kvælstof i kerne pr. ha. Sammenligner man tildelingsstrategierne, viser proteinprocent og kg kvælstof i kerne pr. ha, at det er bedst at holde sig på to tildelinger medio marts og i stadiet 31. Sammenligner man det proteinkorrigerede nettomerudbytte ved de to tidlige tildelinger på hver især 100 kg kvælstof, som antages at afspejle nuværende praksis, med den høje kvælstoftildeling på 250 kg kvælstof pr. ha givet medio marts og stadiet 31, ses der en lille fordel til den høje tildeling. Udbytterne i hkg kerne pr. ha er ikke signifikant forskellige.

### Effekt af vækstregeringsstrategi

Vækstreguleringen har ikke nogen effekt på de viste måleparametre. Dette ses i tabel 21.

### Mikronæringsstoffer til vinterhvede

Der har været en stigende interesse for at tilføre mikronæringsstoffer til vinterhvede især på planteavlbrug uden tilførsel af husdyrgødning og med høje udbytte-niveauer. Tidligere landsforsøg tyder på, at de danske landbrugsjorde er velforsynede med mikronæringsstoffer, men flere enkeltforsøg fra 2014 viste overraskende høje og signifikante merudbytter for tilførsel af flere forskellige mikronæringsstoffer på trods af, at jord- og

**TABEL 21.** Strategi for kvælstof og vækstregering i vinterhvede. (N10)

Vinterhvede	Kvælstoftilførsel, kg N pr. ha			Kvælstof i alt, kg N pr. ha	Karakter for lejesæd <sup>1)</sup>			Råprotein, % i tørstof	Kg N i kerne pr. ha	Udb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub, med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
	Medio marts	st. 31	st. 37		Dage efter sidste sprøjtning						
					14 dage	21 dage	ved høst				
<i>2017. 4 forsøg</i>											
1.	100	100	-	200	0	0	3	10,8	157	96,9	-
2.	100	50	50	200	0	0	3	10,6	156	98,3	-0,1
3.	150	100	-	250	0	0	3	11,6	169	97,8	2,7
4.	150	50	50	250	0	0	3	11,0	162	98,7	1,6
<i>LSD, kvælstofstrategi</i>									8,3	<i>ns</i>	

Vinterhvede	Vækstregulering, l pr. ha		Karakter for lejesæd <sup>1)</sup>			Råprotein, % i tørstof	Kg N i kerne pr. ha	Udb., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub, med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup>
	Medax Top + ammoniumsulfat-opløsning		Dage efter sidste sprøjtning						
	st. 32-33	st. 37	14 dage	21 dage	ved høst				
<i>2017. 4 forsøg</i>									
A.	-	-	0	0	3	11,0	160	97,7	-
B.	0,4 l + 0,4 l	-	0	0	3	11,0	162	98,6	0,2
C.	0,4 l + 0,4 l	0,4 l + 0,4 l	0	0	3	11,1	162	97,5	-0,5
<i>LSD, vækstregeringsstrategi</i>							<i>ns</i>	<i>ns</i>	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

<sup>2)</sup> Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

planteanalyser ikke viste næringsstofmangel. Én mulig forklaring på merudbytte kunne være, at mikronæringsstofferne havde en vis bekæmpende effekt på bladsvampe som eksempelvis Septoria på trods af, at forsøgene var behandlet med fungicider.

I 2017 er forsøgene fra 2014, 2015 og 2016 fortsat med mindre modifikationer. Forsøgsserien undersøger effekten af mikronæringsstofblandinger på udbyttet i højtstående vinterhvedemarker på lerjord, og er udført med og uden svampemidler.

Forsøgsserien består af fire enkeltforsøg beliggende ved Holeby (001; JB 6), Ringsted (002; JB 6), Bjert (003; JB 7) og Odense (004; JB 4). Mikronæringsstofblandingerne i led 2 til 11 er tildelt efter forskellige strategier fra vækststadiet 22/23 til 45. Derudover er led 4, 5 og 6 tildelt 50 kg N pr. ha i form af 185 kg NS 27-4. Se tabel 22. Planterprøver er udtaget i vækststadiet 32 og 45, og der er registreret brunrust, gulrust, meldug, hvedebladplet og Septoria gennem vækstsæsonen.

Jordprøver udtaget ved anlæg viser høje og meget høje reaktionstal på forsøgsarealerne i henholdsvis Holeby (Rt = 7,1) og Odense (Rt = 7,1), hvilket kan hæmme optagelsen af bor og mangan. Zinktallet ligger ligeledes meget højt (Znt = 5,7-32,7) på de to forsøgsarealer samt på arealet 002. I vækststadiet 32 er bor og særligt magnesiumindholdet meget lavt i planteproverne i forsøgene. Forsøg 001 er ikke medtaget, da analyserne ikke er udført. I vækststadiet 45 er kaliumindholdet lavt i enkeltforsøgene 002, 003 og 004.

Forsøgene viser ingen signifikant effekt af mikronæringsstofblandinger, men svampebekæmpelse giver et signifikant merudbytte på gennemsnitlig 23 hkg pr. ha. Modsat tidligere forsøg fra 2015 og 2016 viser forsøgene i 2017 ikke et signifikant merudbytte for at tildele afgrøden yderligere 50 kg N pr. ha.

Der ses en tendens til, at svampebekæmpelse giver en større kvælstofudnyttelse i led tildelt ekstra 50 kg N pr. ha, hvilket ikke kunne genfindes i leddene uden svampebekæmpelse.

**TABEL 22.** Mikronæringsstoffer til vinterhvede. (N15)

Vinterhvede	Tidspunkt for udbringning				Septoria, pct. dækning, st. 71		Råprotein, pct.		Udbytte, kg N i kerne pr. ha		Udbytte og mer udb., hkg kerne		Nettomerudd., hkg pr. ha
	st. 22-23	st. 32	st. 37-39	st. 45	med svampebekæmpelse <sup>3)</sup>	uden svampebekæmpelse	med svampebekæmpelse <sup>3)</sup>	uden svampebekæmpelse	med svampebekæmpelse <sup>3)</sup>	uden svampebekæmpelse	med svampebekæmpelse <sup>3)</sup>	uden svampebekæmpelse	med svampebekæmpelse <sup>3)</sup>
<i>2017. 4 forsøg</i>													
1. Ubehandlet	-	-	-	-	12	20	10,1	10,8	145	120	<b>96,5</b>	<b>74,2</b>	-
2. YaraVita Gramitrel <sup>4)</sup>	-	2 l	-	-	12	21	10,1	10,7	146	121	0,6	1,3	-0,4
3. YaraVita Gramitrel <sup>4)</sup>	-	1 l	1 l	1 l	11	19	10,1	10,8	149	122	2,0	1,8	0,6
4. NS 27-4	-	50 kg N <sup>1)</sup>	-	-	13	22	11,2	11,9	165	131	2,4	-0,7	-0,6
5. YaraVita Gramitrel <sup>4)</sup> + NS 27-4	-	2 l + 50 kg N <sup>1)</sup>	-	-	12	22	11,3	11,8	167	130	2,1	-0,7	-1,9
6. YaraVita Gramitrel <sup>4)</sup> + NS 27-4	-	1 l + 50 kg N <sup>1)</sup>	1 l	1 l	11	22	11,2	12	166	131	2,8	-0,9	-1,7
7. Mangansulfat 32 <sup>8)</sup>	-	2 kg	-	1 kg	12	22	10	10,6	145	120	0,9	1,1	0,7
8. Kobberoxychlorid 40 <sup>5)</sup>	-	0,2 kg	-	0,1 kg	11	18	10	11,1	146	125	1,1	1,3	1,0
9. Zinksulfat <sup>6)</sup>	-	0,4 kg	-	0,2 kg	11	20	10	11,3	147	126	1,3	0,5	1,2
10. BioCrop Opti XL <sup>7)</sup>	2 l <sup>2)</sup>	2 l	2 l	2 l	11	20	10,1	10,5	145	118	0,2	1,5	-0,8
11. BioCrop Opti XL <sup>7)</sup>	3 l <sup>2)</sup>	3 l	3 l	3 l	11	19	10	10,7	145	119	0,1	0,4	-1,3
LSD 1											ns	ns	
LSD 2											4,9		
LSD 12											ns		

<sup>1)</sup> 50 kg N pr. ha svarende til 185 kg NS 27-4 pr. ha.

<sup>2)</sup> I forsøg 004 er disse tildelt i st. 32 i stedet for 22-23 og i forsøg 003 er behandlingen i st. 22-23 ikke tildelt på grund af sen tildeling af forsøg.

<sup>3)</sup> Svampebekæmpelse: St. 32: 0,3 l Prostaro EC 250, St. 37-39: 0,75 l Viverda + 0,75 l Ultimate S, St. 55-61: 0,25 l Prostaro EC 250 + 0,375 l Viverda + 0,5 l Ultimate S.

<sup>4)</sup> YaraVita Gramitrel indeholder N 64, Mg 150, Mn 150, Cu 50 og Zn 80 gram pr. liter. Pris 50 kr. pr. liter.

<sup>5)</sup> Kobberoxychlorid 40 indeholder 400 gram kobber pr. kg. Pris 37 kr.

<sup>6)</sup> Zinksulfat indeholder 230 gram Zink pr. kg. Pris 11,90 kr.

<sup>7)</sup> BioCrop Opti XL indeholder N 20,39, S 68,98, Mg 35,99, Mn 35,99, Cu 1,19, Zn 1,19, B 2,38, Fe 12,90 og Mo 0,65 gram pr. liter. Pris 12,5 kr.

<sup>8)</sup> Mangansulfat indeholder 320 gram mangan pr. kg og koster 7 kr. pr. kg.

Der er ikke betydelige forskelle i angrebet af Septoria og øvrige svampe mellem forsøgsleddene, men i vækststadiet 75 dækker Septoria gennemsnitlig dobbelt så meget i alle led uden svampebekæmpelse (21 procent dækning) som i leddene med bekæmpelse (12 procent dækning). Særligt enkeltforsøg 003 har en høj dækningsprocent på 19 til 45 procent. I vækststadiet 75 er der registreret betydelige angreb af gulrust i forsøg 002 i leddene uden svampebekæmpelse, hvilket reducerer udbyttet markant i disse led i forhold til led med svampebekæmpelse.

I ét forsøg (002), er der imidlertid høstet et signifikant merudbytte på 5,7 hkg pr. ha ved tildeling af 0,4 + 0,2 kg Zinksulfat med svampebekæmpelse, på trods af et højt zinktal på 5,7. I forsøg 001 er der opnået et signifikant merudbytte på 2,8 hkg pr. ha i led 7 tilført 2 + 1 kg Mangansulfat 32 uden svampebekæmpelse. I forsøg 004 er der ligeledes fundet et merudbytte på 5,4 hkg pr. ha i led 5 tilført 2 l YaraVita Gramitrel og 185 kg NS 27-4 samt svampebekæmpelse. I samme enkeltforsøg er der opnået et signifikant merudbytte på 4,1 hkg pr. ha for tilførsel af 3 x 1 l YaraVita Gramitrel i led uden svampemiddel, hvilket ikke genfindes i led med svampebehandling. Effekten af YaraVita Gramitrel genfindes dog ikke i bedømmelserne for bladsvampe, hvor dækningsprocenten for led 3 ligger på niveau med de resterende led uden bekæmpelse af bladsvampe.

Fire års forsøg med mikronæringsstoffer til højtydende vinterhvedemarker uden husdyrgødning har ikke vist en

## STRATEGI

- > Generelt er der ikke behov for tilførsel af mikronæringsstoffer med mindre, at der er erfaringsvis manganmangel på arealet eller lave kobbertal.
- > Generelt er der ikke behov for at tilføre bredspektret mikronæringsstofblandinger på højt-tydende arealer.
- > Anvend ikke mikronæringsstoffer som erstatning for bladsvampemidler.

generel tendens til, at disse arealer har en øget risiko for mangel på mikronæringsstoffer. Enkelte forsøg har dog vist signifikante merudbytter for tildeling af YaraVita Gramitrel og BioCrop Opti XL samt enkelt-næringsstofferne mangan, kobber og zink. Se tabel 23. Forsøgene viser dog, at mangansulfat 32, Kobberoxychlorid 40 og Zinksulfat ikke har haft nogen positiv effekt på udbytterne i led uden svampebekæmpelse, hvilket indikerer at midlerne ikke har nogen bekæmpende effekt på bladsvampe. Enkelte forsøg har dog vist et signifikant merudbytte for at tildele YaraVita Gramitrel (to ud af ni forsøg) eller BioCrop Opti XL (et ud af ni forsøg) i vinterhvede uden svampebekæmpelse.

## Strategi for tilførsel af fast gødning til vårbyg

De senere år, hvor kvælstofkvoten har været underoptimal, har det været almindeligt at tilføre al gødning til

**TABEL 23.** Effekten af mikronæringsstoffer på udbytter i 15 enkeltforsøg fra 2014-2017 med og uden svampebekæmpelse.

Vinterhvede	Antal forsøg med signifikante merudbytter					Antal forsøg med signifikante negative merudbytter				
	2014	2015 <sup>1)</sup>	2016 <sup>1)</sup>	2017	2014-17	2014	2015 <sup>1)</sup>	2016 <sup>1)</sup>	2017	
<i>Antal forsøg</i>	6	3	2	4	15 <sup>2)</sup>	6	3	2	4	
Med svampebekæmpelse	1. Ubehandlet									
	2. YaraVita Gramitrel	1				1		1		
	3. YaraVita Gramitrel		1			1		1		
	7. Mangansulfat 32	2			1	3				
	8. Kobberoxychlorid 40	2				2				
	9. Zinksulfat	2			1	3				
	10. BioCrop Opti XL					0				
	11. BioCrop Opti XL					0			1	
	Uden svampebekæmpelse	1. Ubehandlet	-				-			
		2. YaraVita Gramitrel	-				0		1	
		3. YaraVita Gramitrel	-	1		1	2	-		
7. Mangansulfat 32		-				0		1		
8. Kobberoxychlorid 40		-				0				
9. Zinksulfat		-				0				
10. BioCrop Opti XL		-				0				
11. BioCrop Opti XL		-	1			1				

<sup>1)</sup> Lavt angreb af bladsvampe det pågældende år

<sup>2)</sup> Forsøgene er generelt anlagt på JB6 og JB7, med et enkelt forsøg i 2017 på JB4.



**TABEL 24.** Strategi for tilførsel af kvælstof, fosfor og kalium til vårbyg. (N7)

Vårbyg	Kg N pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte, hkg kerne pr. ha
	Placeret ved såning	Bredspredt i st. 32				
<i>2017. 2 forsøg</i>						
7. 2 x NS 27-4 <sup>2)</sup> + bredspredt PK	100	40	1	12,3	98	58,9
8. NPK 18-5-11 <sup>3)</sup> + kalksalpeter <sup>4)</sup>	85	55	0	12,1	103	62,7
9. NPK 21-4-10 <sup>5)</sup>	140		0	11,5	104	66,3
10. NPK 18-5-11 + NS 27-4	85	55	1	12,0	102	62,9
13. 2 x NPK 21-4-10	100	40	0	11,6	101	64,2
LSD					2,0	3,4

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> YaraBela Axan

<sup>3)</sup> YaraMila Starter 18-5-11

<sup>4)</sup> YaraLiva Kalksalpeter.

<sup>5)</sup> YaraMila 21-4-10 m. S, B.

vårbyg ved såning. Ved de nuværende optimale kvælstofnormer er der interesse for at tilføre en del af gødningen i vækstsæsonen, og det giver desuden mulighed for at graduere kvælstoftilførslen ved sidste tildeling.

I samarbejde med Yara Danmark er der gennemført to forsøg, hvor forskellige tilførselsstrategier er sammenlignet. I alle forsøgsled er der tilført 140 kg kvælstof pr. ha. Forsøgsplan og resultater er vist i tabel 24.

I begge forsøg giver en deling af kvælstof et lille og ikke-signifikant fald i kerneudbyttet, mens proteinprocenten stort set er uændret.

For at afprøve effekten af en hurtig kvælstofvirkning af nitrat er der gennemført delt gødsning, hvor anden tilførsel er sket med enten ammoniumnitrat i NS 27-4



FOTO: TORKILD BIRKMOSE SEGES

Placering af NPK-gødning til vårbyg har igen i 2017 været en fordel frem for bredspredning.

eller ren nitrat i kalksalpeter (forsøgsled 10 sammenlignet med forsøgsled 8). Imidlertid er effekten på både kerneudbytte og proteinprocent stort set ens ved de to behandlinger.

Forsøgene er også gennemført, hvor placeret NS-gødning og bredspredt PK-gødning ved såning er sammenlignet med placering af NPK-gødning (forsøgsled 7 og 13). I begge forsøg er der et signifikant merudbytte ved placering af PK-gødning frem for at bredspredte gødningen. Fosfor- og kaliumtal på forsøgsarealerne har været på henholdsvis 2,0-2,5 og 4,4-4,7. Forsøgene viser derfor, at hvis der skal tilføres fosfor og kalium i handelsgødning til vårbyg, bør det placeres ved såning.

Proteinprocenten er relativt høj, og i begge forsøg er proteinindholdet så højt, at byggen ikke kan godkendes som maltbyg.

### Strategi for tilførsel af flydende gødning til vårbyg

Der er fra praksis gode erfaringer med flydende gødning. Størst erfaring er der med udsprøjtning af gødningen i voksende afgrøder, mens der er færre erfaringer med placering af flydende gødning ved såning. For at afprøve effekten af placeret flydende gødning ved såning sammenlignet med placering af fast gødning, er der gennemført fire forsøg i vårbyg. Der er i praksis en vis fokus på sengødsning for at hæve proteinindholdet, hvilket også er belyst i forsøgene. Forsøgene er lavet i samarbejde med DanGødning, og forsøgsplan og resultater er vist i tabel 25.

Forsøgsled 1 til 3 viser, at der er en beskedens respons for at tilføre over 120 kg kvælstof pr. ha. En sammenligning af forsøgsled 2 med 8 og led 4 med 9 viser, at placering af flydende gødning i 2017 giver samme kerneudbytte og proteinprocent i kerne som placeret fast gødning.

Placering af både flydende og fast gødning ved såning er sammenlignet med bredspredt gødning, og i gennemsnit er der en signifikant positiv effekt af placering af gødning på kerneudbyttet, mens udbringningsmetoden ikke har haft effekt på proteinprocenten (forsøgsled 2 med 4 og led 8 med 9).

Ligesom i forsøgsserien med fast gødning til vårbyg (se tabel 24) er der signifikant effekt af placering af fosfor og kalium ved såning (forsøgsled 2 med 6 og led 3 med 7).

**TABEL 25.** Placering af flydende gødning til vårbyg. (N16)

Vårbyg	Udbringningsmetode ved såning	Kg N pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte, hkg kerne pr. ha
		Ved såning	Bred-spredt st. 31-32				
<i>2017. 4 forsøg</i>							
1. DanGødning 15-2-6	Placeret	90		0	9,9	82	61,2
2. DanGødning 15-2-6	Placeret	120		1	10,3	90	64,9
3. DanGødning 15-2-6	Placeret	150		1	11,1	99	65,4
4. DanGødning 15-2-6	Bredspredt <sup>2)</sup>	120		1	10,2	87	62,7
5. DanGødning 15-2-6 + DanG. 24-0-0-6	Bredspredt <sup>2)</sup>	120	30	1	11,9	104	63,9
6. DanGødning 15-0-0-6	Placeret	120		1	10,1	83	60,9
7. DanGødning 15-0-0-6	Placeret	150		1	10,7	90	61,6
8. Granuleret NPK 21-3-10	Placeret	120		1	10,0	88	64,3
9. Granuleret NPK 21-3-10	Bredspredt <sup>2)</sup>	120		1	10,1	84	61,9
<i>LSD</i>						9	2,3

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Udbringsplet eller uddyset på jordoverfladen med løftede skær til placering af gødning ved såning. DanGødning er tilsat Agrotain ved overfladeudbringning.

Fosfortal og kaliumtal på forsøgsarealerne har været på henholdsvis 2,0-3,4 og 4,8-14,3.

### Kobber til vårbyg

En del marker har lave kobbertal. Det har givet anledning til at undersøge, om lave kobbertal i vårbyg er ensbetydende med, at afgrøden er i kobbermangel. I den forbindelse er der gennemført en forsøgsserie i 2017 i samarbejde med BioNutria, Yara, Azelis og DLG, hvor den optimale strategi for gødskning med kobber undersøges på to lokaliteter i Jylland (JB 1 og JB 5). Forsøgsserien belyser, om lave kobbertal er begrænsende for udbyttet.

I forsøget på JB 1 (003) er der ved anlæg registreret meget lave kobbertal på 0,6, og samtidig er reaktionstallet

på arealet meget højt (7,1). I forsøget på JB 5 (002) ligger kobbertallet lavt omkring 1. På en grovsandet jord skal reaktionstallet ligge mellem 6,0 og 6,3, og kobbertallet skal generelt ligge mellem 2,1 og 5,0. Ved kobbertal under 1 kan man normalt forvente merudbytte for at tildele kobber. Forsøgsresultater og behandlinger fremgår af tabel 26. Forud for hver tildeling er der udtaget planteprøver til analyse for næringsstoffer.

Forsøgsserien viser ingen signifikante forskelle i udbyttet mellem det ubehandlede led og led tildelt mikronæringsstoffer med kobber. Indholdet af kobber i afgrøden ligger generelt i normalområdet på 5 til 10 ppm gennem vækstsæsonen, hvilket tyder på, at vårbyggen ikke direkte er i kobbermangel på trods af lave kobbertal i plø-

**TABEL 26.** Kobber til vårbyg. (N17)

Vårbyg	Tidspunkt for udbringning					Tilført kobber, gram pr. ha	Cu i planteanalyser, ppm i tørstof				Procent råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha
	Før såning	st. 14	st. 25	st. 29	st. 39		st. 14	st. 25	st. 39	st. 59			
<i>2017. 2 forsøg</i>													
1. Ubehandlet						0	6,7	6,5	5,1	6,8	11,8	134	<b>83,6</b>
2. Kobbersulfat	10 kg <sup>1)</sup>					2.410	5	7,7	5,25	8,7	11,8	136	1,3
3. BioKobber 70		1 I <sup>2)</sup>	1 I		1 I	210		5,7	6,25	9,8	11,7	129	-2,7
4. YaraVita COPTRAC			0,25 I <sup>3)</sup>		0,25 I	250			5,4	11,6	11,6	129	-1,6
5. YaraVita Gramitrel			1 I <sup>4)</sup>		1 I	100			6,0	10,4	11,7	130	-1,9
6. Lebosol Kobber 350 SC				0,4 I <sup>5)</sup>		149				8,7	11,8	129	-2,9
7. Profi Basis Plus			2 I <sup>6)</sup>		2 I	200			5,3	13,2	11,7	132	-1,1
8. BioCrop Opti CU		3 I <sup>7)</sup>	3 I		3 I	33		5,6	6,8	7,9	11,7	126	-3,8
<i>LSD</i>											<i>ns</i>	<i>ns</i>	

<sup>1)</sup> Kobbersulfat indeholder 241 gram kobber pr. kg.

<sup>2)</sup> BioKobber 70 indeholder 70 gram kobber pr. liter.

<sup>3)</sup> YaraVita COPTRAC indeholder 500 gram kobber pr. liter.

<sup>4)</sup> YaraVita Gramitrel indeholder 50 gram kobber pr. liter.

<sup>5)</sup> Lebosol Kobber 350 SC indeholder 350 gram kobber pr. liter.

<sup>6)</sup> Profi Basis Plus indeholder 50 gram kobber pr. liter.

<sup>7)</sup> BioCrop Opti CU indeholder 3,6 gram kobber pr. liter.

jelaget. Planteanalyserne fra stadie 14 til 59 indikerer, at kobberindholdet stiger i led tildelt kobber i forhold til det ubehandlede led.

Enkeltforsøget på JB 1 viser dog et signifikant merudbytte på 5,3 hkg, for tilførsel af 10 kg kobbersulfat pr. ha (forsøgsled 2). Planteanalyser udtaget i stadie 14 viser et kobberindhold i led 2 under normalområdet, hvilket ikke er tilfældet i det ubehandlede led, som ligger indenfor normalområdet. De resterende planteanalyser gennem vækstsæsonen ligger dog indenfor normalområdet i begge led. Led 6 tildelt 0,4 l Lebosol Kobber 350 SC i vækststadie 29 giver et signifikant negativt merudbytte på 5,0 hkg pr. ha i forhold til det ubehandlede led. De resterende behandlinger på arealet adskiller sig ikke signifikant fra det ubehandlede led. Enkeltforsøget på JB 5 viser ingen signifikant effekt af behandlingerne.

### Strategi for tilførsel af flydende gødning og urea til vinterhvede

Kvælstofvirkningen af overfladeudbragt urea er normalt lidt lavere end af ammonium og nitrat, fordi en del af kvælstoffet i urea omdannes til ammoniak, som kan fordampe. Flydende kvælstofgødning er ofte helt eller delvis baseret på urea, og urea udsprøjtet alene vil typisk have en lavere kvælstofvirkning end en traditionel granuleret kvælstof, fordi en del af kvælstoffet kan tabes ved ammoniakfordampning. For at modvirke risikoen for tab tilsættes normalt en ureaseinhibitor, som forsinket omsættningen af urea til ammonium og am-

moniak. Fast gødning af urea kan også behandles med ureaseinhibitor for at reducere ammoniakfordampningen.

For at undersøge kvælstofvirkningen i forskellige strategier for flydende gødninger og fast urea er der i samarbejde med DanGødning og BASF gennemført fire forsøg, hvor strategierne med flydende kvælstofgødninger og urea er sammenlignet med tilsvarende strategier for fast kvælstofgødning i form af ammoniumnitrat. Forsøgsplan og resultater af de fire forsøg kan ses i tabel 27.

Sammenligningerne er gennemført ved to forskellige kvælstofniveauer, henholdsvis 150 og 200 kg kvælstof pr. ha. 100 kg kvælstof pr. ha er udbragt midt i marts og resten midt i april. De fire forsøg er gennemført på henholdsvis JB 1, 5, 6 og 7.

Der er stort set samme effekt på kerneudbytte af DanGødning som af fast NS 27-4. Der er en tendens til, at proteinprocenten er lidt højere, hvor der er anvendt DanGødning. Gennemsnittet dækker imidlertid over, at der i to af forsøgene er signifikant højere kerneudbytte, hvor der er anvendt DanGødning.

