

OVERSIGT OVER LANDSFORSØGENE 2019

Forsøg og undersøgelser i
Dansk Landbrugsrådgivning

Samlet og udarbejdet af
LANDBRUG & FØDEVARER, PLANTEPRODUKTION
ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen

Aktiviteterne er blandt andet støttet af:

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Froafgiftsfonden

Fonden for **økologisk landbrug**

Innovationsfonden

Kartoffelafgiftsfonden



The project has received funding
from the European Union's Horizon
2020 research and innovation
programme under agreement No.
727284



GØDSKNING

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 var der en politisk bestemt undergødskning, så landmanden var tvunget til at tildele mindre kvælstof end afgrøderne behov. I 2017, 2018 og 2019 er denne tvungne undergødskning afskaffet. Forsøgene i 2019 forventes kun i begrænset omfang at være påvirket af den mindre eftervirkning af kvælstof på grund af den foregående lange periode med undergødskning

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

Bestemmelse af afgrøderne behov for kvælstof bygger på forsøg med stigende kvælstofmængder. Også i 2019 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 8 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 2019 er mange af forsøgene gennemført i et nyt projekt under GUDP-ordningen. I dette projekt er det undersøgt, om måling af vegetationsindeks med satellit kan forbedre forudsigelsen af kvælstofbehovet på markniveau og indenfor den enkelte mark. Bestemmelse af kvælstofbehov blandt andet ud fra satellitmålinger er omtalt i et senere afsnit.

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

Som gennemsnit af de seneste ti års priser ligger bytteforholdet mellem kvælstof og korn på mellem 5 og 6 kg, men det har svinget meget i de senere år. I 2019 er bytteforholdet mellem korn og kvælstof således, at der skal 6,4 kg korn til at betale for 1 kg kvælstof. Bytteforholdet har således været relativt dårligt i 2019, hvilket reducerer den økonomisk optimale kvælstofmængde lidt.

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 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 protein. I 2019 er prisen for protein sat til 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg. Ved salg af foderkorn til grovvarerforretninger er det forskelligt, hvorvidt og hvordan prisen korrigeres for proteinindhold. Fra 2016 har flere grovvarerforretninger indført en priskorrektion for protein i foderkorn.

Kvælstof til vårbyg

I seks forsøg med stigende mængder kvælstof til vårbyg med forfrugt korn er bestemt et kvælstofbehov på 118-145 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion for proteinindhold. I tre forsøg med gulerødder som forfrugt er der bestemt et kvælstofbehov på 144 kg. I syv forsøg med og uden efterafgrøde af olieræddike i efteråret 2018 er bestemt et kvælstofbehov på 124 og 119 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden olieræddike efteråret før.

Forfrugt korn