Som det ofte tidligere er vist, giver urea uden ureaseinhibitor et lavere kerneudbytte end NS 27-4. Forskellen er dog ikke signifikant i gennemsnit. I to af forsøgene giver urea dog et signifikant lavere kerneudbytte end NS 27-4. Coatning af fast gødning af urea med ureaseinhibitoren

**TABEL 27.** Typer af flydende og fast kvælstofgødning til vinterhvede. (N9)

Vinterhvede	Gødningsform	Andel af kvælstof som urea, pct.	Kg N pr. ha			Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte, hkg kerne pr. ha	Værdital i forhold til NS 27-4 <sup>4)</sup>
			Midt i marts	Midt i april	I alt					
<i>2017. 4 forsøg</i>										
<i>Sammenligning ved 150 kg N</i>										
4. NS 27-4	Fast	0	100	50	150	0	9,0	119	89,8	-
8. DanGødning 24-0-0-6 m. Agrotain	Flydende	50	100	50	150	0	9,6	129	89,4	122
10. Urea 46	Fast	100	100	50	150	0	9,3	118	85,9	99
16. Urea 46 + Limus <sup>2)</sup>	Fast	100	100	50	150	0	9,8	131	90,3	118
12. KAN 46 <sup>3)</sup>	Fast	100	100	50	150	0	9,8	135	92,1	123
<i>LSD</i>								<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<i>Sammenligning ved 200 kg N</i>										
5. NS 27-4	Fast	0	100	100	200	0	10,1	143	95,1	-
9. DanGødning 24-0-0-6 m. Agrotain	Flydende	50	100	100	200	0	10,3	147	95,3	111
11. Urea 46	Fast	100	100	100	200	0	9,8	134	92,4	90
13. KAN 46 <sup>3)</sup>	Fast	100	100	100	200	0	10,7	152	96,5	113
<i>LSD</i>								<i>ns</i>	<i>ns</i>	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> Limus er en ureaseinhibitor, som forsinket omdannelsen af urea til ammonium og ammoniak

<sup>3)</sup> KAN 46 = Kock Advanced Nitrogen, som er et handelsnavn for urea coatet med ureaseinhibitor (Agrotain)

<sup>4)</sup> Værditallet er beregnet på samme måde som værditallet for kvælstof i husdyrgødning. Værditallet udtrykker, hvor mange kg N i NS 27-4, der skal til at erstatte 100 kg N i den afprøvede gødning for at opnå samme kvælstofoptagelse i kernen.

Limus øger i gennemsnit kerneudbyttet med knap 5 hkg pr. ha, og effekten af urea coatet med Limus er på niveau med NS 27-4.

I forsøgene er afprøvet en ny type gødning, som endnu ikke er på det danske marked. Gødningen kaldes KAN (Kock Advanced Nitrogen), og er urea i fast form coatet med Agrotain. Både ved 150 og ved 200 kg kvælstof pr. ha resulterer KAN i både et lidt højere (med dog ikke signifikant) kerneudbytte og et lidt højere proteinindhold end NS 27-4. Forskellen er signifikant i to af forsøgene, mens NS 27-4 er signifikant bedst i ét forsøg.

I sidste kolonne i tabel 27 er anført et såkaldt værdital. Værditallet er beregnet på samme måde, som man beregner værdital for kvælstof i husdyrgødning, og tallet udtrykker, hvor mange kg kvælstof i NS 27-4, der skal til for at opnå samme kvælstofoptagelse i kernen, som ved at tilføre 100 kg kvælstof pr. ha i den afprøvede gødningstype. Er værditallet lig med 100, er det et udtryk for, at den afprøvede gødning har samme kvælstofeffekt som NS 27-4. På nær urea, ligger værditalle i gennemsnit over 100 for de afprøvede gødninger, og derfor er effekten i gennemsnit bedre end af NS 27-4.

### Strategi for kvælstof og vækstregulering i vinterraps

Den danske strategi for kvælstoftilførsel til vinterraps har hidtil været, at cirka halvdelen af kvælstofmængden til vinterraps tildeles først i marts og resten sidst i marts. Engelske forsøg tyder på, at rapsen derved færdiggødskes for tidligt. Korn har generelt en god evne til at omfordele næringsstofferne til kernen fra den øvrige del af planten, mens raps er dårligere til dette. Tidlig tildeling af kvælstof til vinterraps giver derudover en kraftig vegetativ vækst med risiko for lejesæd. Erfaringerne fra blandt andet engelske forsøg tyder derfor på, det er vigtigt, at der også er tilført kvælstof relativt sent, så der er kvælstof til rådighed til frøfyldning.

På baggrund af engelske forsøg har ADAS i England udviklet en strategi for tildeling af kvælstof til vinterraps om foråret. På tilsvarende vis har Svensk Raps udviklet en svensk model for tilførsel af kvælstof om foråret. Fælles for modellerne er, at den anbefalede kvælstofmængde beregnes ud fra målinger og vurderinger af planteoptag i efteråret, N-min i jorden om foråret, jordens evne til at frigive kvælstof om foråret og forventet høstudbytte. I forsøgene er gødskning efter anbefalinger efter den

svenske og den engelske model sammenlignet med en typisk dansk anbefaling.

Der er gennemført i alt fire forsøg, og kvælstofmængder er beregnet individuelt efter de givne vilkår for hvert af de fire forsøg. De tre landes strategier er afprøvet med og uden vækstregulering med 0,7 liter Caryx pr. ha om efteråret. Alle forsøgsled med undtagelse af forsøgsled 1 er tilført 30 kg kvælstof pr. ha ved såning. På ingen af forsøgsarealerne er der tilført husdyrgødning af betydning i de foregående fem år.

I forsøgsled 8 er der anvendt en lokalt tilpasset strategi, som er fastlagt af den lokale forsøgsmedarbejder i samarbejde med egnens planteavlskonulenter.

#### Svensk model

Den anbefalede kvælstofmængde om foråret beregnes ud fra følgende formel:

$$N\text{-mængde (kg)} = 159 \div 1,1 \times N\text{-optagelse om efteråret (kg)} \div 1,1 \times N\text{-min, forår (kg)} + 2,1 \times \text{forventet udbytte (hkg)}$$

Den beregnede kvælstofmængde anbefales tilført som en todelt strategi med tilførsel ved begyndende vækst og midt i april med 50 pct. pr. gang.

#### Engelsk model

Den anbefalede kvælstofmængde om foråret beregnes ud fra følgende formel:

$$N\text{-mængde (kg)} = [175 \div N\text{-optagelse efterår (kg)} \div N\text{-min, forår (kg)}] / 0,6 + (\text{forventet udbytte (hkg)} \div 35) \times 6$$

Den anbefalede kvælstofmængde fordeles ved en tredelt strategi, hvor 30-90 kg kvælstof er tildelt ved begyndende blomstring og resten fordelt over to gange ved vækststart og i midten af april. Delingsstrategien for de fire forsøg er lagt efter anbefaling af ADAS i England.

#### Dansk model

Den anbefalede kvælstofmængde beregnes som den udbyttekorrigerede kvælstofnorm for 2016/17 for den pågældende jordtype. Den danske model er afprøvet både med og uden 30 kg kvælstof pr. ha placeret ved såning i august 2016. Hvor der er givet kvælstof om efteråret, er denne kvælstofmængde fratrukket kvoten om foråret. Kvoten om foråret er tilført i en todelt strategi, hvor der

**TABEL 28.** Strategi for tildeling af kvælstof og vækstregulering til vinterraps. (N18)

Vinterraps	Vækstregulering, st. 14-15, efterår?	Kg N pr. ha					N-optagelse sidst i november, kg	Plante-højde i st. 39, cm	Pct lejesæd i st.85 <sup>1)</sup>	Olie, pct. i tørstof	Udb. og merudb., hkg frøstd.-kvalitet	Nettomerdub., hkg frøstd.-kvalitet
		Ved såning	Beg. vækst, forår, NS 26-14	Primo april NS 26-14	Beg. blomstring, fl. N 32	I alt						
<i>2017. 4 forsøg</i>												
1. Dansk strategi uden efterårsgødskning	Nej		80	159		239	47	45	4	48,9	<b>45,6</b>	
2. Dansk strategi	Nej	30	80	129		239	54	47	4	49,4	0,2	-0,1
3. Svensk strategi	Nej	30	87	87		204		48	4	49,7	-0,4	0,1
4. Engelsk strategi	Nej	30	76	81	72	259		47	4	48,8	0,8	-0,3
5. Dansk strategi	0,7 l Caryx	30	80	129		239	55	46	4	49,1	0,0	-1,4
6. Svensk strategi	0,7 l Caryx	30	87	87		204		43	4	49,4	0,3	-0,3
7. Engelsk strategi	0,7 l Caryx	30	78	86	72	266		43	4	48,4	0,1	-2,2
8. Lokalt tilpasset strategi	Nej/ja <sup>1)</sup>	48	105	82		234	56	48	4	49,8	-1,7	-1,8
LSD											ns	

<sup>1)</sup> Ét forsøg er vækstreguleret med 0,7 l Caryx, og ét forsøg er vækstreguleret med 0,5 l Juventus 90.

er tilført 80 kg kvælstof pr. ha ved vækststart og resten midt i april.

### Resultater

Resultat af de fire forsøg fremgår af tabel 28. Der er ikke signifikante forskelle mellem de afprøvede danske og udenlandske strategier. Den største effekt af en alternativ strategi kan formentlig forventes, hvis den alternative strategi kan afværge lejesæd. Imidlertid har der ikke været betydende lejesæd i nogen af forsøgsleddene. Måske derfor er der heller ikke effekt af vækstregulering om efteråret.

De fire forsøg er behandlet meget individuelt, og i tabel 29 er vist kvælstofstrategierne for de fire forsøg sammen med de relevante forudsætninger for beregning af kvælstofmængderne.

Forsøgene er ikke anlagt med forsøgsled med stigende mængder kvælstof, og derfor kan den optimale kvælstofmængde ikke beregnes. Umiddelbart kan det heller ikke fastslås, hvilken af strategierne, som har ramt den optimale kvælstofmængde bedst. Modellerne kan derfor kun sammenlignes ved at sammenligne nettomerudbyttet, når omkostningerne til kvælstof, vækstreguleringsmiddel og udbringninger er betalt. I de fleste tilfælde er nettomerudbyttet højest for en dansk strategi uden kvælstoftilførsel om efteråret og uden vækstregulering.

I november er der foretaget planteklip, og optagelsen af kvælstof er målt. I gennemsnit er kvælstofoptagelsen steget 8-9 kg pr. ha ved at tilføre 30 kg kvælstof ved såning.

### Svidningsskade ved bladgødskning i vinterraps

Engelske erfaringer viser, at tilførsel af kvælstof til vinterraps under eller efter blomstring ofte giver et rentabelt merudbytte. Kvælstoftilførslen sker ofte som bladgødskning med flydende gødning, blandt andet fordi man ikke ønsker slagskader, som kan forekomme ved anvendelse af fast gødning. I England er der ikke erfaring for, at gødskningen forårsager alvorlige svidningsskader, men ved bladgødskning er der altid en vis risiko for svidninger. Ved korrekt valg af gødningstype, mængde, dysetype og tid på dagen kan risikoen reduceres betydeligt.

For at undersøge risikoen ved forskellige kombinationer af kvælstofmængde, gødningstype, dysevalg, iblanding af svampemiddel og vejrforhold er der i samarbejde med DanGødning gennemført tre forsøg med kvælstoftilførsel i blomstringsfasen. I forsøgene er opgjort svidninger på blade og blomster to og syv dage efter udsprøjtning. Forsøgene er ikke høstet forsøgsræssigt.

I ingen af de tre forsøg er der registreret svidningsskader af betydning, og helt op til 80 kg kvælstof pr. ha med iblanding af svampemiddel er tilført uden betydende svidning. Forsøgsplan og resultater kan studeres nærmere i Tabelbilaget, tabel N19.

### Fosfor til vårbyg

I 2017 er der udført tre forsøg med placering af 30 kg fosfor pr. ha ved såning af vårbyg. Alle tre forsøg er udført på sandjord. Forsøgsarealerne er udvalgt, fordi der tidligere er høstet betydelige merudbytter for tildeling af fosfor på trods af moderate eller høje fosfortal. Forsøgene er udført som en del af en afprøvning af, hvorvidt

**TABEL 29.** Strategi for tildeling af kvælstof og vækstregulering til vinterraps, enkeltforsøg. (N18)

Vinterraps	Efterår		November		Februar		Kvælstofstrategi, kg N pr. ha				Udb. og merudb., hkg frø pr. ha	Netto-merudb., hkg frø pr. ha
	Vækstregulering	Kg N i plante-klip pr. ha	GAI <sup>1)</sup>	N-min, kg pr. ha	Ved såning	Vækststart, forår	10.-15. april	Beg. blomstring	I alt			
<i>Forsøg 001, Lolland, JB 7, forventet udb: 5.500 kg frø pr. ha, ingen husdyrgødning foregående 5 år, forventet mineralisering, forår: 30 kg N pr. ha</i>												
1. Dansk strategi uden efterårsgødskning		28	0,6	14		80	163			243	<b>52,4</b>	-
2. Dansk strategi		48	1,0	10	30	80	133			243	0,3	0,0
3. Svensk strategi		48	1,0	10	30	94	94			218	-1,5	-1,2
4. Engelsk strategi		48	1,0	10	30	95	100	90		315	1,6	-0,7
5. Dansk strategi	0,7 l Caryx	48	1,0	16	30	80	133			243	1,0	-0,4
6. Svensk strategi	0,7 l Caryx	46	0,9	16	30	95	95			220	0,7	-0,1
7. Engelsk strategi	0,7 l Caryx	46	0,9	16	30	92	96	90		308	0,8	-2,4
8. Lokalt tilpasset strategi		72	1,4	28	60	80	80			220	0,5	0,7
LSD											2,2	
<i>Forsøg 003, Ringsted, JB 7, forventet udbytte: 4.500 kg frø pr. ha, ingen husdyrgødning foregående 5 år, forventet mineralisering, forår: 20 kg N pr. ha</i>												
1. Dansk strategi uden efterårsgødskning		42	0,8	25		80	148			228	<b>42,7</b>	-
2. Dansk strategi		49	1,0	13	30	80	118			228	0,2	-0,1
3. Svensk strategi		49	1,0	13	30	83	83			196	0,8	1,3
4. Engelsk strategi		49	1,0	13	30	84	84	80		278	0,8	-1,0
5. Dansk strategi	0,7 l Caryx	53	1,1	29	30	80	118			228	0,3	-1,1
6. Svensk strategi	0,7 l Caryx	44	0,9	29	30	86	86			202	2,0	1,2
7. Engelsk strategi	0,7 l Caryx	44	0,9	29	30	75	85	80		270	1,1	-1,6
8. Lokalt tilpasset strategi	0,5 l Juventus 90	45	0,9	27	60	65	100			225	0,7	-0,2
LSD											ns	
<i>Forsøg 004, Vojens, JB 4, forventet udbytte: 5.000 kg frø pr. ha, ingen husdyrgødning foregående 5 år, forventet mineralisering, forår: 20 kg N pr. ha</i>												
1. Dansk strategi uden efterårsgødskning		74	1,5	43		80	166			246	<b>46,6</b>	-
2. Dansk strategi		69	1,4	48	30	80	136			246	0,2	-0,1
3. Svensk strategi		69	1,4	48	30	83	83			196	-1,4	-0,5
4. Engelsk strategi		69	1,4	48	30	40	57	90		217	-0,4	-0,3
5. Dansk strategi	0,7 l Caryx	72	1,4	39	30	80	136			246	-2,2	-3,6
6. Svensk strategi	0,7 l Caryx	72	1,4	39	30	82	82			194	-2,8	-3,0
7. Engelsk strategi	0,7 l Caryx	72	1,4	39	30	44	63	90		227	-1,5	-2,7
8. Lokalt tilpasset strategi	0,7 l Caryx	63	1,3	37	40	120	65			225	-0,4	-1,3
LSD											ns	
<i>Forsøg 005, Brønderslev, JB 4, forventet udbytte: 4.500 kg frø pr. ha, ingen husdyrgødning foregående 5 år, forventet mineralisering, forår: 20 kg N pr. ha</i>												
1. Dansk strategi uden efterårsgødskning		43	0,9	31		80	158			238	<b>40,9</b>	-
2. Dansk strategi		49	1,0	44	30	80	128			238	0,1	-0,2
3. Svensk strategi		49	1,0	44	30	89	89			208	0,6	1,1
4. Engelsk strategi		49	1,0	44	30	85	84	28		227	1,3	0,9
5. Dansk strategi	0,7 l Caryx	46	0,9	35	30	80	128			238	0,9	-0,5
6. Svensk strategi	0,7 l Caryx	40	0,8	35	30	94	84			208	1,3	0,6
7. Engelsk strategi	0,7 l Caryx	40	0,8	35	30	100	99	28		257	0,0	-2,1
8. Lokalt tilpasset strategi		42	0,8	48	30	156				186	-7,5	-6,2
LSD											1,9	

<sup>1)</sup> GAI = Green Area Index, som et et mål for, hvor stort et areal den grønne masse dækker i forhold til jordoverfladen. 1 enhed kan omtrentlig omregnes til 50 kg N pr. ha optaget i overjordiske plantedele. I forsøgene er GAI beregnet som kg N optaget i november divideret med 50.

man ved brug af DGT-metoden bedre kan forudse fosforbehovet på disse arealer. Resultater af DGT-analyserne foreligger dog ikke ved redaktionens afslutning, men vil blive afrapporteret som en del af en vidensyntese, der udføres af Aarhus Universitet. Se nedenfor.

I to af forsøgene er der tydelige merudbytter for tilførsel af fosfor på henholdsvis 7,4 og 20 hkg kerne pr. ha. I det

sidste forsøg er der et lille, men ikke signifikant, merudbytte. Se tabel 30. Planteanalyser i maj viser i alle forsøg relativt lave fosforkoncentrationer (under 0,3 procent fosfor) for de led, hvor der ikke er tilført fosfor. Samtidig er koncentrationerne højere ved 30 kg fosfor placeret end ved ingen tilført fosfor. Det er dog overraskende, at det meget lave niveau på under 0,2 procent fosfor i det ene forsøg i Sønderjylland ikke giver et signifikant

**TABEL 30.** Resultater af tre forsøg med tilførsel af fosfor til vårbyg i 2016. Forsøgene er vist hver for at vise den store variation mellem forsøgene. (N20)

Vårbyg	Planteanalyser, pct. P i tørstof		Pct. råprotein i tørstof	Udb., kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
	Maj, st. 13-25	Juni, st. 14-49			
<i>2017. 1 forsøg i Sønderjylland (001). Ptal = 2,7</i>					
1. 0 P	0,27	0,32	11,4	72	<b>46,5</b>
2. 30 P i TSP <sup>1)</sup> placeret	0,31	0,33	11,0	81	7,4
3. Bejdset m. Nu-Trax P+	0,29	0,37	11,7	76	1,1
4. Bejdset m. Nu-Trax P+, 30 P i TSP <sup>1)</sup> placeret	0,31	0,35	11,0	79	6,0
LSD					2,7
<i>2017. 1 forsøg i Sønderjylland (002). Ptal = 4,7</i>					
1. 0 P	0,16	0,29	9,2	74	<b>59,4</b>
2. 30 P i TSP <sup>1)</sup> placeret	0,19	0,35	9,5	77	2,3
3. Bejdset m. Nu-Trax P+	0,18	0,31	9,7	79	0,6
4. Bejdset m. Nu-Trax P+, 30 P i TSP <sup>1)</sup> placeret	0,19	0,31	8,5	69	-0,2
LSD					ns
<i>2017. 1 forsøg i Nordjylland. Ptal = 2,2</i>					
1. 0 P	0,09	0,22	12,3	50	<b>29,7</b>
2. 30 P i TSP <sup>1)</sup> placeret	0,31	0,27	11,6	79	20,0
LSD					5,2

<sup>1)</sup> TSP = Triplesuperfosfat

merudbytte for fosfortilførsel. Planteanalyser i juni viser generelt et højere niveau end i maj, og kun i forsøget i Nordjylland er koncentrationerne decideret lave. Kvælstofudbyttet er tydeligt påvirket af fosforforsyningen, idet de planter, som er velforsynede med fosfor, også optager betydeligt mere kvælstof end de fosformanglende planter.

I de to forsøg i Sønderjylland er også afprøvet bejdning af udsæden med det fosforholdige produkt Nu-Trax P+. Produktet indeholder 11 procent fosfor, 20 procent zink, 5 procent mangan og 4 procent kvælstof, og der er med bejdningen tilført ca. 60 g fosfor, 100 g zink, 30 g mangan og 20 g kvælstof pr. ha. I ingen af forsøgene er der opnået signifikante merudbytter ved brug af produktet. Heller ikke i kombination med placering af 30 kg fosfor pr. ha har produktet en effekt sammenlignet med behandlingen med 30 kg fosfor pr. ha uden NuTrax P+. Se tabel 30.

I begge forsøg med merudbytter for placering af 30 kg fosfor er fosfortallene moderate på henholdsvis 2,7 og 2,2. Ud fra fosfortallene ville man dermed ikke have forudset et behov for tilførsel af fosfor. Årets resultater bekræfter dermed tidligere års forsøg, der også viste,

at fosfortallet ikke på alle arealer kan bruges til at forudsige fosforbehovet. Se Oversigt over Landsforsøgene 2016. Aarhus Universitet arbejder på en vidensyntese, der blandt andet skal hjælpe med at klarlægge, om der er bestemte forhold der gør sig gældende på denne type arealer, og om DGT-metoden kan være bedre til at forudsige fosforbehovet under disse forhold. Videnssyntesen inkluderer også forsøgene fra 2017.

## Betydningen af kortvarig fosformangel i vårbyg

> **AUGUSTA EGELUND SZAMEITAT, ANDREAS CARSTENSEN OG SØREN HUSTED,** INSTITUT FOR PLANTE- OG MILJØVIDENSKAB, KØBENHAVNS UNIVERSITET (KU)

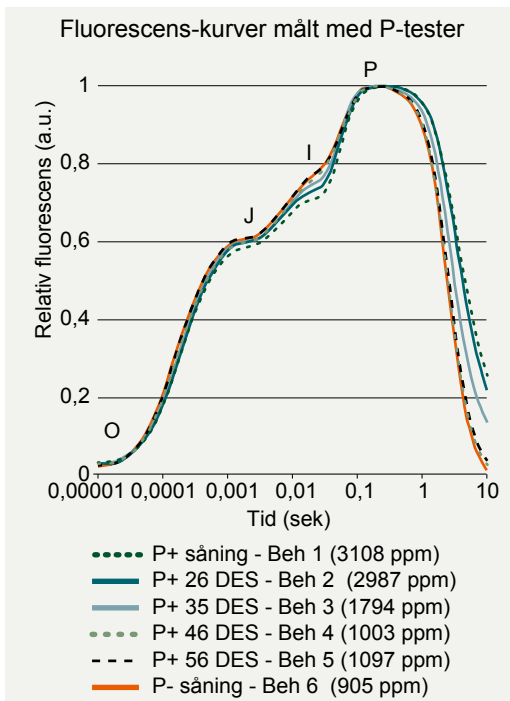
Vi har gennemført et markforsøg i Nordjylland (Brovst) med formålene:

- > At teste om selv kortvarig fosformangel i de tidlige vækststadier har afgørende betydning for dannelsen af aksebærende sideskud og dermed kerneudbyttet i vårbyg.
- > At teste om en nyudviklet P-tester er i stand til at måle forekomsten af akut fosformangel direkte i marken.

### Baggrund

I laboratoriet er det påvist, at selv kortvarig mangel på fosfor i de tidlige vækststadier har stor betydning for den vegetative udvikling hos vårbyg. Det skyldes, at fosfor påvirker en række af de centrale hormoner, der styrer dannelsen af aksebærende sideskud i buskningsfasen. Ved fosformangel dannes der færre sideskud og virkningen er tilsyneladende irreversibel, da eftergødskning med fosfor ikke kan genoprette skaden på meristem (vækstpunktet), hvis den forbigående fosformangel strækker sig ud over nogle ganske få uger i buskningsfasen (stadie 20-29).

På den baggrund er det meget vigtigt, at planten er velforsynet med fosfor i de tidlige vækststadier. Det forsøger man traditionelt at sikre, ved at udtage en jordprøve og bestemme det plantetilgængelige fosfor (Fosfortallet bestemt ved Olsen-P) før etablering af afgrøden. Jordanalyserne er ofte upålidelige, og mange forsøg viser, at fosformangel også optræder ved normale og høje fosfortal (Pt), hvor man ellers ikke ville forvente det. Det



**FIGUR 16.** Normaliserede klorofyll a fluorescenskurver, der viser, hvordan forløbet ændrer sig i forhold til plantens indhold af fosfor. Der ses tydelige forskelle på behandlingerne ved det såkaldte I-step, samt på hældningen af den aftagende fluorescens intensitet efter at have ramt maksimum fluorescens (P-step). Disse systematiske ændringer kan omsættes til et diagnostisk værktøj, der kan konstatere fosformangel i planter. Fosforkoncentrationerne ved bladanalyse er angivet i parentes efter behandlingen (ppm = µg fosfor pr. g tørstof). DES: Dage efter såning.

skyldes, at fosformangel i overvejende grad er styret af forhold som jordanalysen ikke kan forudsige, såsom effekten af lav jordtemperatur eller lav fugtighed i overjorden omkring rodsystemet.

Derfor har Københavns Universitet igennem de seneste fire år arbejdet på at udvikle en P-tester til hurtig bestemmelse af fosformangel direkte i marken. Fosformangel påvirker elektronoverførslen mellem fotosystemerne i planter, og ved at måle emissionen af fluorescerende lys fra klorofyll a, kan man måle effektiviteten af selve overførslen. Denne proces er følsom og specifik for fosfor, og påvirkes hverken af andre næringsstoffer eller klimatiske faktorer. I det konkrete markforsøg undersøges, om P-testeren er i stand til at måle fosformangel under markforhold, og om det er muligt at følge effekten af fosfor-

**TABEL 31.** Oversigt over de eksperimentelle behandlinger i markforsøget med angivelse af, hvornår de er gennemført i forhold til såning.

Behandling	Tilførsel af fosfor	Dage efter såning (DES)	Dato
1. P+ såning	Placering af 30 kg P pr. ha ved såning	0	6. april
2. P+ 26 DES	Bredspredning af 30 kg P pr. ha	26	2. maj
3. P+ 35 DES	Bredspredning af 30 kg P pr. ha	35	11. maj
4. P+ 46 DES	Bredspredning af 30 kg P pr. ha	46	22. maj
5. P+ 56 DES	Bredspredning af 30 kg P pr. ha	56	2. juni
6. P- såning	Ingen P-tilførsel	-	-

gødsning på fosformanglende planter. Et eksempel på de målte fluorescenskurver er angivet i figur 16.

### Markforsøget

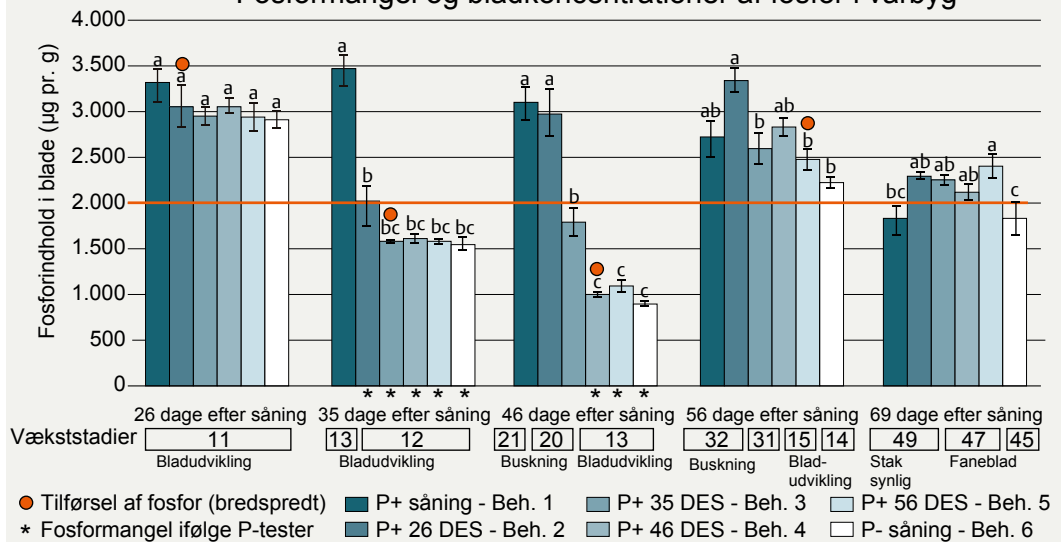
Markforsøget blev anlagt på en JB 4 jord med et fosfortal (Pt) på 2,2 (Rt: 5,4; Kt: 3,3; Mgt: 3,4), hvor der erfaringsmæssigt optræder fosformangel, hvis jorden ikke fosforgødskes. Forsøget blev gennemført med 4 gentagelser i et randomiseret blokforsøg, og behandlingerne fremgår af tabel 31.

Ved at tilføre fosfor forskudt over en periode på 8 uger, samt løbende måle fosforoptagelsen ved hjælp af bladanalyser samt med P-testeren (figur 17), er det registreret i hvilket omfang forbigående fosformangel påvirker plantens fysiologiske udvikling (ontogeni) samt betydningen på kerneudbyttet (figur 18). Bladanalyserne og målingerne med P-testeren blev udført på planternes yngste fuldtudviklede blade.

Indtil 26 dage efter såning (DES), hvor planterne er i etableringsfasen (stadie 11), blev der ikke konstateret fosformangel i nogen af behandlingerne, hverken målt via bladanalyser (fosforindhold > 2.000 ppm) eller med P-testeren. Se figur 17. Efter yderligere 10 dage (35 DES) er planterne i bladudviklingsfasen (stadie 12-13), og der konstateres fosformangel i alle behandlinger, både ved hjælp af bladanalysen og med P-testeren, med undtagelse af kontrolbehandlingen, hvor fosfor er placeret ved såning (behandling 1, P+ såning). Behandlingen, der fik tilført bredspredt fosfor ugen før (behandling 2, 26 DES), er også fosformanglende, men man ser en begyndende optagelse af det tilførte fosfor, dog tydeligvis ikke nok til at fjerne fosformanglen, da fosforniveauet i bladanalysen ligger på tærskelværdien (2.000 ppm) og P-testeren bekræfter ligeledes, at der fortsat er fosformangel i planterne. Efter endnu 11 dage (46 DES) viser P-testeren, at



## Fosformangel og bladkoncentrationer af fosfor i vårbyg



**FIGUR 17.** Effekter af forskellige fosfortildelinger over en 8 ugers periode på fosforindholdet samt vækststadiet i vårbyg. Fosfor blev placeret ved såning (behandling 1) eller tilført via bredspredning 26, 35, 46 eller 56 dage efter såning (DES, rød prik ved behandling 2-5). Behandling 6 fik ikke tilført P i forsøgsperioden. Det totale fosforindhold blev løbende målt i det yngste fuldtudviklede blad både ved hjælp af bladanalyser samt P-testeren. Den røde linje ved 2.000 ppm indikerer fosformangel for bladanalyserne. Fosformangel for P-testeren er angivet med "\*\*". Nederst er de forskellige vækststadier noteret.

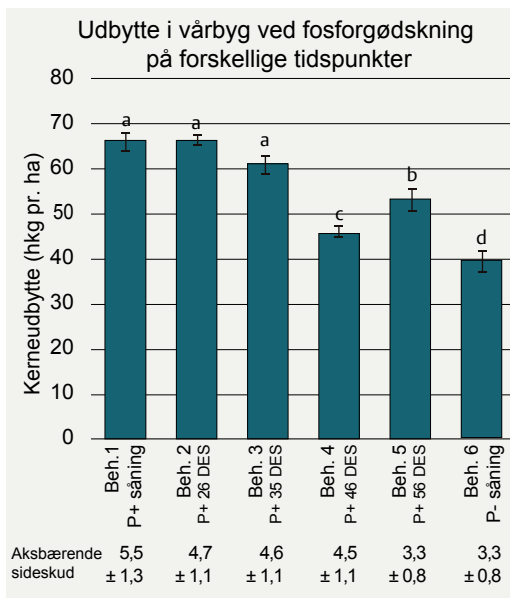
der ikke længere er fosformangel i de behandlinger, der har fået tildelt fosfor (behandling 1 og 2, figur 17), hvorimod bladanalysen fortsat viser fosformangel i behandling 3. I de behandlinger, der ved 46 DES ikke har fået tildelt fosfor, er der nu udviklet massiv P-mangel, hvilket bekræftes af både bladanalyser og P-tester (behandling 4-6, figur 17). Det er også ved 46 DES, at der for første gang er tydelig forskel i planternes udvikling. Planterne der har fået tildelt fosfor, er nu i buskningsfasen (stadie 20-21), hvorimod planter med fosformangel er tydeligt begrænset i væksten og fortsat er i bladudviklingsfasen (stadie 13).

I de følgende 10 dage (56 DES) sker der tilsyneladende en spontan frigivelse af fosfor i jorden eller en remobilisering af fosfor i planten. Selv de planter, der ikke er fosforgødsket formår at hæve fosforkoncentrationen fra 1.000 til mere end 2.200 ppm, og hverken bladanalysen eller fosfortesteren diagnosticerer fosformangel i nogen af behandlingerne på dette tidspunkt. Årsagen til den spontane frigivelse af fosfor i jorden eller til den interne remobilisering af fosfor i planten kendes ikke. På trods af høje fosforkoncentrationer i alle behandlinger ved 56 DES, er der nu stor forskel på planternes vækst

(varierer fra stadie 14-32). Effekten af den spontane fosforfrigivelse, er derfor ikke i stand til at eliminere den skade som fosformanglen har forårsaget på de planter. Alle planter, der i den foregående periode har fået tildelt fosfor (uanset tidspunkt) er nu i strækningsfasen (stadie 31-32), hvorimod de ikke-fosforgødskede er sat markant tilbage og fortsat er i bladudviklingsfasen (stadie 14-15).

På den sidste måledag (69 DES) er samtlige fosforniveauer faldet en smule og bladanalyserne afslører, at behandling 1 og 6 er lige under grænseværdien på 2.000 ppm fosfor. Målingerne med P-testeren afslører dog ikke fosformangel ved nogen af behandlingerne. Alle planterne er nu i den generative fase (stadie 49) eller på vej ud af den vegetative fase (stadie 45-47).

Ved høst er der betydelige forskelle i kerneudbyttet i forhold til hvor længe planterne har været fosformanglende (figur 18). For behandling 1, der er fosforgødsket allerede ved såning, er udbyttet 66 hkg pr. ha. Behandling 2 og 3, der fik tildelt fosfor ved 26 og 35 DES, og dermed har været fosformanglende i en periode på op til 3 uger, har været i stand til at udnytte fosfortildelingen, og



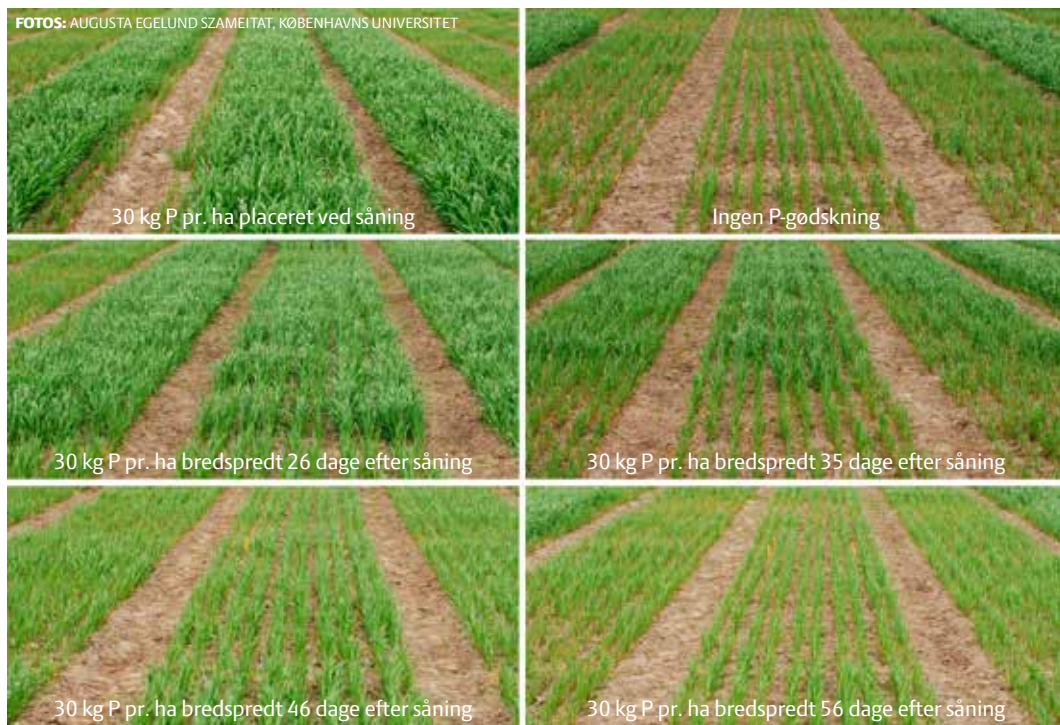
**FIGUR 18.** Kerneudbyttet for de forskellige behandlinger i vårbyg. Antallet af aksbærende sideskud er angivet nederst. DES: Dage efter såning.

### Konklusion

Fosfortilgængeligheden i det kritiske vindue på ca. 3 uger fra etableringsfasen til begyndende buskning er særdeles vigtig for vårbyggs evne til at udvikle aksbærende sideskud og antallet af kerner pr. aks. Vedvarende fosformangel i dette kritiske vindue kan reducere udbyttet med op til 40 procent. Derimod kan planten kompensere for udbyttet, hvis den kun kortvarigt udsættes for fosformangel i 1 til 2 uger efter etableringsfasen (figur 17 og figur 18).

Det kan ydermere konkluderes at P-testeren er i stand til at diagnosticere fosformangel, og kan anvendes som værktøj til at måle fosformangel direkte i marken. P-testeren er et effektivt redskab i bladudviklingsfasen frem til begyndende buskning, men måling i efterfølgende udviklingsstadier er ikke interessant, da skaden på meristemmet allerede er sket og ikke kan genoprettes ved fosforgødsning.

FOTOS: AUGUSTA EDELUND SZAMEITAT, KØBENHAVNS UNIVERSITET



Tydelige forskelle mellem behandlinger, der har fået tilført fosfor på forskellige tidspunkter. Billederne er taget 2. juni 2017 (56 dage efter såning).

giver udbytter på samme niveau som behandling 1. For behandling 4-6, der alle var fosformanglende i perioder længere end 3 uger, er planterne ikke i stand til at indhente det forsømte, og udbyttet er reduceret markant til 39-46 hg pr. ha, altså en reduktion på 30-40 procent (figur 18).

## Kalkning

> **METTE LANGGAARD JENSEN**, SEGES

### Kalkstrategi og nitratophobning

I 1991 blev der anlagt to fastliggende forsøg med kalkningsstrategier som afsluttes i 2017. Formålet med de langvarige forsøg er at belyse kalkningsstrategiens og dermed reaktionstallets betydning for kvælstofomsætning og udbytte.

Forsøgsserien sammenligner effekten af kalkningsstrategier ved halv og hel kvælstofnorm. Forsøgene ligger på JB 5 ved Hammel og på JB 7 ved Middelfart, og der er kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006, 2012 og 2016. Forsøgene har fået tildelt halv eller hel kvælstofnorm i 1991 til 2008, 2013 og 2017. De resterende år er forsøget gødsket som den resterende del af marken. Gennem forsøgsperioden er der målt Rt, udbytte og N-min i forsøget.

**TABEL 32.** Fastliggende forsøg med kalk. Kalkningsstrategiens betydning for Rt. To forsøg. Forsøgene blev kalket i efteråret 1991, 1996, 2001, 2006, 2012 og 2016. (N21)

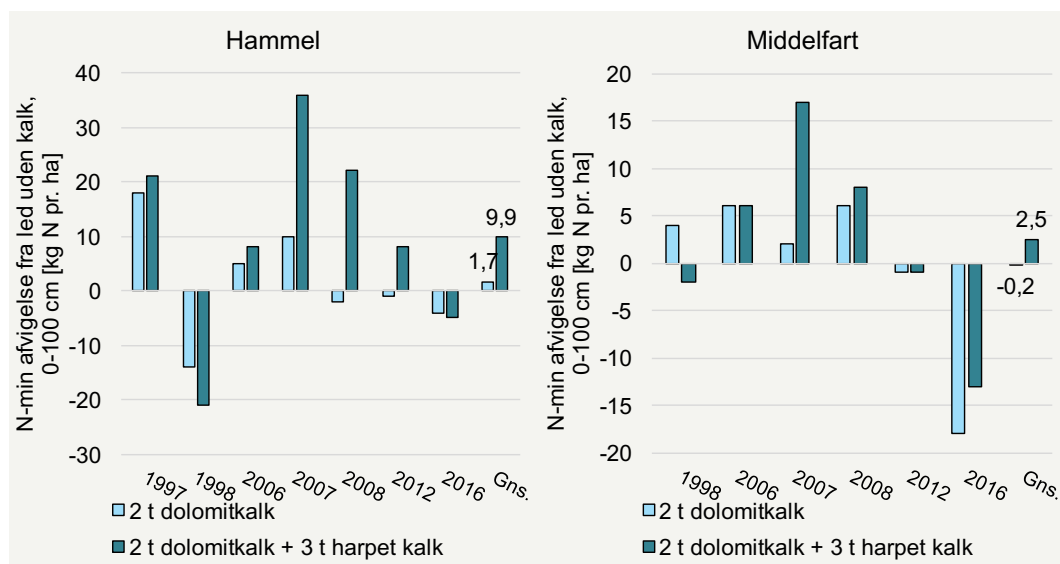
Kalkning <sup>1)</sup>	Ingen kalk		2 t dolomitkalk		2 t dolomitkalk + 3 t harpet kalk	
	Hammel	Middelfart <sup>2)</sup>	Hammel	Middelfart <sup>2)</sup>	Hammel	Middelfart <sup>2)</sup>
Analyseår	Rt					
1991	6,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,5
2001	5,8	6,3	6,2	6,7	6,4	6,9
2006	5,9	6,0	6,4	6,5	6,4	7,0
2007	5,4	5,5	6,4	6,4	6,5	6,9
2008	5,7	6,0	6,3	6,7	6,7	7,0
2013	5,7	6,6	6,6	7,2	6,7	7,5
2017	6,2	6,4	6,7	6,9	7,4	7,3

<sup>1)</sup> De viste resultater er alle tildelt fuld N-norm

<sup>2)</sup> Forsøget ved Middelfart blev først kalket i september 2007.

### Kalkningsstrategi og reaktionstal

Udvalgte resultater og forsøgsbehandlinger fremgår af tabel 32. Ved anlæg i 1991 var reaktionstallet 0,5 enhed højere i forsøget ved Middelfart end i forsøget ved Hammel. Unkladelse af kalkning har i Hammel medført et fald i reaktionstallet på 0,3 enheder fra 1991 og til 2013. I 2017 ses dog en stigning i reaktionstallet. Ved Middelfart viser jordanalyserne et stabilt fald i reaktionstallet indtil 2007, hvorefter analyseværdierne er steget til 6,4 i 2017. Jordens bufferkapacitet på de to lokaliteter antages at påvirke effekten af manglende kalkning, men



**FIGUR 19.** Kalkstrategiens betydning for mineralsk kvælstof (N-min) i 0-100 cm dybde udtaget i efteråret fra 1997-2016 i to forsøg beliggende ved henholdsvis Hammel og Middelfart. Figuren viser afvigelsen i N-min fra led uden kalk i kg N pr. ha. Dataene er fra led tildelt fuld kvælstofnorm.

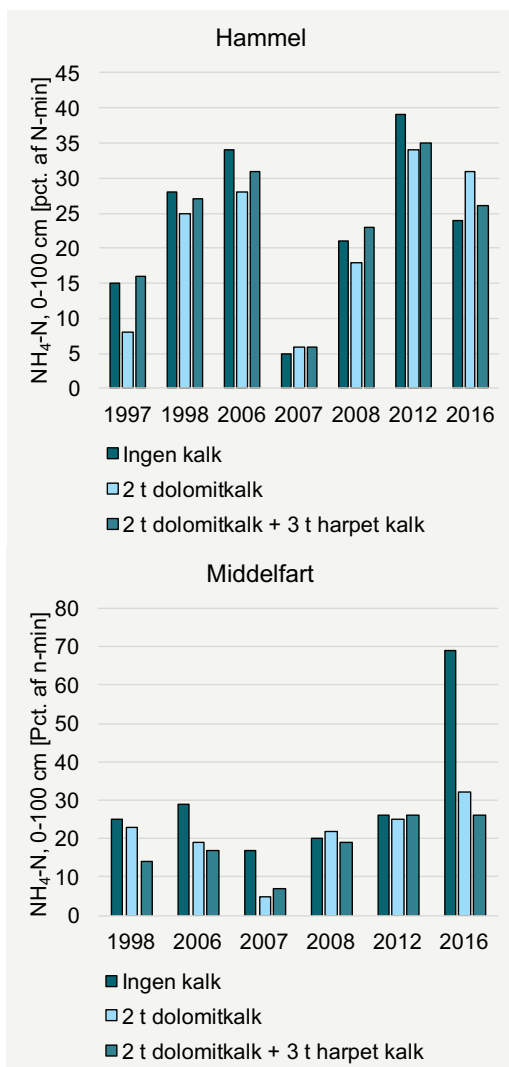
stigningerne på de to arealer tilskrives forsøgsusikkerhed. 2 tons dolomitkalk hvert femte år har hævet reaktionstallet med cirka 0,4-0,7 enhed. 2 tons dolomitkalk + 3 ton harpet kalk har hævet reaktionstallet med 0,8-1,4 enhed.

### Kalkstrategi og kvælstofomsætning

Et af hovedformålene med forsøgene er at belyse kalkningsstrategiens og dermed reaktionstallets betydning for kvælstofomsætningen og udbyttet. I Oversigten over landsforsøgene 2013 var teorien, at tilstrækkeligt lave Rt hæmmer omdannelsen af ammonium til nitrat, hvilket reducerer nitratudvaskningen.

Figur 19 viser afvigelsen i mineralisk kvælstof (N-min i kg N pr. ha) i 0-100 cm dybde fra led uden kalk udtaget i efteråret fra 1997 til 2016 i de to enkeltforsøg. Resultaterne indikerer at N-min indholdet er lavere i led uden kalktilførsel end i led tildelt kalk i forsøgsperioden. Figurerne viser ligeledes en tendens til, at N-min indholdet er højest i led tilført 2 t dolomit kalk + 3 t harpet kalk sammenlignet med led tildelt 2 t dolomit kalk. Resultaterne er ikke konsistente fra år til år og fra forsøg til forsøg. Tendensen er mere udpræget i forsøget ved Hammel i forhold til forsøget ved Middelfart, hvor særligt målinger fra 2016 afviger betydeligt fra tendensen i de resterende år. Der er en vis usikkerhed forbundet med N-min målinger, og det kan diskuteres, hvorvidt denne usikkerhed overskygger forskellene i N-min mellem kalkstrategierne. Ud fra 25 års resultater kan det derfor ikke påvises, at mindre kalkning reducerer mineraliseringen og dermed N-min indholdet i jorden.

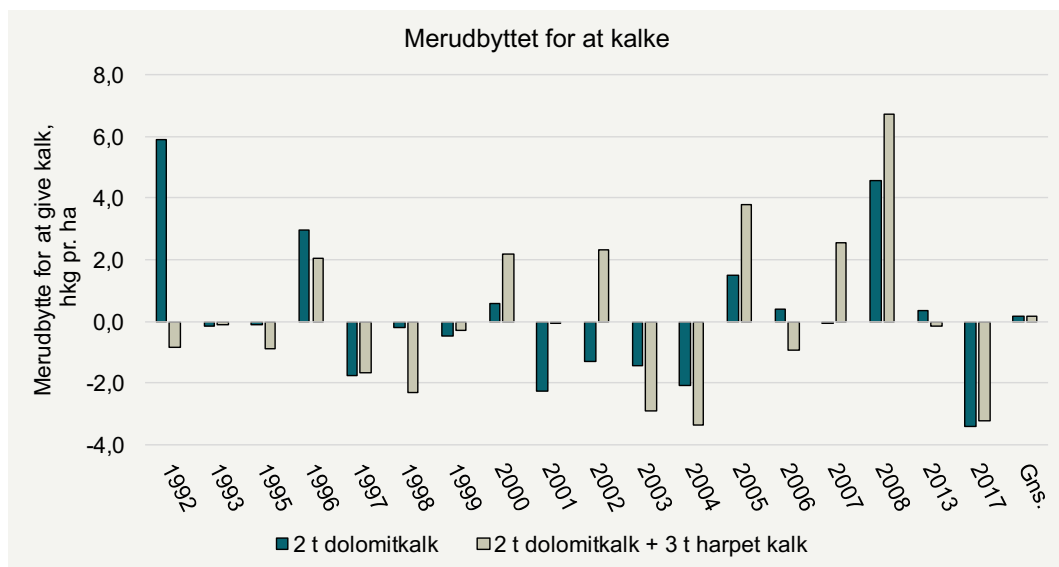
Andelen af ammoniumkvælstof viser ikke konsistente forskelle mellem forsøgsbehandlingerne, hvilket illustrerer, at det ikke direkte er muligt i forsøgsserien at måle effekten af lave Rt på nitrifikationen. Se figur 20. Litteraturen har flere gange vist, at omdannelsen af ammoniak til nitrat hæmmes ved lav pH, men den nyeste viden understøtter, at reaktionen alligevel forløber under disse forhold, hvilket forklarer, at der ikke ses en højere andel ammoniumkvælstof i led med lave reaktionstal i forhold led med høje reaktionstal i jorden. Derudover er reaktionstallet måske ikke lavt nok til at hæmme nitrifikationen. At lave reaktionstal kan reducere nitratudvaskningen ved at hæmme nitrifikationen, kan derfor ikke konkluderes ud fra disse forsøg.



**FIGUR 20.** Kalkstrategiens betydning for andelen af ammonium i pct. af N-min i 0-100 cm dybde fra 1997-2016 i to forsøg beliggende ved henholdsvis Hammel og Middelfart. Dataene er fra led tildelt fuld norm.

### Kalkstrategi og udbytte

Figur 21 viser merudbyttet for at tildele kalk fra 1992 til 2017. I Oversigt over Landsforsøgene fra 2013 viste udbyttedata fra 2005 til 2013, at udbyttet i vinterhvede var størst i led tildelt mest kalk, og resultaterne viste en tendens til, at udbyttet ligeledes var størst ved halv kvælstofnorm i forhold til fuld norm. Når hele forsøgsperioden på 25 år medtages på tværs af afgrøderne vinterhvede, vårbyg og vinterbyg, viser data ingen effekt på udbytterne ved at kalke. Konklusionen er den samme for begge enkeltforsøg og ved halv eller hel kvælstofnorm.



FIGUR 21. Merudbyttet for at tilføre kalk i hkg pr. ha fra 1992 til 2017

### Konklusion

25 års resultater fra to fastliggende forsøg med kalkning viser, at reaktionstallet i jorden stiger, når der kalkes. Udbytteresultater fra forsøgsperioden viser generelt ingen effekt af kalkning. N-min målinger fra forsøgsperioden har ikke klarlagt, at mineraliseringen og dermed N-min indholdet i jorden, reduceres ved ikke at kalke. Det var heller ikke muligt at registrere, at omdannelsen af ammoniak til nitrat påvirkes af lave reaktionstal på arealer, hvor der ikke er kalket i 25 år.

### Kalk til vårbyg

Oftest tilføres kalk om efteråret eller om foråret før såning. I sædskifter med afgrøder som er særligt følsomme overfor lave reaktionstal, tilføres kalk to år før såning for at

sikre en maksimal kalkvirkning. I 2017 udgik et enkeltforsøg i en forsøgsserie med vårbyg på grund af meget lave reaktionstal, hvilket resulterede i en dårlig etableret afgrøde med svage og underudviklede planter. Arealet blev herefter anvendt til at undersøge, om afgrøden kan komme sig efter stresspåvirkningen ved at kalke i vækstsæsonen. Derfor er der i 2017 gennemført et enkelt forsøg for at belyse, om vårbyg etableret på jord med kritisk lave reaktionstal kan reddes ved at kalke i stadie 32-39.

Kalkens neutraliserende evne, hårdhed og granulattørrelse formodes at være vigtige parametre for en hurtig effekt af kalkning på jordens Rt. Derfor undersøges effekten af hydratkalk  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , kalksalpeter  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  og jordbrugskalk fra Aggersund, som anses at være hurtigtvirkende, sammenlignet med eksempelvis dolomitkalk. Forsøget er anlagt på en JB 4 med reaktionstal fra 4,8 til



FOTO: METTE LANGGAARD JENSEN, SEGES

En vårbygmark uden for Randers etableret på JB 4 med meget lave Rt. Billedet viser tydelige gule pletter i marken med svage og underudviklede planter.

TABEL 33. Kalk til vårbyg med lave Rt i marken. Kalk er tilført i vækstsæsonen. (N22)

Vårbyg	Råprotein, pct. i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne
<i>2017. 1 forsøg</i>			
1. Ubehandlet	12,5	74	43,2
4. 3 t Hydratkalk	12,0	72	0,6
5. 6 t Hydratkalk	12,1	73	1,4
6. 200 kg Kalksalpeter 15	13,9	82	0,3
7. 6 t alm. jordbrugskalk	11,7	76	4,3
LSD			2,8

5,3. Fotoet er taget den 24. maj 2017, før tildeling af forsøgsbehandlingerne, og der ses store gule pletter i vårbygmarken med underudviklede planter. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 33. Forsøgsbehandlingerne er gennemført i stadie 39, og der er 5-6 gentagelser af hver forsøgsbehandling.

I det ubehandlede led er udbyttet 43,2 hkg pr. ha, hvilket er lavt i forhold til forventet for jordtypen. Afgrøden har med stor sandsynlighed været påvirket af de lave Rt. Tilførsel af 6 tons jordbrugskalk fra Aggersund giver, som den eneste af de fire kalkbehandlinger, et signifikant merudbytte på 4,3 hkg pr. ha.

## Husdyrgødning

> MARTIN NØRREGAARD HANSEN, SEGES

### Svinegylle med nitrifikationshæmmer til vinterraps om efteråret

I forbindelse udbringning af husdyrgødning, kan en del af gyllens ammoniumindhold blive omdannet til nitrat i jorden. Hvis ikke den dannede nitrat optages af en afgrøde, kan der være risiko for tab af kvælstof ved nitratudvaskning, specielt i perioder med et stort nedbørsoverskud. Ved at tilsætte nitrifikationshæmmer til gyllen forsinkes omsætningen af gyllens ammonium til nitrat, hvilket kan reducere risikoen for nitratudvaskning og derved forbedre kvælstofudnyttelsen af den udbragte husdyrgødning.

Nitrifikationshæmmer forsinker omdannelsen af ammoniumkvælstof til nitratkvælstof ved en hæmning af aktiviteten af jordens nitrificerende mikroorganismer. Effekten varer i fire til otte uger afhængigt af vejrforholdene: Jo varmere vejr, jo kortere virkningstid. Den største effekt forventes i år med store nedbørsmængder efter gyllens udbringning på sandjord og i afgrøder med langsom vækststart. For at afklare effekten af nitrifikationshæmmer er der påbegyndt en forsøgsserie i 2016, som er forsat i 2017.

Udbringning af gylle til vinterraps om efteråret kan øge risikoen for nitratudvaskning i løbet af vinteren, hvis afgrøden ikke optager den tilførte kvælstofmængde. Der er derfor i samarbejde med BASF og DOW AgroSciences gennemført to forsøg, hvor effekten af at tilsætte nitrifikationshæmmerne Vizura og N-Lock til svinegylle før udbringning til vinterraps i efteråret er undersøgt. Vizura indeholder aktivstoffet 3,4-dimethyl-1H-pyrazole og N-Lock indeholder aktivstoffet nitrapyrin. Forsøgene er gennemført på JB 6 ved Silkeborg og ved Brovst. Forsøget gennemført ved Brovst gav en uforklarlig lav kvælstofrepons, og resultater derfra indgår derfor ikke i tabel 34. Resultaterne er derfor opgjort på kun et forsøg.

Gyllen er udbragt ved henholdsvis nedfældning før såning i begyndelsen af august og med slæbeslanger i den fremspirede afgrøde i midten af september. I forsøget er der tilstræbt udbragt 100 kg ammoniumkvælstof pr. ha ved nedfældning før såning og henholdsvis 50 og 100

TABEL 34. Svinegylle med nitrifikationshæmmer til vinterraps om efteråret. (N23)

Vinterraps	Nitrifikationshæmmer, l pr. ha	Husdyrgødning, kg NH <sub>4</sub> -N pr. ha		Handelsgødning, kg N pr. ha		Kg N pr. ha, sidst i november		N-min forår, kg N pr. ha, 0-100 cm	Olie, pct. i tørstof	Udb. og merudb., hkg frø std. kval. pr. ha	Udb. og merudb., hkg frø std. kval. pr. ha	
		Før såning	Medio sept.	Medio sept.	Medio marts	Optaget i overjordiske plantede	N-min, 0-100 cm					
<i>2017. 1 forsøg</i>												
1. Ingen kvælstof						65	46	18	53,0	<b>24,7</b>		
2. Handelsgødning				50	50				52,9	14,2		
3. 2 x handelsgødning				50	100				51,9	16,8		
4. 2 x handelsgødning				50	150				52,9	25,3		
5. 2 x handelsgødning				50	200				52,2	32,0		
6. 2 x handelsgødning				50	250				51,1	33,6		
7. Gylle + handelsgødning	100			50	95	102	25	25	51,1	16,5	<b>41,2</b>	
8. Gylle + handelsgødning	2 l Vizura	100		50	97	97	31	31	52,8	18,1	1,6	
9. Gylle + handelsgødning			48	100	90	76	22	22	52,4	24,4	<b>49,1</b>	
11. Gylle + handelsgødning	2,5 l N-lock		48	100	103	76	30	30	52,3	27,5	3,1	
13. Gylle + handelsgødning	2 l Vizura		48	100	82	67	28	28	52,3	23,1	-1,3	
10. Gylle + handelsgødning			95	50	98	107	32	32	51,9	18,3	<b>43,0</b>	
12. Gylle + handelsgødning	2,5 l N-lock		95	50	88	103	33	33	53,1	21,9	3,6	
14. Gylle + handelsgødning	2 l Vizura		95	50	111	87	49	49	52,2	22,2	3,9	
<i>LSD</i>											3,3	3,3

kg ammoniumkvælstof pr. ha i slangeudlagt gylle i den etablerede afgrøde midt i september. Gyllen er udbragt henholdsvis med og uden tilsætning af nitrifikationshæmmere. Alle husdyrgødede parceller er supplerende gødsket med handelsgødning NS 27-4, således, at alle led er tilstræbt tildelt i alt 150 kg kvælstof pr. ha efterår plus forår. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 34.

Planteprovér udtaget i slutningen af november viser, at der er optaget mellem 17 og 38 kg kvælstof pr. ha mere i de overjordiske plantedele i de forsøgsled, hvor der er udbragt 48 kg ammoniumkvælstof i gylle pr. ha, end i det ugødede forsøgsled. Hvor der er udbragt 95 kg ammoniumkvælstof i gylle pr. ha, er der optaget mellem 23 og 46 kg kvælstof pr. ha mere end i det ugødede forsøgsled. Ved den højeste udbragte gyllemængde er der således optaget en mindre andel af den udbragte kvælstofmængde i afgrøden. Det kvælstof, som ikke er optaget, kan blive udvasket, men N-min indholdet i jorden om foråret er lidt højere, hvor der er tilført den største gyllemængde om efteråret. En del af den ikke-udnyttede kvælstof om efteråret er derfor ikke udvasket, men ligger fortsat i jorden om foråret.

Forsøget viser signifikant merudbytte i frø ved tilsætning af nitrifikationshæmmere når der blev tilført 95 kg ammoniumkvælstof pr. ha i slangeudlagt gylle i den etablerede afgrøde. Se tabel 34, led 10, 12 og 14. I de øvrige led er der ikke fundet signifikant positive effekter af tilsætningen af nitrifikationshæmmere, hverken på N-min eller frøudbytte. Det indikerer, at når afgrøden ikke har mulighed for at opsamle hele den tilførte kvælstofmængde i efteråret, kan tilsætning af nitrifikationshæmmere hæmme nitratdannelsen og dermed begrænse nitratudvaskningen. Dette vil øge jordens kvælstofpulje i foråret hvilket ses i led 14, men ikke i led 12. Effekterne af nitrifikationshæmmere er fundet på trods af, at data fra DMI viser, at der er faldet ca. 15 mm mindre nedbør end normalt i en otte ugers periode efter udbringningen i midten af september.

Ved tilførsel af 48 kg ammoniumkvælstof pr. ha i gylle er der ikke fundet effekt af nitrifikationshæmmere. Dette indikerer, at afgrøden har optaget hovedparten af den tilførte kvælstofmængde, hvilket har reduceret risikoen for nitratudvaskning.

Ved tilførsel af 95 kg ammoniumkvælstof i gylle pr. ha før såning medio august, er der heller ikke fundet signifikant

merudbytte ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gyllen. Dette indikerer, at effekten af nitrifikationshæmmere er ophørt for tidligt, til at kunne sikre en effektiv hæmning af nitratdannelsen for vinteren. Det milde efterår i 2016 kan have forlænget perioden, hvor nitrifikationsprocessen forløber. Et andet forhold der kan have påvirket effekten af nitrifikationshæmmere er, at data fra DMI viser, at der er faldet mellem 55 til 60 mm mindre nedbør end normalt i en otte ugers periode efter udbringningen af gyllen medio august.

Forsøget viser signifikante højere udbytter ved tilførsel af ca. 50 kg N i gylle i efteråret og 100 kg N i handelsgødning i foråret end ved tilførsel af ca. 100 kg N i gylle i efteråret og 50 kg N i handelsgødning i foråret. Der er ikke signifikant forskel på om gyllen er udbragt ved nedfældning før såning eller ved slangeudlægning i den fremvoksede afgrøde.

### **Svinegylle med nitrifikationshæmmer og svovlsyre til vinterhvede**

Når gylle udbringes til vintersæd i foråret er der risiko for, at en del af kvælstoffet tabes som ammoniak. Desuden er der risiko for, at en del af det tilførte ammoniumkvælstof omdannes til nitrat, og at dette udvaskes før det optages af afgrøden. Der er dog normalt ikke risiko for nitratudvaskning efter gylleudbringning i foråret til vinterhvede grundet afgrødens tidlige og kraftige vækst. Ved at tilsætte svovlsyre til gyllen reduceres risikoen yderligere for ammoniaktab og ved tilsætning af nitrifikationshæmmer forsinkes omsætningen af gyllens ammonium til nitrat, hvilket kan reducere risikoen for udvaskning. Det gælder især, hvis nedbøren er høj efter udbringningen.

I samarbejde med BASF er der gennemført to forsøg, hvor effekten af at tilsætte nitrifikationshæmmere Vi-zura til svinegylle før udbringning er undersøgt. I samme forsøgsserie er effekten af forsuring undersøgt henholdsvis med og uden tilsætning af nitrifikationshæmmer. Forsøgene er gennemført på JB 1 nær Årre i Vestjylland og på JB 3 nær Løgumkloster i Sydjylland. Gyllen er udbragt med slæbeslanger til hvede i begyndelsen af april, forfrugten var henholdsvis vinterraps og majshelsæd. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 35.

Tilsætning af nitrifikationshæmmere til gyllen giver ikke signifikante merudbytter eller øget kvælstofindhold i kerne. Se tabel 35. Den manglende effekt kan

**TABEL 35.** Svinegylle med nitrifikationshæmmer og svovlsyre til vinterhvede. (N24)

Vinterhvede	Kg NH <sub>4</sub> -N i gylle pr. ha	Kg N i handelsgødning pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
		Medio marts	6. april					
<i>2017. 2 forsøg</i>								
1. Ingen N		0	0	0	8,2	62	<b>50,8</b>	
2. 50 + 50 kg N i handelsgødning.		50	50	0	8,2	103	33,6	
3. 50 + 100 kg N i handelsgødning.		50	100	0	8,7	119	41,1	
4. 50 + 150 kg N i handelsgødning.		50	150	0	9,7	138	44,3	
5. Slangeudlagt gylle	119	50		0	9,1	122	39,7	<b>90,5</b>
6. Slangeudlagt gylle + 2 l Vizura	119	50		0	8,9	123	41,1	1,4
7. Slangeudlagt forsuret gylle	123	50		0	9,1	131	46,0	<b>96,8</b>
8. Slangeudlagt forsuret gylle + 2 l Vizura	123	50		0	9,3	136	47,8	1,8
LSD						6,7	7,8	
LSD 5-8						5,6		5,1

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

Gylledata og værdital	Udbragt mængde, ton pr. ha	Dosering, kg NH <sub>4</sub> -N pr. ha	Tørstof, pct.	Total N, kg pr. ton	NH <sub>4</sub> -N, kg pr. ton	NH <sub>4</sub> -N, pct. af total-N	pH	Værdital
5. Slangeudlagt gylle	41,7	119	2,8	3,8	2,9	75	7,4	71
6. Slangeudlagt gylle + 2 l Vizura	41,7	119	2,8	3,8	2,9	75	7,4	71
7. Slangeudlagt forsuret gylle	41,7	123	2,9	4,0	3,0	75	5,8	81
8. Slangeudlagt forsuret gylle + 2 l Vizura	41,7	123	2,9	4,0	3,0	75	5,9	88

skylde, at der faldt mellem 0 og 10 mm mindre nedbør end normalt i en otte ugers periode efter gyllens udbringning. Der er dog tendens til et merudbytte på ca. 1,5 hkg kerne pr. ha ved tilsætning af nitrifikationshæmmer til den udbragte gylle. I det ene forsøg gennemført på JB 1 er der et signifikant højere kerneudbytte på 3,5 hkg pr. ha ved tilsætning af nitrifikationshæmmeren til forsuret gylle, mens der ikke er opnået højere udbytter ved tilsætning af nitrifikationshæmmeren i det andet forsøg på JB 3.

Resultaterne i tabel 35 viser, at forsuring af gyllen giver et signifikant højere kerneudbytte på 6,5 hkg pr. ha. og et signifikant højere kvælstofindhold i kerne på mellem 9 og 13 kg kvælstof pr. ha, uanset om gyllen blev tilsat nitrifikationshæmmer. De højere udbytter er fundet på trods af, at gyllen blev udbragt under forholdsvis kølige og fugtige forhold som begrænser risikoen for ammoniaktab. Afgrøden var dog forholdsvis tynd og åben, hvilket sammen med blæsende forhold under udbringningen har øget potentialet for ammoniaktab. Dette kan forklare de relativt høje merudbytter ved forsuringen.

### Kvæggylle med nitrifikationshæmmer til vårbyg

I 2017 er der i samarbejde med BASF og Azelis gennemført forsøg med nedfældning af kvæggylle før såning af vårbyg. Gødningseffekten af gyllen er afprøvet med og uden tilsætning af nitrifikationshæmmeren Vizura, som

indeholder aktivstoffet 3,4-dimethyl-1H-pyrazole og AgRho, som indeholder aktivstoffet Dicyandiamide.

Effekten af nedfældet kvæggylle tilsat nitrifikationshæmmerne er sammenlignet med en tilsvarende mængde kvæggylle uden tilsætning af nitrifikationshæmmer. Forsøget er gennemført på sandet jord ved Åbenrå i Sønderjylland. I forsøget er det tilstræbt at tildele 80 kg ammoniumkvælstof i gylle pr. ha, men lavere ammoniumindhold i den udbragte gylle end forudgående målt betød, at der kun blev udbragt 70 kg ammoniumkvælstof pr. ha.

Forsøgsleddene med tilsætning af Vizura er gennemført henholdsvis med og uden tilførsel af supplerende tilførsel af 40 kg kvælstof pr. ha i handelsgødning i slutningen af maj. Effekterne af tilsætning af nitrifikationshæmmeren AgRho er undersøgt ved tilsætning af henholdsvis 2 og 3 liter pr. ha. Forsøgsplan og resultater af forsøget ses i tabel 36.

Der er ingen respons på kerneudbytte ved tilsætning af nitrifikationshæmmerne til gyllen. Tilsvarende viser forsøget heller ikke øget proteinindhold i kerne ved tilsætning nitrifikationshæmmerne, bortset fra i de led der ikke er tilført supplerende 40 kg kvælstof pr. ha i handelsgødning (tabel 36, led 7 og 9). Her førte tilsætningen af 2 l Vizura til en forøgelse af proteinindholdet i kerne fra 8,3 til 9,1 procent.



**TABEL 36.** Kvæggylle med nitrifikationshæmmer til vårbyg. (N8)

Vårbyg	Kg NH <sub>4</sub> -N i gylle pr. ha	Tilsat nitrifikationshæmmer, l pr. ha	Kg N i handelsgødning pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Procent råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
			Ved såning	Ultimo maj					
<i>2017. 1 forsøg</i>									
1. Ingen N			0		0	9,3	42	<b>33,4</b>	
2. Handelsgødning			40		0	8,8	52	10,3	
3. Handelsgødning			80		0	8,4	65	23,8	
4. 2 x handelsgødning			80	40	0	9,7	81	27,6	
5. Handelsgødning			120		0	9,3	78	28,2	
6. Handelsgødning			160		0	10,5	103	39,0	
7. Nedfældet kvæggylle	70				0	8,3	76	34,1	<b>67,5</b>
9. Nedfældet kvæggylle	70	2 l Vizura			0	9,1	82	32,9	-1,2
8. Nedfældet kvæggylle + NS 27-4	70			40	0	9,8	96	38,5	<b>71,9</b>
10. Nedfældet kvæggylle + NS 27-4	70	2 l Vizura		40	0	9,1	86	35,9	-2,6
11. Nedfældet kvæggylle + NS 27-4	70	2 l AgRho		40	0	9,9	98	39,5	1,0
12. Nedfældet kvæggylle + NS 27-4	70	3 l AgRho		40	0	9,6	91	36,4	-2,1
<i>LSD 1</i>								3,5	

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

Den manglende effekt af nitrifikationshæmmerne på udbyttet kan skyldes, at der i perioden efter udbringning ikke er faldet væsentligt mere nedbør end normalt. Ifølge data fra DMI er der således i det pågældende post-distrikt faldet 111 mm regn i en otte ugers periode efter udbringning mod normalt 89 mm. Der har således efter al sandsynlighed ikke været væsentlig kvælstofudvaskning, uanset om der er tilsat nitrifikationshæmmer eller ej.

### Svinegylle med nitrifikationshæmmer til vårbyg

I 2017 er der i samarbejde med BASF og Azelis gennemført et forsøg med nedfældning af svinegylle før såning af vårbyg, hvor gyllen er tilført med og uden tilsætning af nitrifikationshæmmeren Vizura og AgRho.

Effekten af nedfældet svinegylle er sammenlignet med en tilsvarende mængde kvælstof i bredspredt handelsgødning. Effekten af den nedfældede svinegylle tilsat nitrifikationshæmmerne er derudover sammenlignet med en tilsvarende mængde svinegylle uden tilsætning af nitrifikationshæmmer. Forsøget er gennemført på JB 1 ved Hejnsvig i nærheden af Billund. I forsøget er der tilstræbt tildelt 80 kg ammoniumkvælstof i gylle pr. ha., men højere ammoniumindhold i den udbragte gylle end forudgående målt betød, at der er udbragt 94 kg ammoniumkvælstof pr. ha.

Der er ingen respons på kernebytte og proteinindhold ved tilførsel af kvælstof i handelsgødning udover 80 kg kvælstof pr. ha. Delt kvælstofildeling fører i alle sammenligninger til en tendens til lavere kerne og protein-

udbytte. Tilsvarende giver tilførsel af supplerende 40 kg kvælstof pr. ha i handelsgødning i slutningen af maj ikke hverken højere udbytte eller proteinindhold i kerne.

Forsøget viser ikke effekt af tilsætning af hverken Vizura eller AgRho på hverken kerneudbytte eller proteinindhold.

Resultaterne er ikke vist her, men kan ses i Tabelbilaget, tabel N25.

### PP-Dorkel behandling og tilsætning af additiver til gylle til vinterhvede

Gylleadditiverne Active NS (fra FCSI) og Seofoss (fra Vitfoss) forhandles til tilsætning i gylle. Begge produkter er fremstillet ud fra lerminerale og angives at have forskellige effekter, blandt andet at øge gyllens gødningsværdi gennem en binding af positivt ladede ioner, såsom ammonium. Ved bindingen forhindres omdannelsen til ammoniak (NH<sub>3</sub>), som kan fordampe. Ifølge producenterne kan tilsætning af 20 gram af produkterne pr. ton gylle øge gyllens kvælstofindhold med 1,2 til 1,4 kg kvælstof pr. ton. Denne forøgelse svarer næsten til det dobbelte af ammoniakfordampningen fra stald og lager i ubehandlet gylle. Ifølge producenterne kan additiverne endvidere have en reducerende effekt på lugt, samt gøre gyllen mere homogen og dermed lettere at håndtere.

I tre landsforsøg med gylle til vinterhvede testes udbytteeffekterne af brugen af additiverne. Gyllen kommer fra to svinebesætninger, hvor der sektionsvis er udstøret/ikke udstøret additiv i stalden. Herved kunne der udta-



FOTO: MARTIN NØRREGAARD HANSEN, SEGES

Udbringning af gylle i forsøgsparceller.

ges gylle til forsøgene, som så vidt muligt var ens, bortset fra tilsætningen af additiv. Doseringen af ammonium til marken er fastsat ud fra analyser af den ubehandlede gylle, idet et eventuelt merindhold ved behandlingen derved synliggøres som gødningseffekt i marken.

En anden type af gyllebehandling er beluftning af gyllebeholderen med PP-Dorkel systemet udviklet af Biotech Innovation ApS. En PP-Dorkel er et apparat til injektion af atmosfærisk luft i vand, gylle eller slam, hvorpå der er monteret en Power Pack. Ifølge producenten er en Power Pack en katalysator og ionbytter. Effekten angives at være reduktion af lugt fra svovlbrinte, en mere homogen

gylle og mere plantetilgængelige plantenæringsstoffer. Den optimale effekt angives at kunne opnås ved behandling i gyllekanalerne i stalden, men der angives også effekt af omrøring af gyllebeholderen med PP-Dorkel. For at undersøge effekten af Dorkel-behandlet gylle blev en gyllebeholder på en svinebedrift behandlet med PP-Dorkel fem uger før gyllen blev udbragt i forsøgene. Til sammenligning blev der udtaget gylleprøver fra samme beholder før behandlingen, der blev lagret i separat beholder indtil udbringningen. Gylleprøverne blev udtaget af den omrørte, men endnu ikke PP-Dorkel behandlede gylle.

#### Udbytter og udnyttelse af kvælstof i gyllen

Forsøgsplan og -resultater fremgår af tabel 37. De første fire forsøgsled er med stigende tilførsel af kvælstof til beregning af markeeffekten, udtrykt ved værditallet. De næste forsøgsled med gylle kan sammenlignes parvis med og uden tilsætning af additiver eller PP-Dorkel behandling. De tre forsøg er alle beliggende i nærheden af Hammerum i Vestjylland på JB 1 med vinterraps som forfrugt. Fosfortallene er moderate eller høje på alle forsøgsarealer. Ved udbringning af gylle 7. april er gyllen blevet doseret i henhold til en forudgående bestemmelse af ammoniumindholdet i de ikke behandlede gylletyper. Der er tilstræbt en dosering på 100 kg ammoniumkvælstof pr. ha.

TABEL 37. Forsøg med gylleadditiver til vinterhvede. (N26)

Vinterhvede	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Pct. råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
<i>2017. 3 forsøg</i>					
1. 0 N	0	8,9	46	<b>34,6</b>	
2. 50 N + 50 N	0	9,1	90	32,0	
3. 50 N + 100 N	0	9,9	106	37,6	
4. 50 N + 150 N	0	11,3	118	35,0	
5. 50 N + 94 NH <sub>4</sub> -N i gylle, uden PP-Dorkel	0	9,2	97	35,9	<b>70,5</b>
6. 50 N + 96 NH <sub>4</sub> -N i gylle, med PP-Dorkel	0	9,6	102	37,1	1,2
7. 50 N + 85 NH <sub>4</sub> -N i gylle, uden Active NS	0	8,9	89	32,6	<b>67,2</b>
8. 50 N + 98 NH <sub>4</sub> -N i gylle, med Active NS	0	9,1	93	34,0	1,4
9. 50 N + 119 NH <sub>4</sub> -N i gylle, uden Seofoss	0	9,3	96	34,7	<b>69,3</b>
10. 50 N + 111 NH <sub>4</sub> -N i gylle, med Seofoss	0	9,6	104	37,8	3,1
LSDI			8	4,5	
LSD 5-10			5		ns

1) Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

Gylledata og værdital	Dosering, tons gylle pr. ha	Dosering, kg NH <sub>4</sub> -N pr. ha	NH <sub>4</sub> -N, pct. af total-N	pH	Værdital
5. Gylle fra lager uden PP-Dorkel	37	94	84	7,9	72
6. Gylle fra lager med PP-Dorkel	37	96	77	7,7	74
7. Gylle fra sektion uden Active NS	25	85	61	7,2	49
8. Gylle fra sektion med Active NS	25	98	70	7,2	50
9. Gylle fra sektion uden Seofoss	29	119	67	7,0	44
10. Gylle fra sektion med Seofoss	29	111	59	6,7	53

**TABEL 38.** Resultater af gylleanalyser med og uden gylleadditiver og PP-Dorkelbehandling. (N26)

Gylleanalyser	Udtagning	NH <sub>4</sub> -N, kg pr. ton	Total-N, kg pr. ton	P, kg pr. ton	K, kg pr. ton	Tørstof-pct.	pH
<i>2017. 3 forsøg</i>							
5. Gylle fra lager uden PP-Dorkel	6. marts	2,7	3,5	0,4	2,5	1,8	7,4
6. Gylle fra lager med PP-Dorkel <sup>1)</sup>	6. marts	2,8	3,4	0,3	2,7	1,5	7,5
5. Gylle fra lager uden PP-Dorkel	7. april	2,5	3,0	0,3	2,0	1,3	7,9
6. Gylle fra lager med PP-Dorkel	7. april	2,6	3,4	0,3	2,2	1,4	7,7
7. Gylle fra sektion uden Active NS	7. april	3,4	5,6	1,6	2,5	3,5	7,2
8. Gylle fra sektion med Active NS	7. april	3,9	5,6	1,5	2,8	2,1	7,2
9. Gylle fra sektion uden Seofoss	7. april	4,1	6,2	1,9	2,6	6,1	7,0
10. Gylle fra sektion med Seofoss	7. april	3,9	6,5	2,4	2,6	7,8	6,7

<sup>1)</sup> Før behandling med PP-Dorkel

Ingen af de tre behandlingsmetoder giver signifikant højere merudbytter, men der er fundet tendens til højere udbytter ved alle de tre behandlinger.

Forsøgene viser, at behandlingen af svinegylle med PP-Dorkel ikke giver signifikant højere kerneudbytte, men et signifikant højere kvælstofudbytte i kerne på 5 kg kvælstof pr. ha.

Tilsætning af Active NS i staldrummet fører ikke til et signifikant merudbytte. Det fører dog til en tendens til højere kerneudbytte og kvælstofindhold i kerne.

Tilsætning af Seofoss i staldrummet fører ikke til et signifikant merudbytte, men også her viser forsøgene et signifikant højere kvælstofudbytte i kerne på 8 kg kvælstof pr. ha og tendens til højere merudbytte.

Der er tilført 13 kg ammoniumkvælstof mere pr. ha i den gylle, der er behandlet med Active NS end i gyllen uden Active NS, hvilket i sig selv kan forklare en udbytteforskel på ca. 1 hkg pr. ha.

Værditalle angiver effekten af det tilførte totalkvælstof i husdyrgødning i forhold til mineralsk kvælstof. Forsøgene viser ikke højere værdital af gylle behandlet med PP-Dorkel og Active NS, mens værditalet stiger fra et lavt niveau på kun 44 til 53 ved tilsætning af Seofoss.

#### *Behandlingernes indvirkning på gyllens næringsstofindhold.*

Resultaterne af gylleanalyserne ses i tabel 38. Gylleanalyserne viser, at næringsstofkoncentrationerne ved udbringning 7. april ikke er påvirket væsentligt af om gyllen er PP-Dorkel behandlet eller ej. Gyllens pH er minimalt lavere i den PP-Dorkel behandlede gylle.

En sammenligning af forsøgsled 7 og 8 viser en højere koncentration af ammonium og kalium i den gylle, der er tilsat Active NS, mens indholdet af total-N er uændret. Den højere ammoniumkoncentration betyder, at forsøgsleddet, der er tilført gylle med Active NS er tilført en højere mængde ammoniumkvælstof end det forsøgsled, der er tilført gylle uden tilsætning af Active NS.

Sammenligning af forsøgsled 9 og 10 viser et lidt lavere indhold af ammoniumkvælstof i den gylle, der er tilført Seofoss, mens koncentrationen af total N og fosfor er højere. Det betyder, at forsøgsled der er tilført gylle tilsat Seofoss er tilført lidt mindre ammoniumkvælstof end de forsøgsled, der er tilført samme gylletype uden tilsætning af Seofoss. Gyllens pH værdi er minimalt lavere i den Seofoss tilførte gylle.

#### **Gødningsvirkning af afgasset gylle i vinterhvede**

Risikoen for ammoniaktab er større fra afgasset end fra ikke afgasset gylle, fordi den afgassede gylle har højere pH og en større andel af ammoniumkvælstof. Risikoen for ammoniaktab kan blive yderligere forstærket, hvis den afgassede gylle er forholdsvis tørstofrig, idet det forsinker hastigheden, hvormed gyllen infiltrerer i jorden. Et eventuelt højere ammoniaktab vil reducere kvælstofudnyttelsen af den afgassede biomasse. Ammoniaktabet kan reduceres ved at forsure gyllen i forbindelse med udbringningen. Gødningsværdien af afgasset gylle antages også at afhænge af, hvilke typer biomasse der indføres i biogasanlægget. Disse forhold undersøges ved at sammenligne gødnings effekterne af kvælstofindholdet i henholdsvis forsuret og ikke forsuret afgasset gylle fra Solrød Biogas og Horsens Bioenergi.

**TABEL 39.** Gødningsvirkning af afgasset gylle til vinterhvede. (N27)

Vinterhvede	Handelsgødning, kg N pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Pct. råprotein i tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb og merudb., hkg kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
	Medio marts	Medio april					
<i>2017. 3 forsøg</i>							
1. 0 N	0	0	0	9,2	103	<b>75,3</b>	
2. 50 N + 50 N	50	50	0	9,6	142	23,9	
3. 50 N + 100 N	50	100	0	10,0	156	29,4	
4. 50 N + 150 N	50	150	0	10,6	171	33,4	
5. 50 N + 96 NH <sub>4</sub> -N i afgasset gylle fra Solrød	50		0	9,4	147	29,5	<b>104,8</b>
6. 50 N + 97 NH <sub>4</sub> -N i forsuret afg. gylle fra Solrød	50		0	10,0	157	30,2	<b>0,7</b>
7. 50 N + 129 NH <sub>4</sub> -N i afg. gylle fra Horsens	50		0	9,9	160	32,9	<b>108,2</b>
8. 50 N + 128 NH <sub>4</sub> -N i forsuret afg. gylle fra Horsens	50		0	10,0	168	37,4	4,5
LSD 1-8					13	7,8	
LSD 5-8					6		4,4

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

Gylldata og værdital	Udbragt mængde, ton pr. ha	Total N, kg pr. ton	NH <sub>4</sub> -N, kg pr. ton	NH <sub>4</sub> -N, pct. af total-N	pH	Syreforbrug, l/tons	Værdital
5. Afgasset gylle Solrød	27,8	4,4	3,5	79	8,0		59
6. Afgasset forsuret gylle Solrød	27,8	4,5	3,5	77	6,4	4	84
7. Afgasset gylle Horsens	30,3	5,9	4,3	73	7,7		64
8. Afgasset forsuret gylle Horsens	30,3	5,9	4,2	72	6,8	4	77

Der er i 2017 gennemført i alt tre markforsøg, hvor gødnings-effekten af at forsure afgasset gylle fra henholdsvis Solrød Biogas og Horsens Bioenergi er undersøgt efter udbringning i vinterhvede. Den afgassede gylle fra Sol-

rød Biogas er baseret på organiske biomasser fra henholdsvis industrien, landbruget og tang, hvor organiske restprodukter fra CP Kelco, Chr. Hansen og Novozymes udgør omkring 80 pct. af den samlede biomasse, mens resten primært udgøres af svinegylle og i mindre omfang tangopskyl fra Køge bugt. Biomassen på Horsens Bioenergi består af ca. 75 procent husdyrgødning, hvoraf ca. 80 procent er kvæggylle. Den resterende biomasse udgøres primært af slagteriaffald, fjerkrægødning og en mindre mængde madaffald. De to biogasanlæg er således baseret på meget forskellige typer af biomasser.

Forsøgene er gennemført med henholdsvis forsuret og ikke forsuret afgasset gylle udbragt til vinterhvede. Forsøgene er tilstræbt tildelt 100 kg ammoniumkvælstof pr. ha i gylle. Gyllen er i led 6 og 8 forsuret med 4 l syre pr. ton gylle. Gyllen er udbragt med slæbeslanger den 20. april under vekslende skydække, svag til jævn vind og fem til otte grader. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 39.

Den afgassede gylle fra Horsens Bioenergi som indgår i forsøgene har et højere tørstofindhold end den afgassede gylle fra Solrød Biogas. Det højere tørstofindhold forsinkes gyllens infiltration i jorden, hvilket kan have øget risikoen for ammoniaktab. Den afgassede gylle fra Solrød Biogas benyttet i forsøgene har et lavere tørstofindhold på kun 2,5 procent, men det blev observeret, at gyllen havde en relativ klæg/klægbrig fremtoning, som



FOTO: MARTIN NØRREGAARD HANSEN, SEGES  
Foto af jordoverfladen efter udbringning af gylle fra Solrød Biogas. Det ses, at en del af gyllen forblev på jordoverfladen trods gyllens lave tørstofindhold.

betød, at en del af gyllen forblev på jordoverfladen efter udbringningen. Se foto.

Indholdet af total- og ammoniumkvælstof var lavere i den afgassede gylle fra Solrød Biogas end fra Horsens Bioenergi, men værditalle af begge typer er forholdsvis lave uden tilsætning af syre. Dette kan skyldes et forholdsvis højt ammoniaktab grundet det høje tørstofindhold i gyllen fra Horsens Bioenergi og den klæge konsistens af gyllen fra Solrød Biogas. Værditallet angiver effekten af det tilførte totalkvælstof i forhold til samme mængde mineralsk kvælstof. Værditallet svarer således til 1. årsudnyttelsen af den tilførte kvælstofmængde. Organiske gødninger som afgasset gylle har derudover en eftervirkning, som for afgasset gylle vurderes at udgøre ca. 6 procent. Den samlede kvælstofudnyttelse af afgasset gylle er således summen af værditallet og eftervirkningsprocenten.

Forsøgene viser, at markforsuring af den udbragte gylle fører til et signifikant højere kerneudbytte i de led der er gødet med afgasset gylle fra Horsens biogasenergi. Se tabel 39, led 7 og 8. Forsuringen af afgasset gylle fra både Horsens og Solrød Biogas medfører desuden signifikant højere kvælstofindhold i kernen. Forsuring øgede tilsvarende værditallet af den afgassede gylle fra Solrød fra 64 til 84 og værditallet af den afgassede gylle fra Horsens Bioenergi fra 64 til 77.

Forsøgene indikerer, at markforsuring kan begrænse ammoniaktabet fra afgassede gylletyper som grundet høj tørstofindhold eller konsistens ikke infiltrerer hurtigt i jorden, og at det lavere ammoniaktab kan øge udnyttelsen af den udbragte kvælstofmængde. Man skal dog være opmærksom på, at forsuring af afgasset gylle grundet det høje pH og dets højere bufferkapacitet kræver tilsætning af højere syremængder end ikke afgasset gylle.

telsen af den udbragte kvælstofmængde. Man skal dog være opmærksom på, at forsuring af afgasset gylle grundet det høje pH og dets højere bufferkapacitet kræver tilsætning af højere syremængder end ikke afgasset gylle.

## Afgasset gylle til vårbyg

> SØREN UGILT LARSEN, TEKNOLOGISK INSTITUT

Kvælstofudnyttelsen af afgasset gylle fra biogasanlæg formodes at variere, bl.a. afhængig af hvilke biomasser der er anvendt i biogasanlægget. Der er i 2017 gennemført et forsøg ved Hirtshals med gødskning af vårbyg med afgasset gylle fra tre forskellige biogasanlæg. Forsøgsbehandlingerne fremgår af tabel 40. Den gennemsnitlige opholdstid i reaktoren varierer betydelig mellem de tre biogasanlæg, ligesom sammensætningen af den anvendte biomasse varierer. Der anvendes mellem 50 og 80 procent gylle i de tre anlæg, med ren svinegylle i biogasgylle 1 og 2 og ca. to tredjedele kvæggylle og en tredjedel svinegylle i biogasgylle 3. Desuden anvendes en række andre biomasser såsom energiafgrøder og affaldsprodukter i varierende omfang. Den samlede andel af halm og dybstrøelse varierer fra ca. 3 til ca. 22 procent.

Forsøget er gennemført på JB 4 med roer som forfrugt, hvor toppen er efterladt på marken. Der har været et højt N-min-indhold i jorden ved forsøgets start på 102 kg N-min pr. ha i 0-75 cm dybde. Afgasset gylle er udbragt 30. marts i koldt og fugtigt vejr, og vårbyg er sået 11. april med udlæg af alm. rajgræs af sorten Jumbo med 10 kg frø pr. ha. Handelsgødning er udbragt den 27. april i led 1-5, og alle led er grundgødsket 28. april med 18 kg P og 92 kg K pr. ha. Udbytte af halm og kerne er målt den 28.

**TABEL 40.** Afgasset gylle til vårbyg. (N28)

Vårbyg	Gylletype og -analyse						Pct. N i halm-tørstof	Pct. råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N pr. ha			Udbytte og merudbytte, hkg pr. ha			Værdital		
	Gylletype	Typisk andel af halm og dybstrøelse, procent	Typisk opholdstid i biogasanlæg, dage	Tørstof, pct.	NH <sub>4</sub> -N andel, pct.	pH			Halm	Kerne	Halm+kerne	Halm	Kerne	Halm+kerne			
<i>2017. 1 forsøg</i>																	
1. 0 N							0,82	8,3	17	49	66	<b>24,7</b>	<b>43,6</b>	<b>68,3</b>			
2. 50 N							0,98	9,5	30	76	106	11,4	15,1	26,5			
3. 100 N							0,93	10,4	30	91	121	12,9	20,7	33,6			
4. 150 N							1,32	11,7	42	106	147	12,5	22,7	35,3			
5. 200 N							1,44	12,7	58	115	173	23,0	23,0	46,0			
6. 95 NH <sub>4</sub> -N	Biogasgylle 1	12	80	6,0	65	7,6	1,13	10,6	45	99	145	22,4	25,3	47,7	89		
7. 93 NH <sub>4</sub> -N	Biogasgylle 2	22	70-90	4,4	66	7,8	1,06	10,9	38	100	137	17,1	23,7	40,8	92		
8. 84 NH <sub>4</sub> -N	Biogasgylle 3	3	40	5,2	59	7,8	1,19	10,9	46	101	147	20,7	24,4	45,1	93		
<i>LSD</i>												6	5	7	6,4	3,4	6,7

august, og kvælstofindhold, proteinindhold og udbytter fremgår af tabel 40.

I led med handelsgødning er optimum og maksimum kvælstofmængde for kerneudbytte henholdsvis 94 og 145 kg kvælstof pr. ha, og kerneudbyttet stiger ikke signifikant ved over 100 kg kvælstof pr. ha. Kvælstofindholdet stiger i både halm og kerne, når gødningsmængden øges, og kvælstofudbyttet i både halm og kerne er dermed også stigende. Balancepunktet for tilførsel og fraførsel af kvælstof er 88 kg pr. ha for kerne og 150 kg pr. ha for halm og kerne. Der er også målt udbytte i efterafgrøden, men udbyttet er generelt meget lavt, især i forsøgsled med højt gødningsniveau, hvor den kraftige vårbyg formodentligt har hæmmet efterafgrøden.

Kvælstofudnyttelsen af afgasset gylle er generelt høj med værdital på mellem 89 og 93. Da der kun er tale om et enkeltforsøg, kan der ikke generaliseres med hensyn til niveauet for kvælstofudnyttelsen for den afgassede gylle. Til gengæld tyder resultaterne på, at der ikke er væsentlig forskel i kvælstofudnyttelsen mellem de tre typer af afgasset gylle til trods for forskellene i biomas-sammensætning til biogasanlægget, gyllens opholdstid og tørstofindhold og biomassens varierende andel af halm og dybstrøelse.

## Kvælstofudvaskning efter tilførsel af stigende mængder kvælstof

> KRISTOFFER PIIL, SEGES

### Måling af kvælstofudvaskning ved stigende mængder kvælstof

Der er i 2017 gennemført fem forsøg hvor der er målt udvaskning med sugeceller ved forskellige kvælstofni-

veauer. To af forsøgene er fastliggende og blev også gennemført i 2015 og 2016. Desuden er der gennemført et enkelt forsøg i 2016 med stigende mængder kvælstof til majs på sandjord. Kvælstofudvaskningen opgøres fra 1. april i høståret til 31. marts i det efterfølgende år. Derfor kan årlige udvaskninger kun opgøres for høståret 2016. I tabel 41 ses en oversigt over de forsøg med udvaskningsmålinger, der er udført i 2016 og 2017.

På alle forsøgsarealerne er der installeret to keramiske sugeceller pr. forsøgsparell i 1 meters dybde. Sugecellerne anvendes til at udtage prøver af jordvandet, der analyseres for nitrat. Jordvandskoncentrationerne omsættes til nitratudvaskning ved at gange de målte nitratkoncentrationer med vandafstrømningen, som beregnes ud fra nedbør, jordtype og afgrøde på arealet. Udvasningen opgøres traditionelt som den mængde kvælstof, der forlader 1 meters dybde, men for at undersøge, om kvælstofudvaskningen er væsentlig mindre, hvis den opgøres som kvælstofmængden, der forlader 2 meters dybde, er der i tre af forsøgene installeret sugeceller i 2 m dybde i udvalgte led. Se tabel 41.

### Udvasning ved stigende mængder kvælstof til majs i et enkelt år

Udvasningen fra majs på sandjord er bestemt ved stigende mængder kvælstof. Alle led er tildelt 30 kg kvælstof pr. ha som placeret NP 19-8 ved såning. Stigende mængder kvælstof er tildelt som handelsgødning NS 27-4, således at den samlede kvælstoftilførsel variere fra 30 til 280 kg kvælstof pr. ha. Der er desuden inkluderet to led hvor en gødningstildeling på 100 kg kvælstof pr. ha deles, således at der ud over startgødning tildeles 50 kg kvælstof pr. ha ved såning og yderligere 50 kg kvælstof pr. ha henholdsvis den 9. juni (led 7) og den 23. juni (led 8). Se tabel 42 for forsøgsplan.

**TABEL 41.** Opgørelse over forsøg med sugeceller i 2017. Det er angivet om forsøget er fastliggende, og i hvilke dybder sugecellerne er placeret

Kvælstof-udvaskning	Sted	Jord-type	Antal led	Sugeceller i 1 m	Sugeceller i 2 m	Fast-liggende	Design	Start år
070271517 <sup>1)</sup>	Holstebro	JB 1	7	x		Ja	Stigende mængder kvælstof	2015
070281517 <sup>1)</sup>	Guldborg	JB 7	7	x		Ja	Stigende mængder kvælstof	2015
070251616 <sup>1)</sup>	Løgumkloster	JB 3	8	x		Nej	Stigende mængder kvælstof	2016
070141717 <sup>1)</sup>	Ringsted	JB 6	6	x	x	Ja	Stigende mængder kvælstof	2017
070961717 <sup>1)</sup>	Odder	JB 6	12	x	x	Ja	Stigende mængder kvælstof samt husdyrgødning	2017
070101717 <sup>1)</sup>	Holeby	JB 6	16	x	x	Ja	Korn/rapsædskifter ved to kvælstofniveauer	2017

<sup>1)</sup> Forsøgsserienummer

**TABEL 42.** Udbytter og merudbytter, kvælstofbalancer og udvaskning for forsøg med stigende mængder kvælstof til majs

Majs	Kvælstof-tildeling, kg N pr. ha	Udbytte og merudbytte		Råprotein, pct. af tørstof	Udbytte af råprotein, hkg pr. ha	Kvælstof-bortførsel, kg N pr. ha	Kvælstof-balance, kg N pr. ha	Udvaskning, kg N pr. ha
		Tørstof, hkg pr. ha	NEL <sub>20</sub>					
<i>2016 1. forsøg</i>								
1.	30	<b>137,6</b>	<b>106,2</b>	5,1	7,0	112	-82	59
2.	80	28,6	29,8	5,9	9,8	157	-77	68
3.	130	25,9	20,3	5,9	9,7	154	-24	88
4.	180	41,5	34,8	6,6	11,8	189	-9	86
5.	230	42,2	33,1	7,0	12,6	201	29	118
6.	280	49,4	43,1	7,5	14,0	224	56	151
7.	130	30,4	30,1	6,6	11,1	177	-47	80
8.	130	41,1	40,8	6,7	11,9	191	-61	67
LSD		10,5						

Forfrugten på arealet har været majs til helsæd og jordtypen i pløjelaget er JB 3. Der har i årene forud været tildelt husdyrgødning på arealet, men der er ikke tildelt husdyrgødning i forsøgsåret. Der er ikke sået efterafgrøder i majs.

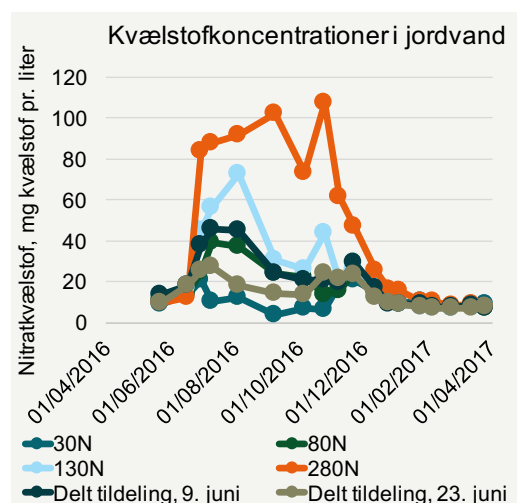
#### Udbytte og afgrødekvalitet

Der er i forsøgsserien gennemført tre forsøg, men kun målt udvaskning i et af forsøgene (løbenummer 001). Høstudbytter og dyrkningsmæssige effekter af stigende kvælstoftilførsel er beskrevet i Oversigt over Landsforsøgene 2016, s. 372. I det forsøg, hvor der er målt udvaskning, viser udbyttet stort udslag for tildeling af 50 kg kvælstof pr. ha ud over startgødning og signifikante merudbytter i tørstof for kvælstoftildeling op til 180 kg kvælstof pr. ha. Der er stigende proteinprocent ved stigende kvælstoftildeling op til den maksimale kvælstoftildeling på 280 kg kvælstof pr. ha. Resultaterne for enkeltforsøget er i overensstemmelse med resultaterne for den samlede forsøgsserie. Kvælstofbalancen, opgjort som tildelt kvælstof fratrukket kvælstof bortført med høstet afgrøde, er negativ under kvælstoftildelinger på 230 kg kvælstof pr. ha. Der er en tendens til at deling af 130 kg kvælstof giver højere udbytter og proteinprocent og dermed højere kvælstofbortførsel og mere negative kvælstofbalancer. Se tabel 42.

#### Kvælstofkoncentrationer i jordvandet

De målte kvælstofkoncentrationer i jordvandet er påvirket af både gødningsniveau og af gødskningsstrategi. Der er ikke forskel på kvælstofkoncentrationerne i de forskellige led fra såning og frem til målingen den 17. juni, og kvælstofkoncentrationerne i jordvandet i 1 meters dybde er i denne periode i niveauet 10-15 mg nitrat-kvælstof pr. liter. Se figur 22. Efter den 29. juni og frem til høst er der markant forskel på kvælstofkon-

centrationerne imellem de forskellige led. Kvælstofkoncentrationerne i leddet der kun er gødet med startgødning ligger i niveauet 5-20 mg nitrat-N pr. liter, mens kvælstofkoncentrationerne i jordvandet i leddet gødet med 280 kg kvælstof pr. ha ligger mellem 84 og 102 mg nitrat-kvælstof pr. liter i samme periode. I led, der er gødet med 130 kg kvælstof pr. ha, er kvælstofkoncentrationerne i jordvandet lavere i de led, hvor gødsningen deles, end i det led hvor hele gødningsmængden tildeles ved såning. Deling med sidste tildeling ultimo juni giver i lavere kvælstofkoncentrationer i jordvandet end deling primo juni. I alle led falder kvælstofkoncentrationerne i løbet af vækstsæsonen, hvilket formentlig skyldes afgrødens kvælstofoptag. Afrdrøningen efter høst starter tidligt i november og kvælstofkoncentrationerne falder efterhånden som kvælstoffet i jorden udvaskes. I løbet af januar er kvælstofkoncentrationerne i jordvandet på



**FIGUR 22.** Kvælstofkoncentrationer i jordvand i måleåret. Kun udvalgte led.

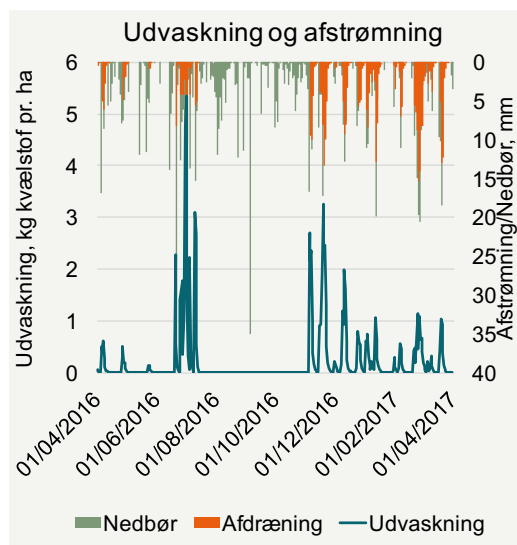
samme niveau i alle led, 8 til 10 mg nitrat-kvælstof pr. liter. Se figur 22.

### Udvaskning

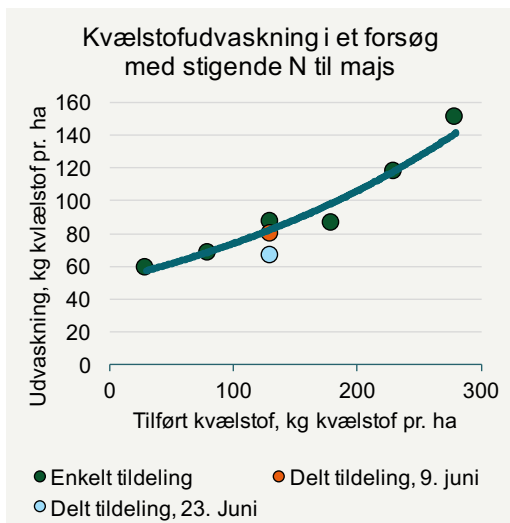
Udvaskningen er beregnet ved at gange de målte kvælstofkoncentrationer i jordvandet med den beregnede vandafstrømning på arealet. Vandafstrømningen er beregnet med modellen EVACROP ud fra jordtypen og nedbøren som opgjort i DMI's 10 km grid. EVACROP har ikke nogen vandbalance model for majs, hvorfor vandbalancen er beregnet for roer, der ligesom majs sås sent og er relativt længe om at starte deres vækst. Udvaskningen opgøres i perioden fra den 1. april til den 31. marts. Nedbøren på arealet har været 970 mm, hvilket er lidt mindre end klimanormalen på 1054 mm for området. Der har ikke været vandingsbehov i forsøgsåret.

Udvaskningen sker primært i to perioder, nemlig juni til juli og november til april. Mellem en tredjedel og en fjerdedel af den årlige udvaskning sker i juni og juli. Se figur 23. Det skyldes formentlig, at der i juni 2016 faldt 40 mm nedbør mere end normalt for måneden i forsøgsområdet. Den resterende del af udvaskningen sker i perioden fra november til ultimo marts. Se figur 23.

Udvaskningen stiger med stigende kvælstoftildeling. Når der kun tildeles 30 kg kvælstof pr. ha som startgødning er udvaskningen målt til 59 kg nitrat-kvælstof pr. ha,



**FIGUR 23.** Tidlig fordeling af nedbør, afstrømning og udvaskning over måleåret ved en kvælstoftildeling på 180 kg kvælstof pr. ha.



**FIGUR 24.** Kvælstofudvaskning ved stigende mængder kvælstoftilførsel. Deling af 130 kg kvælstof pr. ha med sidste tildeling primo juni og primo juli har givet reduceret udvaskning i forhold til tildeling af 130 kg kvælstof pr. ha ved såning.

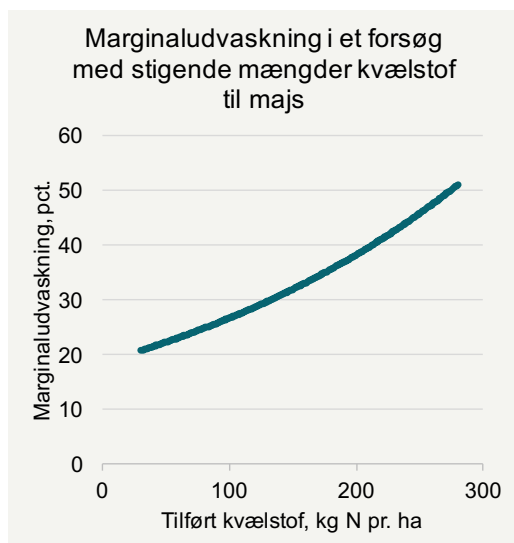
mens udvaskningen ved en tildeling på 280 kg kvælstof pr. ha er målt til 151 kg kvælstof pr. ha. Udvaskningen ved en kvælstoftildeling på 150 kg kvælstof pr. ha, hvilket stort set svarer til normen i planperioden 2017 til 2018, vil være ca. 85 til 90 kg nitrat-kvælstof pr. ha. Se figur 24.

### Marginaludvaskning

Marginaludvaskningen er defineret, som andelen af det sidst tildelte kg kvælstof, der udvaskes. Denne parameter er væsentlig, fordi den i mange sammenhænge anvendes til at beregne udvaskningseffekten af øget eller reduceret kvælstoftilførsel. Marginaludvaskningen i dette forsøg varierer imellem 21 procent ved en tildeling på 30 kg kvælstof pr. ha til 50 procent ved en tildeling på 280 kg kvælstof pr. ha. Kvælstofnormen for arealet er i planperioden 2017 til 2018 ca. 150 kg kvælstof pr. ha, og ved denne kvælstoftildeling er marginaludvaskningen 32 procent. Se figur 25.

I gennemsnit af alle jordtyper, afgrøder, og nedbørsregimer antages det, at marginaludvaskningen er ca. 20 procent ved normal gødskningspraksis. Når marginaludvaskningen i dette forsøg er højere skyldes det formentlig, at majs normalt har en relativt høj marginaludvaskning, at der ikke er efterafgrøder efter høst, og at forsøget er beliggende på sandjord i et nedbørsrigt område.





**FIGUR 25.** Marginaludvaskning ved stigende mængder kvælstof. Marginaludvaskningen er defineret som andelen af det sidst tildelte kg kvælstof der udvaskes.

Forsøgsserien er afsluttet.

### Fastliggende forsøg med måling af udvaskning ved stigende mængder kvælstof

Der er siden 2015 gennemført to fastliggende forsøg, hvor der måles udvaskning med sugeceller ved stigende mængder kvælstof – et på vandet JB 1 i Vestjylland og et på JB 7 på Lolland. Efter høst af hovedafgrøden i efter-

året 2015 er der på begge forsøgsarealer installeret keramiske sugeceller til udtagning af prøver af jordvandet til nitratanalyse i 1 meters dybde.

Der er udtaget prøver af jordvandet med 14 dage til en måneds mellemrum fra 1. november 2015 på JB 1 og fra 1. december 2015 på JB 7. I perioder, hvor der ikke sker afstrømning fra jorden, tages der ikke prøver af jordvandet. Arealernes forhistorie, dyrkningshistorik og efterårsbevoksning fremgår af tabel 43.

### Udbytte og kornkvalitet

I 2016 er der i forsøget på JB 1 signifikante merudbytter for kvælstoftildeling op til 150 kg kvælstof pr. ha. I 2015 var der signifikante merudbytter for kvælstoftildelinger op til 200 kg kvælstof pr. ha. I forsøget på JB 7 er der kun et lille og ikke signifikant udslag for kvælstoftildeling på 50 kg kvælstof pr. ha til fabriksroer, mens udslaget for tildeling af 100 til 150 kg kvælstof pr. ha er større. Der er signifikant merudbytte i både rodmasse og sukkerudbytte for tildeling af 150 kg kvælstof pr. ha i forhold til 100 kg kvælstof pr. ha, men der er ikke signifikante merudbytter for at øge kvælstoftildelingen ud over dette niveau. I 2015 har der i begge forsøg været signifikante merudbytter for tildeling af kvælstof op til 200 kg kvælstof pr. ha til vinterhvede. Høstudbytterne er af pladshensyn ikke vist, men se enkeltforsøgene 07-027-1516-001 og 07-028-1516-001. Kvælstofbalancen for begge forsøgsår fremgår af tabel 44.

**TABEL 43.** Forhistorie og dyrkningspraksis på forsøgsarealerne

	Jordtype	Gødningshistorie	Afgrøde til høst 2015	Efterårsbevoksning 2015	Såtidspunkt/ pløjetidspunkt - efterårsbevoksning 2015	Afgrøde til høst 2016	Efterårsbevoksning 2016	Såtidspunkt/ pløjetidspunkt - efterårsbevoksning 2016
Vestjylland	JB 1	Husdyrgødning	Vinterhvede	Vinterhvede	14. oktober 2015	Vinterhvede	Vintertriticale	20. september 2016
Lolland	JB 7	Kun handelsgødning	Vinterhvede	Bar jord, efterårspløjet	6. november 2015	Fabriksroer	Bar jord	17. november 2016

**TABEL 44.** Kvælstofbalancer for fastliggende forsøg, hvor udvaskningen måles med sugeceller. Balancerne er opgjort som tilført kvælstofmængde fratrukket kvælstofbortførsel i kerne

Kvælstofudvaskning	2015		2016	
	070271515 JB1 Vinterhvede	070281515 JB7 Vinterhvede	070271516 JB1 Vinterhvede	070281516 JB7 Fabriksroer
	Kvælstofbalance, kg kvælstof pr. ha			
1. Kvælstoftildeling 0 kg kvælstof pr. ha	-24,2	-66,4	-28,1	-
2. Kvælstoftildeling 50 kg kvælstof pr. ha	10,5	-49,3	2,7	-
3. Kvælstoftildeling 100 kg kvælstof pr. ha	32,9	-18,5	29,1	-
4. Kvælstoftildeling 150 kg kvælstof pr. ha	62,6	-12,2	52,3	-
5. Kvælstoftildeling 200 kg kvælstof pr. ha	83,9	7,8	91,3	-
6. Kvælstoftildeling 250 kg kvælstof pr. ha	118,9	42,2	136	-
7. Kvælstoftildeling 300 kg kvælstof pr. ha	150,3	79,3	182,3	-

### Kvælstofkoncentrationer i jordvandet

Kvælstofkoncentrationerne i jordvandet for led gødet med 0, 200 og 300 kg kvælstof pr. ha i perioden fra vinteren 2015 til foråret 2016 er vist i figur 26. Kvælstofkoncentrationerne i jordvandet varierer både med kvælstoftildelingen og med tidspunktet på året. På JB 1 er koncentrationerne påvirket af gødskningsniveauet i fra midt på sommeren og frem til februar/marts, således at kvælstofkoncentrationerne er højest i de led, der er tildelt mest kvælstof. Forskellene i kvælstofkoncentrationer toppe i november måned, hvor vinterafstrømningen begynder. Kvælstofkoncentrationerne er i niveauet 3 til 6 mg nitratkvælstof pr. liter i vækstsæsonen i alle led. Kvælstofkoncentrationerne i vinteren er lidt forskellige i de to år, men er omkring den 1. november i niveauet 13 til 23 mg nitratkvælstof pr. liter i 2015 til 7,5 til 16 mg nitratkvælstof pr. liter i 2016. I løbet af den tidlige vinter falder nitratkoncentrationerne til under 5 mg nitratkvælstof pr. liter i alle led i begge år, hvilket formentlig skyldes, at alt mobilt kvælstof i jorden udvaskes i løbet af de første to måneder på den lette sandjord.

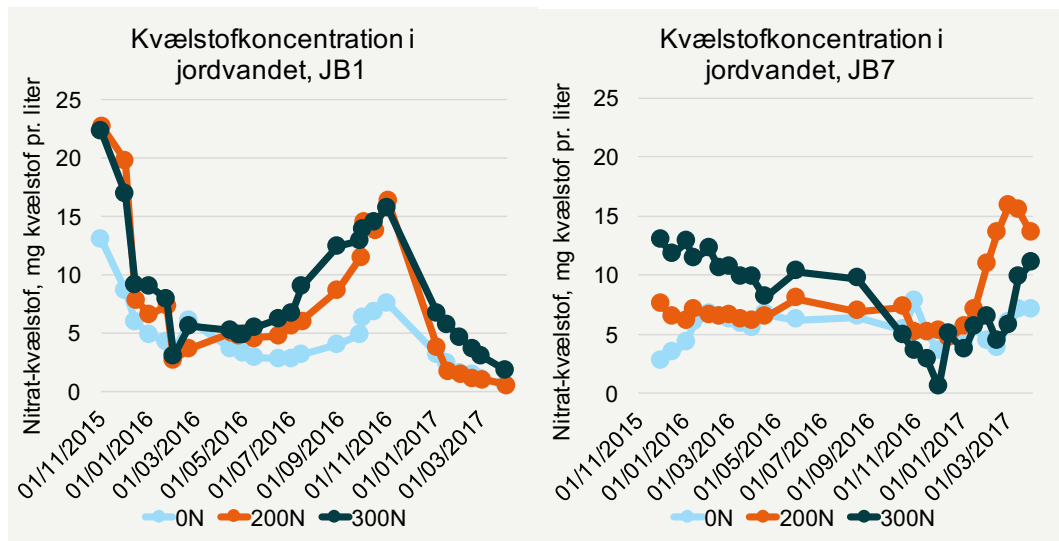
I forsøget på JB 7 er kvælstofkoncentrationerne i jordvandet lavere end på JB 1. Koncentrationerne varierer fra 4 til 10 mg nitratkvælstof pr. liter i vækstsæsonen med en tendens til at større kvælstoftildeling giver højere kvælstofkoncentration i jordvandet. Forskellene i kvælstofkoncentrationer mellem led er større i vinteren 2015

end i vinteren 2016. Dog er kvælstofkoncentrationen ved tildeling af 200 kg kvælstof pr. ha væsentligt højere end i alle andre led. At der kun er begrænset forskel mellem kvælstofkoncentrationerne i jordvandet i de forskellige led kan skyldes, at der i 2016 er dyrket fabriksroer på arealet. Fabriksroer har en lang vækstsæson der sikre kvælstofoptag langt ind i efteråret, hvilket kan bidrage til lave kvælstofkoncentrationer i jordvandet.

Kvælstofkoncentrationerne i jordvandet i kan i 2015 være påvirket af, at gucecellerne er nedsat i forsøget efter høst af hovedafgrøden, fordi der ved nedsætning graves i forsøgsparcellerne. Dette kan medføre øget mineralisering og dermed øgede kvælstofkoncentrationer. Hvis dette er tilfældet vil den beregnede udvaskning også øges. Forsøget er fastliggende og da opgravningen kun sker i anlægsåret, vil denne effekt forsvinde i de efterfølgende forsøgsår, hvor arealet pløjes inden anlæg af næste års forsøg.

### Udvaskning

Jordvandskoncentrationerne omsættes til nitratudvaskning ved at gange de målte nitratkoncentrationer med afstrømningen. Metoden er nærmere beskrevet i det ovenstående afsnit. På arealet med JB 1 er der vandet med 20 mm 12. juni 2015 og 30 mm 16. juni 2016. Der er taget højde for vandingen i beregningen af vandafstrømningen.



FIGUR 26. Nitratkoncentrationer i jordvandet i forsøgsled med kvælstoftildelinger på 0, 200 og 300 kg N pr. ha ved hver prøvetagning i forsøget på JB 1 og forsøget på JB 7.



**FIGUR 27.** Udvaskning ved kvælstoftildelinger fra 0 til 300 kg kvælstof pr. ha i to forsøg. Årstal angiver høstår. Udvaskningen er opgjort fra 1. april i høståret til 31. marts i det efterfølgende år.

I 2015 er der målt kvælstofkoncentrationerne i jordvand før 1. november på JB 1 og 1. december på JB 7. Som nævnt beregnes udvaskningen altid i perioden 1. april til 31. marts. En beregning af den årlige udvaskning for høståret 2015 kan derfor kun ske ved at anvende den først målte kvælstofkoncentration som koncentration i hele den umålte periode. Det introducerer fejl i beregningen af udvaskningen. Udvaskningen for begge arealer i høstår 2015 er beregnet på denne måde i "Oversigt over Landsforsøgene 2016" s. 249. På JB 7 er der kun begrænset afstrømning, inden 1. december, og kun cirka 16 procent af afstrømningen sker før første koncentrationsmåling. Kun 9 til 18 procent af den beregnede udvaskning sker i perioder uden koncentrationsmålinger. Fejlen i den beregnede udvaskning på JB 7 er derfor relativt lille. I forsøget på JB 1 sker cirka 20 procent af afstrømningen og cirka en 30 procent af udvaskningen før første koncentrationsmåling. Da koncentrationsmålinger i 2016 viser, at kvælstofkoncentrationen på begge arealer topper i november og december, og især på sandjordarealet er væsentligt lavere i sommerperioden, er udvaskningen overestimeret, når denne metode anvendes. Det gælder særligt på sandjordsarealet. Se også "Oversigt over Landsforsøgene 2016" s. 249. I 2016 er der målt kvælstofkoncentrationer i alle perioder med afstrømning. På grund af usikkerheden i bestemmelsen

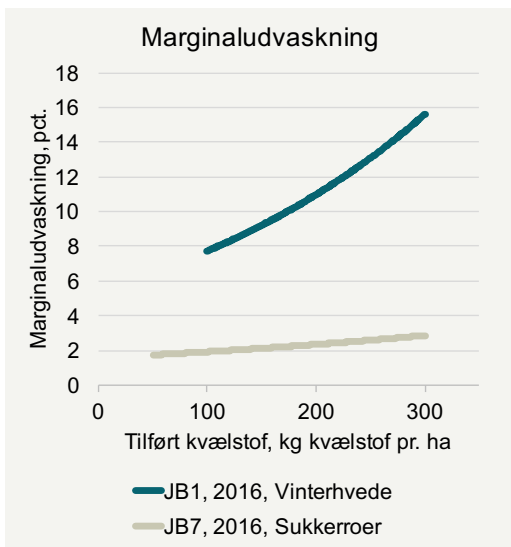
af udvaskningen for høstår 2015 er udvaskningen kun vist for 2016 i figur 27.

I 2016 stiger udvaskningen på arealet med JB1 fra cirka 20 kg kvælstof pr. ha ved en kvælstoftilførsel på 0 kg kvælstof pr. ha til en udvaskning på cirka 40 kg kvælstof pr. ha ved en kvælstoftildeling på 300 kg kvælstof pr. ha. Se figur 27. Hvis afgrøden gødes efter normen for planperioden 2017 til 2018 vil udvaskningen være cirka 30 kg kvælstof pr. ha. I forsøget på JB 7 er udvaskningen stabil mellem 6 og 11 kg kvælstof pr. ha ved en kvælstoftildeling mellem 0 og 300 kg kvælstof pr. ha. Dog er udvaskningen ved en kvælstoftildeling på 200 kg kvælstof pr. ha ca. 20 kg kvælstof pr. ha. Se figur 27. Den lave udvaskning på JB 7 arealet skyldes formentlig, at afgrøden her har været sukkerroer, der har en lang vækstsæson, og som derfor fastholder kvælstofkoncentrationerne på et lavt niveau i alle led langt ind efteråret. Samtidig er afstrømningen i 2016 lavere end normalt, fordi vinteren 2016 er mere tør end normalt.

De beregnede udvaskninger for høståret 2015 er, som beskrevet ovenfor, formentlig overestimeret, særligt på arealet med JB 1. Udvaskningerne er derfor alene sammenlignet mellem de to år for den del af året, hvor der er koncentrationsmålinger i 2015. Det vil sige 1. november til 31. marts på JB 1 og 1. december til 31. marts på JB 7. Udvaskningen i måleperioden på JB1 er i 2016 30 til 50 procent lavere end i 2015. Det skyldes til dels, at vinteren 2016 har været mere tør end normalt, og afstrømningen i perioden i høstår 2016 er da også 25 procent lavere end afstrømningen i høstår 2015. På arealet med JB7 har udvaskningen i måleperioden været væsentligt lavere end i høstår 2015 i led med høj gødningstilførsel. Det skyldes at udvaskningen ikke stiger ret meget med stigende kvælstoftilførsel i 2016, fordi der i 2016 er dyrket fabriksroer på arealet. Udvaskningen i 2016 er i gennemsnit 76 procent af udvaskningen i 2015 i led med kvælstoftilførsler på 0 til 100 kg kvælstof pr. ha, og 55 procent af udvaskningen i 2015 i led med kvælstoftilførsler på 200 til 300 kg kvælstof pr. ha. Afstrømningen i perioden er i 2016 kun 66 procent af afstrømningen i 2015, hvilket også bidrager til en lavere udvaskning i 2016 i forhold til 2015.

#### *Marginaludvaskning*

Marginaludvaskningen er defineret som andelen af det sidst tildelte kg kvælstof, der udvaskes. Denne parameter er væsentlig, fordi den i mange sammenhænge an-



**FIGUR 28.** Marginaludvaskning ved kvælstoftildelinger fra 50 til 300 kg kvælstof pr. ha i to forsøg. Årstal angiver høstår.

vendes til at beregne udvaskningseffekten af øget eller reduceret kvælstoftilførsel. Fordi marginaludvaskningen kun er relevant ved justering af kvælstoftilførslen omkring planternes behov, er det her valgt ikke at inkludere udvaskningen i de ugødede led ved beregningen af marginaludvaskningen. Marginaludvaskningen stiger i forsøget på JB1 fra ca. 8 procent ved en kvælstoftilførsel på 100 kg kvælstof pr. ha til ca. 20 pct. ved en kvælstoftilførsel på 300 kg kvælstof pr. ha. Se figur 28. I forsøget på JB 7 med fabriksroer er marginaludvaskningen 2 til 3 procent ved alle niveauer af kvælstoftilførsel. Se figur 28. Det viser, at fabriksroer er i stand til at kompensere for et stort spænd i kvælstoftilførsel, uden at udvaskningen øges. Der er ikke beregnet en marginaludvaskning for forsøgene i 2015, fordi der ikke er målinger af kvælstofkoncentrationerne i jordvandet i vækstsæsonen.

Forsøgene fortsætter.

### Forsøg med måling af udvaskning i både 1 og 2 meters dybde

I tre forsøgsserier måles der udvaskning i både 1 og 2 meters dybde i udvalgte led. Se tabel 45. Alle disse forsøg er startet i høståret 2017, og derfor kan der ved redaktionens slutning ikke beregnes en årlig udvaskning for disse forsøg. I tabel 45 fremgår dog en række koncentrationsmålinger fra henholdsvis 1 og 2 meters dybde fra forsøgsserierne 07-014-1717 og 07-096-1717. Der

**TABEL 45.** Kvælstofkoncentrationer i 1 og 2 meters dybde opgjort på gentagelsesniveau. Kvælstoftilførsel i alle led 300 kg kvælstof pr. ha. Standardafvigelsen er beregnet ud fra gentagne målinger i samme parcel i efteråret 2017

Sted	Gentagelse	Kvælstofkoncentration i 1 m dybde, mg nitratkvælstof pr. liter	Kvælstofkoncentration i 2 m dybde, mg nitratkvælstof pr. liter	Reduktion i kvælstofkoncentration, pct.	Standardafvigelse af procentuel kvælstofreduktion
<i>2017. 1 forsøg, vinterhvede</i>					
Odder	1	26	14	44	9
Odder	2	13	0	99	0
Odder	3	15	1	93	2
Odder	4	-	1	-	-
Odder	Gennemsnit	18	5	73	26
<i>2017. 1 forsøg, vinterbyg</i>					
Ringsted	1	17	11	34	21
Ringsted	2	14	11	25	1
Ringsted	3	22	8	62	3
Ringsted	4	17	11	35	16
Ringsted	Gennemsnit	18	10	40	19

foreligger ved redaktionens slutning ikke data fra forsøgsserien 07-010-1717. Alle forsøgene ligger på flade arealer, hvor der ikke er umiddelbar risiko for at reduceret trykvand fra andre arealer infiltrerer jorden i 2 m dybde. Målingerne viser at kvælstofkoncentrationen i 2 meters dybde på begge forsøglokaliteter er væsentligt lavere end i 1 meters dybde. På forsøgsarealer i Ringsted er kvælstofkoncentrationen gennemsnitligt 40 procent lavere i 2 meters dybde end i 1 meters dybde. På lokaliteten i Odder er kvælstofkoncentrationen i første gentagelse 50 procent lavere i 2 end i 1 meters dybde, og i gentagelse to og tre er kvælstofkoncentrationen i jordvandet i 2 meters dybde næsten nul. Forsøget i Odder er beliggende på en gammel søbund, hvor der teoretisk bør være stor kvælstofreduktion i underbunden. Begge lokaliteter er drænet i ca. 1 meters dybde, og drænene må antages at være den primære afstrømningsvej for overskudsnedbør. Kvælstofkoncentrationen i 2 meters dybde er derfor mindre relevant for kvælstoftabet til vandløb og havmiljøet, men undersøgelserne er vigtige for at afdække risikoen for nitratforurening af grundvandet på lerjordsarealer.

Forsøgene fortsætter.

### Kvælstoftab fra vinterhvede gennem dræn

Tre års resultater fra et fastliggende storparcellforsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede viser,

at kvælstofkoncentrationen i drænvand først stiger betydeligt, når der tildeles mere end 250 kg kvælstof pr. ha., hvilket svarer til 20 procent mere end kvælstofnormen i planperioden 2017 til 2018. Kvælstofudvaskningen i vinterperioden er bestemt til 3 til 6 kg kvælstof pr. ha ud fra de målte kvælstofkoncentrationer og afstrømningen i perioden 1. oktober til 1. april. Der har været signifikante merudbytter i vinterhvede for tildeling af kvælstof op til henholdsvis 230 kg kvælstof pr. ha i 2014 og 166 kg kvælstof pr. ha i 2015. Udbytter og merudbytter for kvælstof er lave i 2016, om end der er signifikante merudbytter for kvælstof op til 239 kg kvælstof pr. ha.

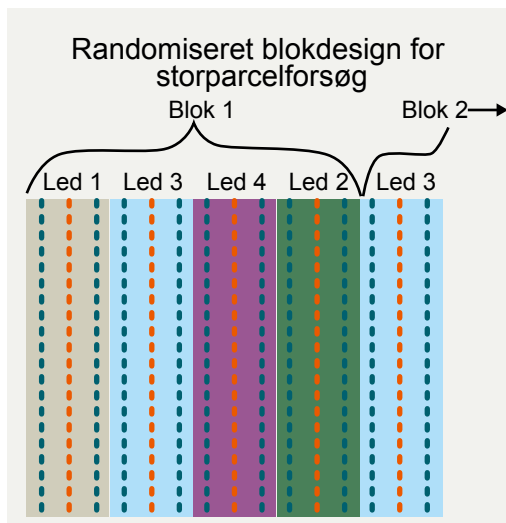
For at undersøge, hvordan kvælstoftildelingen påvirker kvælstofudvaskningen fra vinterhvede, blev der i 2013 anlagt et fastliggende forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede på et systemdrænet areal. Forsøget er anlagt i en mark med 57 parallelle dræn med udløb i en åben grøft, hvorfor hvert dræn kan prøvetages individuelt. Kvælstoftilførslen er fastsat som en fraktion af normerne i planperioden 2014 til 2015, dvs. normerne ved gødsning cirka 20 procent under planternes behov. Kvælstoftilførslen varierer en smule mellem de enkelte år, fordi normen har ændret sig gennem forsøgsårene, men de anvendte kvælstofmængder svarer til:

- > Forsøgsled 1: halv 2014/2015 norm, cirka 80 kg kvælstof pr. ha.
- > Forsøgsled 2: 2014/2015 norm, cirka 160 kg kvælstof pr. ha.
- > Forsøgsled 3: halvdanden gange 2014/2015 norm, cirka 240 kg kvælstof pr. ha.
- > Forsøgsled 4: to gange 2014/2015 norm, cirka 320 kg kvælstof pr. ha.

De præcise kvælstoftilførsler i de enkelte år fremgår af tabel 46.

Marken er inddelt i fem blokke med fire storparceller i de fire blokke og tre storparceller i den femte blok. Hver storparcel dækker tre dræn. Se figur 29. Forsøgsparcellerne er fastliggende, således at parcellerne tilføres samme kvælstofmængde år efter år.

I vinterhalvåret udtages drænvandsprøver fem gange i det midterste dræn i hver storparcel, det vil sige i 19



**FIGUR 29.** Randomiseret blokdesign for storparcellforsøg. Hver parcel dækker tre dræn. Drænvandsprøverne udtages i midterste dræn. De stiplede linjer repræsenterer drænenes placering.

dræn. Prøverne analyseres for indhold af total- og nitratkvælstof. Drænafastanden i marken er 16 meter, og afstanden mellem de dræn, der tages prøve i, er således cirka 45 meter. Jordtypen på arealet er JB 6 i pløjelaget og JB 5 til 7 i underjorden. Arealet er et lavbundsareal på hævet havbund, og på lignende arealer har Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi tidligere vist, at der sker en betydelig denitrifikation i rodzonen, inden vandet løber i drænene.

#### Udbytter og kornkvalitet

Høstudbyttet og kvælstofresponsen er i 2016 væsentligt mindre end i de foregående år. Der er dog signifikante merudbytter for kvælstoftildeling op til 239 kg kvælstof pr. ha, men udbyttet er ved dette kvælstofniveau kun 56 hkg pr. ha, hvor udbyttet i 2014 og 2015 har været henholdsvis 89 og 102 hkg pr. ha ved samme kvælstofniveau. Det lave udbyttensniveau i alle led har resulteret i en højere proteinprocent, men trods det er kvælstofudbyttet i gennemsnit af forsøgsleddene ca. 25 procent lavere end i de foregående år. I 2015 og 2016 har der været signifikante merudbytter for tildeling af kvælstof op til henholdsvis 166 kg kvælstof pr. ha og 230 kg kvælstof pr. ha i 2014. Markoverskuddet, opgjort som kg kvælstof tilført i gødning minus kg kvælstof i kerne, stiger lineært med stigende kvælstoftilførsel i alle høstår, men er højere i 2016 end i 2014 og 2015. Se tabel 46.

**TABEL 46.** Udbytter, markoverskud, N-min og kvælstofkoncentrationer i drænvandet ved stigende mængder kvælstof. (N29)

Vinterhvede	Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup>	Markoverskud, kg N pr. ha	N-min 0-100 cm forår, kg N pr. ha <sup>2)</sup>	N-min 0-100 cm, efterår, kg N pr. ha	Drænv.-konc., mg total N pr. liter <sup>3)</sup>	Ændring i drænvandskoncentration ift. normet, pct.	Pct. total-N i drænvand som nitrat	Pct. råprotein i kernetørstof	Udb., kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Nettomerudb., hkg pr. ha	Protein korr. netto-merudb., hkg pr. ha <sup>4)</sup>
<i>2016. 1 forsøg</i>												
1. 79 N	0	11	57	-	7,6	89	84	9,6	68	<b>47,5</b>	-	-
2. 158 N	0	73	46	95	8,5	<b>100</b>	79	11,5	85	2,2	-2,6	6,0
3. 237 N	0	133	55	107	9,7	115	82	12,6	104	8,2	-1,4	9,7
4. 316 N	0	201	78	168	14,7	174	89	13,0	115	11,9	-2,5	9,9
LSD										7,4		
<i>2015. 1 forsøg</i>												
1. 83 N	0	-11	35	46	2,7	88	27	7,5	94	<b>83,7</b>	-	-
2. 166 N	4	35	55	47	3,1	<b>100</b>	32	8,5	131	14,8	9,7	13,9
3. 249 N	6	93	59	65	3,7	117	49	10,5	156	18,2	8,1	17,0
4. 332 N	9	154	78	105	6,3	200	70	11,7	178	17,1	1,9	15,8
LSD										19		5,5
<i>2014. 1 forsøg</i>												
1. 77 N	0	2	-	-	3,3	91	53	7,1	75	<b>70,7</b>	-	-
2. 153 N	0	47	-	-	3,6	<b>100</b>	43	8,5	106	13,2	8,6	6,0
3. 230 N	0	91	-	-	4,1	112	53	10,5	139	17,9	8,6	9,7
4. 306 N	1	143	-	-	6,9	190	63	11,7	163	23,0	9,0	9,9
LSD										-		5,4

<sup>1)</sup> Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

<sup>2)</sup> N-min er kun udtaget på parcellniveau i foråret 2015, hvorfor der kun kan beregnes LSD værdi for denne udtagning.

<sup>3)</sup> LSD for afstrømningssæsonen 2015/16 kan ved redaktionens afslutning ikke beregnes, da der kun er foretaget to prøvetagninger i hvert led.

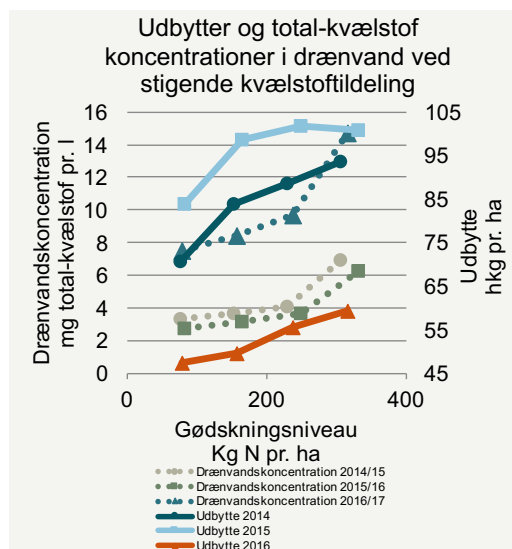
<sup>4)</sup> Protein-korrektionen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

### Kvælstofkoncentrationer i drænvandet

Kvælstofkoncentrationerne i forsøgsled der tilføres ca. 240 kg kvælstof pr. ha har i gennemsnit været 3,7 og 4,1 mg totalkvælstof pr. liter i henholdsvis 2015 og 2014. Dette er relativt lave værdier set i forhold til landsgenomsnittet af kvælstofkoncentrationerne i drænvand, der i årene 2011-2015 er 7,4 mg totalkvælstof. Se Oversigt over Landsforsøgene 2015, s. 244. De lave kvælstofkoncentrationer i drænvandet i disse år skyldes formentlig denitrifikation i rodzonen på det hævdede havbundsareal. Kvælstofkoncentrationerne er i 2016 væsentligt højere end i de foregående år og er i led 3, der tildeles 240 kg N pr. ha, ca. 9,7 mg N pr. liter. Se figur 30 og tabel 46. De højere kvælstofkoncentrationer i 2016 skyldes formentlig, både at der på grund af de lavere kvælstofudbytter er efterladt mere kvælstof i jorden i 2016 end i de foregående år, og at afstrømningen fra arealet har været mindre i vinteren 2016/2017 end i to tidligere måleår. Der er i 2015 og 2016 målt N-min i jorden i efteråret efter høst, og der er i efteråret 2016 ca. 60 til 100 procent mere kvælstof i jorden efter høst end i 2015. Se tabel 46.

Vandafstrømningen fra arealet er modelleret med modellen EVACROP ud fra afgrøde, dyrkningsdata, jordtype,

og nedbør på arealet. Afstrømningen i vinterperioden, regnet fra 1. oktober til 1. april, er efter høstår 2016 138 mm, mens den efter høst år 2014 og 2015 har været henholdsvis 328 mm og 293 mm. En lavere vinternedbør på



**FIGUR 30.** Totalkvælstofkoncentration i drænvand og udbytter ved stigende kvælstofdeling.

arealet kan bidrage til en højere kvælstofkoncentration i drænvandet, både fordi det kvælstof der afstrømmer fra arealet er opløst i en mindre vandmængde, og fordi en tørrere vinter giver dårligere forhold for denitrifikation på arealet. I 2016 er andelen af kvælstof, der afstrømmer som nitratkvælstof 79 til 89 procent afhængig af led mens den i 2015 og 2014 har været 32 til 62 procent. Det indikerer at forholdene for denitrifikation i jorden har været dårligere i 2016 end i de foregående år, idet denitrifikationen kun fjerner nitratkvælstof.

Totalkvælstofkoncentrationen i drænvandet stiger med stigende kvælstoftilførsel i alle afstrømningssæsoner. I 2016 er stigningen i kvælstofkoncentrationen 2,1 mg totalkvælstof pr. liter, når kvælstoftildelingen øges fra halv norm, cirka 80 kg kvælstof pr. ha, til halvanden gange norm, cirka 240 kg kvælstof pr. ha, mens den i 2014 og 2015 har været 0,8 til 0,9 mg totalkvælstof pr. liter. Ved gødskning med ca. 320 kg kvælstof pr. ha, sker der i 2016 en stigning i drænvandskoncentrationen på 6,2 mg totalkvælstof pr. liter i forhold til gødskning med 160 kg N pr. ha, mens stigningen i 2014 og 2015 og var henholdsvis 3,3 til 3,2 mg total kvælstof pr. liter

Kvælstofkoncentrationen i forsøget kan med rimelighed antages at repræsentere det relative kvælstoftab fra marken gennem dræn, fordi der ved punktmålinger af afstrømningen fra drænene ikke er fundet signifikante forskelle mellem forsøgsleddene.

#### *Udvaskning og marginaludvaskning*

Ud fra de målte kvælstofkoncentrationer i drænvandet og den beregnede vandafstrømning fra arealet kan kvælstofudvaskningen i vinterhalvåret beregnes. Beregningen repræsenterer kun den udvaskning, der sker i vinterperioden og gennem dræn. Det er dog overvejende sandsynligt, at udvaskningen i vinterperioden stort set repræsenterer den samlede årlige udvaskning fra arealet. Det skyldes, at dræn formentlig er den dominerende afstrømningsvej for kvælstof fra arealet, både fordi det meste vand på denne arealtype afstrømmer via dræn, og fordi reduktionspotentialet i underjorden formentlig er så stort, at kvælstof der afstrømmer til grundvandet fjernes næsten fuldstændigt. Samtidig løber drænene på arealet sjældent om sommeren, og det viser at der ikke er en betydelig udvaskning fra arealet uden for måleperioden. Området hvor forsøget er beliggende er fladt, og det er ikke sandsynligt at drænvandet i væsentligt omfang opblandes med reduceret grund-

vand fra andre arealer. De beregnede udvaskninger må derfor antages at repræsentere den samlede udvaskning fra arealet.

Udvaskningen fra arealet er beregnet til ca. 3 til 6 kg kvælstof pr. ha ved en kvælstoftildeling på 80 kg kvælstof pr. ha afhængig af året. Udvaskningen stiger kun lidt ved kvælstoftildeling op til 230 kg kvælstof pr. ha, hvor kvælstofudvaskningen er 5 til 8 kg kvælstof pr. ha, afhængig af året. Marginaludvaskningen, dvs. den mængde kvælstof der udvaskes af det sidst tildelte kg kvælstof, er på 1 til 2 procent ved gødningstildelinger mellem 80 og 230 kg kvælstof pr. ha, hvilket er meget lavt. Forsøgene viser at både kvælstofudvaskning og marginaludvaskning på denne type areal er på et meget lavt niveau, inden for det normale område for kvælstoftildeling til vinterhvede. I gennemsnit af de tre år har den økonomiske optimale kvælstoftildeling på arealet været ca. 300 kg kvælstof pr. ha, og hvis kvælstoftildelingen hæves til 320 kg kvælstof pr. ha, stiger udvaskningen til ca. 11 til 17 kg kvælstof pr. ha, og marginaludvaskningen mellem 230 og 320 kg kvælstof pr. ha er tilsvarende 4 til 17 procent afhængig af året. Udvaskningen bliver altså betydeligt højere ved kvælstoftildelinger over 230 kg kvælstof pr. ha, men udvaskningsniveauet er dog stadig lavt i forhold til andre arealer, selv ved de meget høje kvælstoftildelinger.

#### *Jordens indhold af mineralisk kvælstof*

Jordens N-min indhold i 1 meters dybde er målt i foråret 2014, 2015 og 2016, og i efteråret 2015 og 2016. N-min stiger i efteråret 2015 med kvælstoftildelingen, når der tildeles mere kvælstof end normen, og stigningen er betydelig i forsøgsled 4, hvor der er gødet med 320 kg kvælstof pr. ha. Se tabel 46. Det er i overensstemmelse de højere drænvandskoncentrationer målt i dette forsøgsled. I 2016 er der i efteråret efterladt mere kvælstof i jorden end i 2015, hvilket afspejler sig i de højere kvælstofkoncentrationer i drænvandet i 2016. I foråret 2014 var den gennemsnitlige N-min i marken 66 kg kvælstof pr. ha, mens den i foråret 2015 og 2016 stiger med stigende kvælstoftildeling til forfrugten. Se tabel 46. I overensstemmelse hermed blev det i 2015 observeret, at hveden var mere grøn og veludviklet i parceller med mertildeling af kvælstof i 2014. Resultaterne indikerer, at mertildeling af kvælstof har forbedret jordens gødningstilstand det efterfølgende år, men også at der på langt sigt kan være en merudvaskning, der kan henføres til eftervirkningen af mertildelt kvælstof. Det er ikke



FOTO: KRISTIAN ARNOLD BANG DAVIDSEN, LANDBONORD

Dronefoto af forsøget fra 20. maj 2014. Storparcellerne bliver mere mørkegrønne med stigende kvælstoftildeling.

muligt at vurdere størrelsen af denne eftervirkning og effekten på drænvandet i dette forsøg, fordi forskellene udviskes af forskellene mellem år, særligt i det sidste forsøgsår hvor udbytterne er unormalt lave og vinteren tør.

Forsøgsserien er afsluttet.

## Jordbundsanalyser

> RASMUS MOHR MORTENSEN, SEGES

### Antal jordbundsanalyser

Antallet af kemiske jordbundsanalyser fra 1. august 2016 til 31. juli 2017 fremgår af tabel 47. Tabellen omfatter analyser udført af OK Laboratorium for Jordbrug, det tyske laboratorium Agrolab samt Eurofins Agro Testing Denmark A/S. Jordprøverne er i langt de fleste tilfælde udtaget i regi af de lokale DLBR rådgivningsvirksomheder. Der indgår 10-15.000 flere standardanalyser end i sæsonen 2015 – 2016. Antallet af standardanalyser er faldet ca. 9 procent i Nordjylland og Sjælland, mens antallet af prøver i Vestjylland og på Bornholm er øget med henholdsvis 39 og 85 procent.

TABEL 47. Antal jordbundsanalyser fra 1. august 2016 til 31. juli 2017

Landsdel	Rt	Pt	Kt	Mgt	Cut	Total-N
Bornholm	1.918	1.918	1.918	1.919	17	0
Sjælland	13.333	13.296	13.301	13.326	1.278	102
Fyn	10.283	10.282	10.282	10.282	89	164
Østjylland	27.662	27.644	27.644	27.758	2.786	168
Nordjylland	28.224	28.222	28.224	28.523	1.877	178
Vestjylland	47.330	43.587	43.657	43.591	5.836	3.371
Hele landet	128.750	124.949	125.026	125.399	11.883	3.983

### Fordeling af analysetallene

Næringsstofanalyserne stammer overvejende fra systematiske jordbundsanalyser af hele ejendomme og anses for at være nogenlunde repræsentative for landbrugsjorden. Den procentvise fordeling af jordbundsanalyser i de enkelte landsdele, vist i tabel 48, kan derfor give et indtryk af næringsstofforholdet.

#### Reaktionstallet, Rt

For de fleste jorde er der et relativt stort interval, hvor reaktionstallet kan betragtes som optimalt. Når reaktionstallet er over 5,5 til 6,0, er det ikke reaktionstallets størrelse, der er interessant, men udviklingen. Et acceptabelt reaktionstal kan normalt opretholdes ved en kalktilførsel på 1,5 til 2,0 ton jordbrugskalk pr. ha hvert tredje eller fjerde år.

#### Fosfortallet, Pt

Fosfortallet er et udtryk for den lettilgængelige fosforulje i jorden. Fosfortallet anses for lavt ved værdier under 2. Fosfortal mellem 2 og 4 anses for normale.

10 procent af analyserne for hele landet viser fosfortal under 2. 49 procent af fosfortallene er mellem 2 og 4, og 40 procent af analyserne har værdier over 4.

#### Kaliumtallet, Kt

Kaliumtallets størrelse varierer mellem landsdelene. Niveauforskellen skyldes først og fremmest jordtypeforskelle. På jorder med JB under 4 anses kaliumtal mellem 5 og 8 for at være middel, mens kaliumtal mellem 7 og 10 anses for at være middel på jorder fra JB 4 og op. Her skiller Vestjylland med hovedsageligt grovsandede jorder sig klart ud, idet 65 procent af prøverne viser analysetal under 8. Det tilsvarende tal i Østjylland, hvor jordtypen er mere leret, er 33 procent.



**TABEL 48.** Resultater af jordbundsanalyser fra 1. august 2016 til 31. juli 2017. Procentvis fordeling. Ved vurdering af tallene skal man være opmærksom på antallet af gennemførte analyser, der fremgår af tabel 47.

Jordbunds-analyser	Born-holm	Sjælland	Fyn	Øst-jylland	Nord-jylland	Vest-jylland
<i>Rt</i>						
0,0 - 5,4	1	1	1	6	8	9
5,5 - 5,9	9	5	7	25	38	43
6,0 - 6,4	36	13	21	38	36	32
6,5 - 6,9	34	22	32	21	12	11
7,0 - 7,5	18	31	31	8	4	4
> 7,5	2	28	8	3	2	1
<i>Pt</i>						
0,0 - 0,9	2	3	0	0	0	0
1,0 - 1,9	24	28	18	10	4	5
2,0 - 2,9	37	34	32	29	19	17
3,0 - 3,9	25	20	24	30	29	24
4,0 - 4,9	8	10	14	18	24	22
5,0 - 5,9	3	4	7	8	13	15
6,0 - 6,9	1	2	3	3	6	9
7,0 - 7,9	1	1	1	1	3	4
8,0 - 8,9	0	0	1	0	1	2
9,0 - 10,0	0	0	0	0	1	1
> 10,0	0	0	0	0	1	1
<i>Kt</i>						
0,0 - 1,9	0	0	0	0	0	1
2,0 - 3,9	0	2	1	3	4	17
4,0 - 5,9	2	9	11	10	12	27
6,0 - 7,9	16	26	26	19	20	21
8,0 - 9,9	31	30	23	21	20	14
10,0 - 11,9	22	14	16	18	15	8
12,0 - 13,9	14	8	11	12	10	6
14,0 - 15,9	6	4	6	7	7	3
16,0 - 17,9	3	2	3	4	4	2
18,0 - 20,0	2	2	2	2	2	1
> 20,0	4	3	3	3	5	1

Jordbunds-analyser	Born-holm	Sjælland	Fyn	Øst-jylland	Nord-jylland	Vest-jylland
<i>Mgt</i>						
0,0 - 0,9	0	0	0	1	1	0
1,0 - 1,9	0	1	0	1	2	1
2,0 - 2,9	5	3	3	6	8	8
3,0 - 3,9	16	9	7	13	16	17
4,0 - 4,9	23	17	15	17	19	19
5,0 - 5,9	19	20	18	17	15	17
6,0 - 6,9	14	17	19	14	11	13
7,0 - 7,9	8	11	15	10	7	9
8,0 - 8,9	6	6	9	7	5	6
9,0 - 10,0	4	4	6	5	4	4
> 10,0	5	12	8	8	13	7
<i>Cut</i>						
0,0 - 0,9	0	1	2	3	0	3
1,0 - 1,9	41	12	31	35	22	34
2,0 - 2,9	35	32	29	31	30	41
3,0 - 3,9	12	28	19	17	24	15
4,0 - 4,9	12	15	6	8	13	4
5,0 - 5,9	0	7	1	3	6	1
6,0 - 6,9	0	3	4	1	3	1
7,0 - 7,9	0	1	3	1	1	0
8,0 - 8,9	0	0	0	0	1	0
9,0 - 10,0	0	0	1	0	0	0
> 10,0	0	1	2	0	0	0
<i>Total-N</i>						
0,00 - 0,09	0	1	12	13	2	9
0,10 - 0,11	0	15	12	18	1	9
0,12 - 0,13	0	17	46	20	8	13
0,14 - 0,16	0	31	16	29	20	22
0,17 - 0,20	0	7	9	16	32	19
> 0,20	0	29	7	4	36	27

### Magnesiumtallet, Mgt

Et magnesiumtal på over 4 betragtes som tilfredsstillende. I gennemsnit for hele landet ligger 22 procent af magnesiumtallene under 4.

Magnesiumtallet har været stigende igennem de seneste ti år, men har nu stabiliseret sig, og andelen af magnesiumtal under 4 er aftaget meget. Det kan skyldes, at magnesiumtallet tidligere oftere er målt, når der har været mistanke om magnesiummangel, mens det i dag i højere grad indgår i standardanalyserne.

### Kobbertallet, Cut

Der er kun analyseret få prøver for kobber i forhold til analyser for fosfor, kalium og magnesium. Tallene i tabel 48 er derfor ikke repræsentative for fordelingen af kobbertal. Kobbertal under 2 betyder, at der er risiko for kobbermangel på for eksempel lavbundsjorde. Der er en relativt stor andel af prøverne med et lavt kobbertal,

hvilket kan hænge sammen med, at der ofte analyseres for kobber på jorde, hvor man har mistanke om risiko for kobbermangel. Ved meget høje kobbertal kan der opstå skader på afgrøden ved kobberforgiftning. Ved høje kobbertal bør man undgå yderligere tilførsel af kobber.

I gennemsnit af alle analyser ligger 32 procent under 2, og 6 procent over 5.

### Totalkvælstof

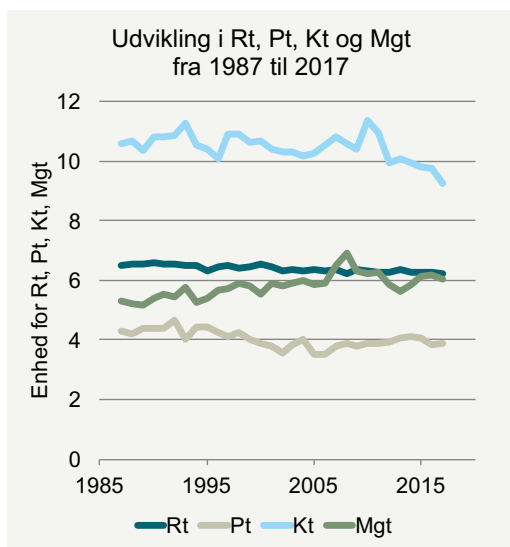
Indholdet af totalkvælstof i jord kan anvendes til at fastsætte eftervirkningen af kvælstof i stedet for at korrigere ud fra dyrkningshistorien. Ud fra forsøg med stigende mængder kvælstof er beregnet, hvordan kvælstofbehovet kan korrigeres på grundlag af en bestemmelse af totalkvælstof i den enkelte mark i forhold til gennemsnitsindholdet af totalkvælstof i jord. Hvis indholdet af totalkvælstof er under 0,13 procent, korrigeres kvælstofbehovet op i forhold til normen. Er indholdet over 0,20

procent, korrigeres tilførslen til salgsafgrøder og majs ned i forhold til normen.

I gennemsnit af alle analyser har 33 procent mindre end 0,13 procent totalkvælstof, mens 26 procent har over 0,20 procent totalkvælstof. Antallet af analyser for totalkvælstof er lavt. Langt hovedparten af prøverne er udtaget på kvægbrug i forbindelse med undtagelsesbestemmelserne for at kunne udbringe mere end 170 kg kvælstof pr. ha. Derfor må det viste indhold af totalkvælstof i jord formodes at ligge betydeligt over gennemsnittet for dansk landbrugsjord.

### Udvikling i analysetallene

Udviklingen i analyseværdierne fra 1987 til 2017 i gennemsnit for hele landet for reaktionstal, fosfortal, kaliumtal og magnesiumstal er vist i figur 31. Kurverne illustrerer udviklingen over en årrække og ikke ændringen fra år til år. Over den 30-årige periode er der sket et beskedent fald i reaktionstal og fosfortal og en mere markant stigning i magnesiumstal. Det beskedne fald i reaktionstallet skal ses i lyset af, at der er sket en reduktion i kalkforbruget med 75 procent i perioden, hvilket især skyldes det fald i kvælstofudvaskningen, der er sket i perioden.



**FIGUR 31.** Udvikling i analyseværdierne for reaktionstal, fosfortal, kaliumtal og magnesiumstal i gennemsnit for hele landet for årene 1987 til 2017.

# KULTURTEKNIK OG DRÆNING

## Jordbearbejdning

> **ESKILD HOHLMANN BENNETZEN, SEGES**

### Udbytter ved pløjefri dyrkning

I to fastliggende flerårige demonstrationsforsøg med og uden pløjning er der i år høstet større udbytter ved pløjning end uden. Forskellene er dog ikke statistisk sikre.

Figur 1 og 2 viser udbytterne år for år på de to lokaliteter. Se også Tabelbilaget, tabel O1 og O2.

I 1999 blev der etableret et fastliggende demonstrationsareal ved Jerslev på Sjælland (JB 7) med storparceller med og uden pløjning i tre gentagelser. Leddene uden pløjning sås direkte, uden forudgående jordbearbejdning. Udbytter med og uden pløjning er målt alle år. I 2017 er afgrøden vårbyg med forfrugt vårhvede. Udbyttet i i 2017 er 56 hkg pr. ha, både hvor der er pløjet og hvor der er sået direkte.

I Midt-Vestjylland ved Aulum (JB 3) blev et tilsvarende demonstrationsareal anlagt i 2002. I leddene uden pløjning foregår jordbearbejdningen med harvning med fuld gen-

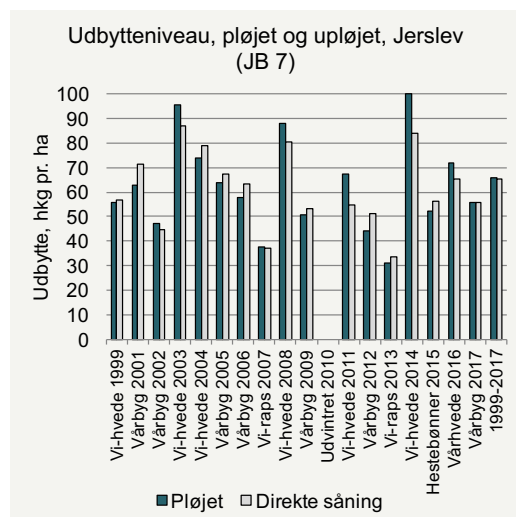
nemskæring. I 2017 er afgrøden vårbyg med forfrugt vårbyg. Udbyttet i den pløjede del er 72,1 hkg pr. ha, mens den upløjede del giver 65,2 hkg pr. ha. Forskellen er dog ikke signifikant.

I 2017 og 2018 undersøges den biologiske aktivitet i forsøgene, da jordbearbejdning kan have stor effekt på diversiteten og tætheden af forskellige arter af jordlevende dyr, svampe og bakterier og dermed jordens egenskaber og frugtbarhed. Dette undersøges i samarbejde med Aarhus Universitet og Københavns Universitet og resultater vil blive vist i Oversigt over Landsforsøgene 2018.

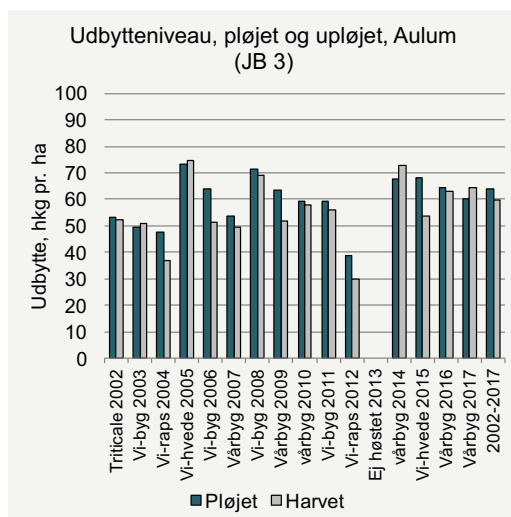
## Jordpakning

> **ESKILD HOHLMANN BENNETZEN, SEGES**

Tre flerårige forsøg med jordpakning ved gyllekørsel, påbegyndt i foråret 2010, viser, at kørsel med høje hjulaster og flere overkørsler giver et gennemsnitligt udbyttetab, som også kan måles nu fire år efter endt jordpakning.



FIGUR 1. Udbyttene i Jerslev JB 7. pløjet vs. direkte såning.



FIGUR 2. Udbytte niveau i Aulum JB 3. Pløjet vs. harvet

## Udbytter og eftervirkning

De tre flerårige forsøg med jordpakning udføres i samarbejde med Aarhus og Københavns Universiteter. I årene 2010 til 2013 udførtes forskellig jordpakning ved kørsel med gyllevogne med 3, 6, 8 og 12 ton hjullast og en kontrolbehandling uden tung trafik. Behandlingerne adskiller sig også ved antal hjuloverkørsler:

- > 3 ton behandlingen har fem hjuloverkørsler (traktor plus 3-akslet gyllevogn)
- > 6 ton behandlingen har fem hjuloverkørsler (traktor plus 3-akslet gyllevogn)
- > 8 ton behandlingen har fire hjuloverkørsler (traktor plus 2-akslet gyllevogn)
- > 12 ton behandlingen har én hjuloverkørsel (3-hjulet selvkørende gyllevogn)

Siden 2013 er jorden ikke blevet pakket. Der er sået vårbyg alle årene.

Fra 2013 er der sået olieræddike i halvdelen af parcellerne lige efter høst. Olieræddike er gødet med 30 kg kvælstof pr. ha, og der er spredt sneglegift. Formålet er både at undersøge eftervirkninger af tung trafik på jorden og potentialet for brug af olieræddike til biologisk jordløsning. Nærmere beskrivelse af forsøgsbehandlingerne og tidligere resultater findes i Oversigt over Landsforsøgene 2010 til 2015. Årets resultat afspejler tre år med



FOTO: UFFE PILEGÅRD LARSEN, AARHUS UNIVERSITET, FLAKKEBJERG

Jordpkningsforsøget i ved Aarhus Universitet i Flakkebjerg med olieræddike i halvdelen af hver behandling den 4. oktober 2016.

olieræddike forud for vårbyg i halvdelen af parcellerne. I anden halvdel af parcellerne følges eftervirkningen af høje hjullaster og dæktryk på udbytter, jordstruktur og plantevækst uden biologisk jordløsning og uden ekstra tilførsel af kvælstof.

I tabel 1 ses udbytterne fra 2010 til 2017. Tabellen viser, fra venstre, gennemsnit af udbyttet i årene 2010 til 2013, det vil sige de år, hvor der er kørt gyllevogne med forskellige hjullaster om foråret i forsøget. Derudover viser tabel 1 udbytterne i 2017 med og uden olieræddike. Kolonnen "Uden olieræddike" viser, om der er længerevarende udbyttetab efter kørsel med tung hjullast. I kolonnen med "Merudbytte for olieræddike" vises merudbyttet efter olieræddike i efteråret 2013-2016, altså forud for den høstede vårbyg. Tabellen

**TABEL 1.** Udbytter i jordpkningsforsøgene i 2010 til 2017. (O3, O4, O5, O6, O7, O8, O9)

Vårbyg	Udbytte, hkg kerne pr. ha	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha 2017									Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha			Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha		
		Taastrup			Årslev			Flakkebjerg			Gennemsnit 2017			Gennemsnit 2014-2017		
	Gennemsnit, 2010-2013	Uden olieræddike	Med olieræddike	Merudbytte for olieræddike	Uden olieræddike	Med olieræddike	Merudbytte for olieræddike	Uden olieræddike	Med olieræddike	Merudbytte for olieræddike	Uden olieræddike	Med olieræddike	Merudbytte for olieræddike	Uden olieræddike	Med olieræddike	Merudbytte for olieræddike
		2010-2013. 12 forsøg, 2014-2017. 12 forsøg									3 forsøg			12 forsøg		
1. Ingen kørsel	64,0	75,5	79,2	3,7	48,9	47,1	-1,8	46,6	50,2	3,6	57,0	58,8	1,8	65,8	67,9	2,1
2. 8 t <sup>1)</sup>	61,7	79,1	84,8	5,7	50,3	48,6	-1,7	52,9	52,8	-0,1	60,8	62,1	1,3	65,8	68,9	3,1
3. 3 t	59,8	79,3	84,8	5,5	50,7	48,5	-2,2	55,2	49,2	-6,0	61,7	60,8	-0,9	67,4	68,5	1,1
4. 6 t	52,7	77,7	79,8	2,1	48,2	46,8	-1,4	52,3	50,5	-1,8	59,4	59,0	-0,4	63,5	65,4	1,9
5. 8 t <sup>2)</sup>	51,5	-	-	-	48,5	46,6	-1,9	50,4	48,8	-1,6	*49,5	*47,7	-1,8*	*58,4	*59,0	0,6 <sup>3)</sup>
6. 12 t <sup>3)</sup>	61,2	-	-	-	50,1	48,7	-1,4	-	-	-	-	-	-	**65,1	**68,9	3,8 <sup>3)</sup>
LSD	4,9	ns		1,5	ns		1	ns		ns	ns	ns	ns	1,4		1,0

<sup>1)</sup> 8 ton, kun overkørt i 2010.

<sup>2)</sup> 8 ton, overkørt i 2010, 2011, 2012 og 2013.

\* 2 forsøg i gns.

<sup>3)</sup> 8 forsøg, 2 lokaliteter

<sup>3)</sup> LSD=1,2

\*\* 4 forsøg, 1 lokalitet

viser også de gennemsnitlige udbytter fra alle tre lokaliteter i 2017, samt gennemsnitlige udbytter for alle årene 2014-2017.

I 2017 er der ikke signifikant negativ effekt på udbytterne af den tidligere jordpakning, hvor der ikke er dyrket olieræddike som efterafgrøde, hverken i gennemsnit eller i de enkelte forsøg. Det tyder på, at effekten af jordpakningen er ved at aftage. Effekten af olieræddike som efterafgrøde er ikke signifikant på tværs af forsøgene. Der er dog høstet de største merudbytter for olieræddike, hvor jorden har været mindst pakket mens olieræddike har kostet udbytte, hvor jorden har været hårdest pakket. I Taastrup giver olieræddike signifikante merudbytter ved alle behandlinger, hvorimod olieræddike er signifikant tabsvoldende ved alle behandlinger i Årlev. Den positive effekt olieræddike kan dog både skyldes en generel forbedring af jordstrukturen og den tilførte mængde kvælstof.

Ved en statistisk analyse på tværs af alle tre lokaliteter og alle år uden pakning (2013 til 2017) fås signifikant lavere udbytter, hvor der er kørt med 6 ton og 8 ton end ved andre behandlinger. Dyrkning af olieræddike har givet signifikant større udbytter ved alle behandlinger, undtaget i den hårdest pakkede behandling (8 ton), hvor der dog stadig har været et merudbytte. Ved vurdering af dette års samt tidligere års resultater synes olieræddike at have mindst positiv effekt i den hårdest pakkede jord (led 5; høj hjullast (8 ton, 4 hjuloverkørsler i 2010 til 2013). Udbyttet har været overraskende højt alle år siden 2013, hvor der er kørt med selvkørende gyllevogn med meget lavt dæktryk (12 ton, 1 hjuloverkørsel). Dette resultat er dog vanskeligt at konkludere på, da denne behandling kun er udført på én lokalitet. Men det indikerer, at jordstrukturen hurtigt bliver genetableret efter denne behandling, hvor jorden mest pakkes i overjorden og der sker begrænset skade i underjorden.

Forsøgsbehandlingerne er udført ved en 'hjul-ved-hjul' pakning af hele parcellen. Når det gennemsnitlige udbyttetab for kørsel med høj hjullast fordeles ud pr. ha i marken, vil det ikke give samme udslag. Jordens egenskaber ændres imidlertid på flere måder ved jordpakningen, der kan have en relativt stor, men mere diffus betydning for udbyttet. Dette kan være problemer med afvandingen, der medfører bløde pletter eller bløde spor i marken og dermed påvirker rettidigheden i marken eller problemer med fastkørsel.

Efterfølgende er udvalgte emner fra universiteternes undersøgelser i forsøgene beskrevet.

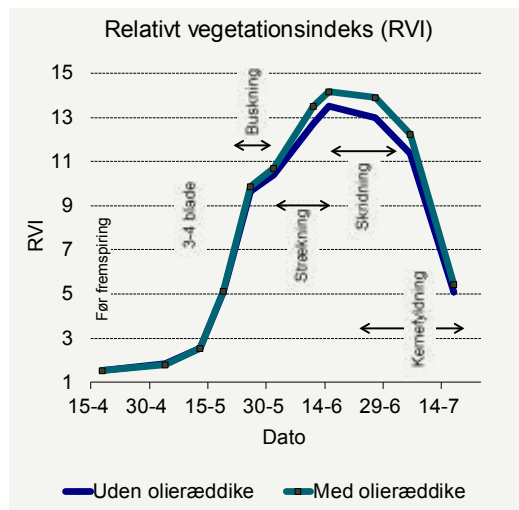
### Effekter på jord og afgrøde i Taastrup

> **LEKTOR CARSTEN PETERSEN**, INSTITUT FOR PLANTE OG MILJØVIDENSKAB, KØBENHAVNS UNIVERSITET OG **SENIORFORSKER LARS J. MUNKHOLM**, INSTITUT FOR AGROØKOLOGI, AARHUS UNIVERSITET

Formålet med denne del af projektet er at få en bedre forståelse af planternes og jordens reaktion på jordpakning med tunge køretøjer i et pløjet dyrkningssystem. Spørgsmålene hvordan jorden og afgrødevæksten påvirkes på lang sigt i årene efter pakningens ophør har særlig interesse.

Forsøgsopsætningen og behandlingerne er beskrevet i ovenstående afsnit. I Taastrup er olieræddiken sået den 13. august 2016 lige efter høst, og der er i lighed med tidligere år tilført 30 kg N pr. ha ved såningen. Jorden er pløjet i ca. 25 cm dybde 11. november, og der er sået vårbyg 3. april 2017 efter såbedstilberedning med rotorharve.

Relativt vegetationsindeks (RVI) er målt med afgrødeskanner 11 gange i løbet af vækstperioden. Modsat tidligere år er der ikke på noget tidspunkt målt statistisk sikre effekter af pakning på RVI og dermed på mængden af grønne plantedele. Det kan skyldes, at de negative effekter på rodtybden ikke har haft betydning, fordi der ikke



**FIGUR 3.** Relativt vegetationsindeks (RVI, gennemsnitsværdier for alle pakningsniveauer hhv. med og uden efterafgrøde) samt indikation af udviklingsløb. Hvert enkelt målepunkt er baseret på 128 observationer dækkende hver ca. 1 m<sup>2</sup>.

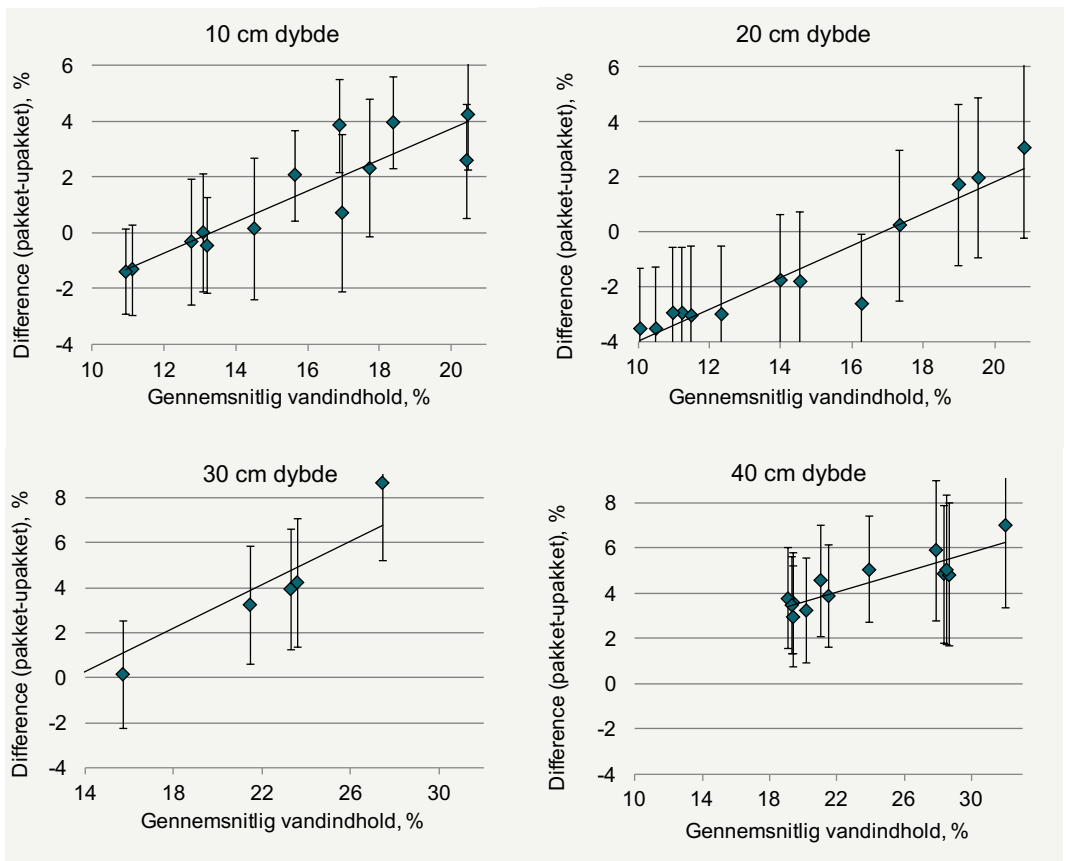
på noget tidspunkt opstår vandmangel i 2017. Der kommer 279 mm nedbør i perioden april-juli mod normalt 205 mm, og nedbørsunderskuddet (potentiel fordampning – nedbør opsummeret fra 1. maj) toppe sent, dvs. midt i juli med værdier på kun lidt over 100 mm.

Der er derimod sikre positive effekter af efterafgrøden på alle 6 måledatoer fra og med 1. juni, se figur 3. Efterafgrøden øger altså mængden af grønne plantedele i den efterfølgende vårbyg og evnen til at opfange fotosynteseaktiv stråling i alle vækstfaser efter buskning, inklusiv perioden med kernefyldning. Effekten kan skyldes, at der er mere kvælstof til rådighed. Olieræddiken giver et gennemsnitligt merudbytte på 4,2 hkg kerne pr. ha (se tabel 1).

Der er ikke statistisk sikkerhed for vekselvirkning mellem brugen af efterafgrøde og jordpakning, hverken målt på

RVI eller kerneudbytte. Der er altså ingen indikation af, at det eksempelvis er særligt fordelagtigt at bruge olieræddike som efterafgrøde, når jorden er pakket. Tilsvarende resultater er opnået i tidligere år.

Jordens vandindhold er målt 13 gange i vækstsæsonen i udvalgte behandlinger (0 og 6 ton hjullast uden efterafgrøde). Der fokuseres på forskellen mellem gennemsnitligt vandindhold i pakkede og upakkede parceller målt i forskellige dybder. Pakning med 6 ton hjullast i årene 2010-13 har gennemgående stor betydning for vandindhold og vandets fordeling i jordprofilen i 2017, se figur 4. Når jorden er våd i og lige under pløjelaget er vandindholdet generelt højest i de pakkede parceller. Det kan skyldes, at afdræningen hæmmes i og af den pakkede jord under pløjelaget. Under pløjelaget er luftindholdet i de pakkede parceller desuden lavt, hvilket medvirker til at øge andelen af vand i 30 og 40 cm dybde. I 30 cm



**FIGUR 4.** Difference mellem gennemsnitligt volumetrisk vandindhold målt i parceller pakket med 6 ton hjullast og i upakkede parceller (n=8) som funktion af samlet gennemsnitligt vandindhold målt 13 gange igennem vækstsæsonen i dybderne 10, 20, 30 og 40 cm. Der er indlagt signifikante regressionslinjer samt 95 procent konfidensintervaller omkring hvert enkelt målepunkt.

dybde lige under furebunden måles i gennemsnit helt op til 8,6% højere vandindhold i pakkede end i upakkede parceller.

Den pakkede jord er altså periodevist mere våd i pløjelaget selvom jorden pløjes årligt og selvom den ikke er blevet udsat for tung trafik siden 2013. Men den bliver også periodevist mere tør, specielt nær lagets bund i 20 cm dybde. Nogenlunde samme mønster ses i 30 cm dybde umiddelbart under pløjelaget. Denne tendens til kraftigere udtørring ved furebunden i pakkede parceller skyldes måske højere rodaktivitet, fordi rødderne har svært ved at trænge ned i underjorden.

I 40 cm dybde kommer det gennemsnitlige vandindhold ikke under 19,1 procent, og hverken pakkede eller upakkede parceller kommer dermed i nærheden af visnegrænsen. Det kan skyldes en kombination af lav rodaktivitet og rigelige nedbørmængder. Vandindholdet er i alle tilfælde signifikant højere i pakkede parceller end i upakkede parceller.

Målinger af jordens vandindhold videreføres i 2018 med henblik på at understøtte modelberegninger af pakningens indflydelse på vand- og kvælstofhusholdning samt høstudbytter under varierende vejrforhold.

I 2017 er der på alle tre lokaliteter gennemført prøver af penetreringsmodstanden samt jordens poreegenskaber i relation til luftskifte og afdræning. Data herfra er stadig under analyse og undersøgelserne fortsætter. Resultater vil blive beskrevet i Oversigt over Landsforsøgene 2018.

## Dræning

### Drænybde påvirker udbytte og kvælstofudnyttelsen

> **ROBERT NØDDEBO POULSEN**, SPECTROFLY APS,  
**KASPER JAKOB JENSEN**, KØBENHAVNS UNIVERSITET OG  
**STINNA SUSGAARD FILSØ**, SEGES

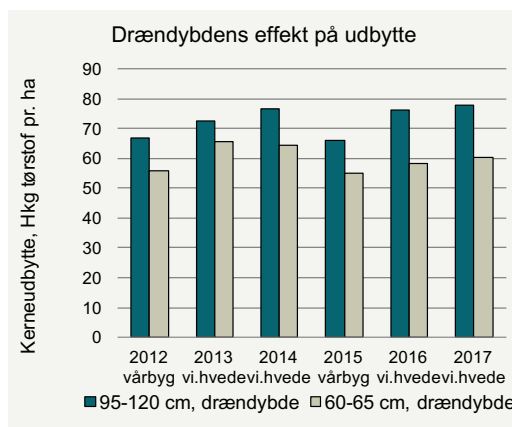
I 2012 til 2017 er afvandings betydning for udbyttet i henholdsvis vinterhvede og vårbyg undersøgt på en drænet JB 7 jord ved Faxe på Sydøstsjælland. En nærmere beskrivelse af forsøgsbehandlingerne og tidligere resultater findes i Oversigt over Landsforsøgene 2013 til 2016 samt tidligere forsøgsrapporter. Forsøget udføres af Spectrofly Aps i samarbejde med ph.d.-studerende

Kasper Jakob Jensen fra Københavns Universitet for SEGES med støtte fra flere bidragsydere.

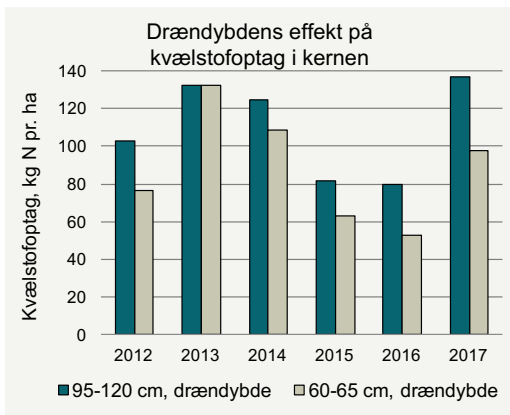
Formålet med forsøget er at opdatere viden om, hvordan afvandingsdybden påvirker afgrødernes vækst og udbytte samt at opnå en bedre forståelse af vand- og kvælstofdynamikken ved varierende afvandingsforhold. Der er i marken udvalgt syv plots med drænybder, der varierer fra 60 til 120 cm. Forsøget er udført ved tre kvælstofniveauer (0, 90 og 180 kg pr. ha.). Grundvandsniveauet er løbende registreret i forsøgsplottene, og afgrødens vækst er igennem vækstsæsonen belyst via gentagne reflektansmålinger. Ved høst er målt høstudbytte samt tørstof- og kvælstofindhold i høstet kerneudbytte.

I forsøgsåret 2017 er et signifikant lavere udbytte og kvælstofoptag registreret i parceller med reduceret drænybde, dvs. dybder mellem 60-65 cm, set i forhold til parcellerne med drænybder mellem 95-120 cm. I parceller tildelt 90 kg kvælstof pr. ha er det gennemsnitlige udbytte 27 procent lavere ved reduceret drænybde i forhold til parceller med større drænybder, og det gennemsnitlige kvælstofoptag er 34 procent lavere. For parceller tildelt 180 kg kvælstof pr. ha er det gennemsnitlige udbytte ved reduceret drænybde 22 procent lavere og det gennemsnitlige kvælstofoptag 28 procent lavere.

Lignende negative effekter på udbytte og kvælstofoptagelse ved reducerede drænybder blev målt i alle de 5 foregående år, forsøget har været etableret (se figur 5 og 6). Der er i perioden 2012-2017 blevet målt et udbyttetab ved reducerede drænybder på mellem 16-22 pro-



FIGUR 5. Drænybdens effekt på udbytte i vinterhvede og vårbyg gødet efter normen fra 2012-2017.



**FIGUR 6.** Forskellen i Kvælstofoptaget i kernen (kg kvælstof pr. ha) mellem parceller med reduceret drændybde (60-65 cm) og parceller med større drændybde (95-120 cm). parcellerne er gødet efter normen. Bemærk 2014 er gns. af norm og brødnorm.

cent tørstofudbytte i vårbyg og mellem 10-32 procent i vinterhvede ved parceller med kvælstofniveau 180 kg kvælstof pr. ha.

Kvælstofoptaget var i samme periode 18-24 procent lavere i vårbyg ved reduceret drændybde, mens det i vinterhvede var mellem 0-27 procent lavere ved reduceret drændybde.

Den mindre kvælstofoptagelse i kernen indikerer en ringere kvælstofudnyttelse ved reducerede drændybder. Forskellen i udbyttetabet mellem de forskellige kvælstofniveauer i forsøget vidner om, at en øget kvælstofdeling kun delvist kan kompensere for dårlige dræningsforhold.

## Drænmetoder og materialer på finsandet jord

> **STINNA SUSGAARD FILSØ, SEGES**

I foråret 2011 blev der anlagt et større drænforsøg på et areal med finsandet jord i Nordjylland. I forsøget afprøves forskellige drænmetoder og materialer. Det primære formål med forsøget er at undersøge, hvor åbent filteret omkring drænrørene kan være, uden det giver anledning til sandindtrængning i drænrørene med tilstopning til følge. Problemet med sandindtrængning i drænrør er i sær relevant på meget finsandede jorde. Der er i år ikke udført nok målinger i forsøget til databehandling. Nærmere beskrivelse af forsøget samt resultater findes i Oversigt over Landsforsøgene 2013 og 2014. Forsøget fortsætter, hvor der i 2018 foretages en opgravning af

drænrørene for at undersøge forskellen i sandindtrængningen i forhold til de forskellige drænmaterialers tæthed.

## FarmTest

### Brændstofforbrug ved forskellig harvedybde og dæktryk

> **ESKILD HOHLMANN BENNETZEN OG  
MICHAEL HØJHOLDT, SEGES OG  
HENNING SJØRSLEV LYGTVIG, DM&E**

FarmTesten undersøger brændstofforbruget ved forskellig harvedybde og dæktryk. Undersøgelsen er udført på to lokaliteter med sandjord og på en lokalitet med lerjord. På sandjordslokaliteterne er harvningerne gennemført på marker, der dyrkes henholdsvis med og uden pløjning; på lerjordslokaliteten er testen alene udført på en mark, der dyrkes uden plov. Der er på alle lokaliteter harvet i 10, 20 og 30 cm dybde med en Horsch Terrano 5 FM med 17 tænder.

Den anvendte traktor var en Fendt 939 Vario udrustet med systemet VarioGrip, der sætter traktorføreren i stand til at regulere trykket i dækkene under kørslen i marken. Det valgte standard dæktryk var 0,8 bar, men ved 20 cm harvedybde er der også gennemført test ved 1,9 bar dæktryk.

Følgende resultater fra FarmTesten kan fremhæves:

- > Brændstofforbruget stiger som forventet med større harvedybde
- > Fremkørselshastighed og dermed kapacitet falder med stigende harvedybde
- > Der er ikke fundet nogen entydig forskel i brændstofforbrug og kapacitet mellem de marker der pløjes, og de marker der dyrkes pløjefrit
- > En forøgelse af dæktrykket fra 0,8 bar til 1,9 bar ved 20 cm harvedybde medførte som gennemsnit, at:
  - > Kapaciteten (ha pr. time) faldt med 5%
  - > Brændstofforbruget steg med 8%



- > Der er beregnet en besparelse på 0,94 liter diesel pr. ha ved at sænke dæktrykket fra 1,9 bar til 0,8 bar ved harvning i 20 cm dybde
- > Samtidig stiger kapaciteten med 0,3 ha pr. time til 5,96 ha pr. time
- > Med det konkrete maskinsæt og en brændstofpris på 5,50 kr./liter er gevinsten ved at sænke dæktrykket fra 1,9 bar til 0,8 bar ved harvning i 20 cm dybde ca. 10 kr. pr. ha.

Læs mere om FarmTesten og analyserne på [www.farmtest.dk](http://www.farmtest.dk)



FOTO: JACOB ALSING AXEN, MICHELIN DANMARK

Reduceret dæktryk reducerer brændstofforbruget og øger kapaciteten.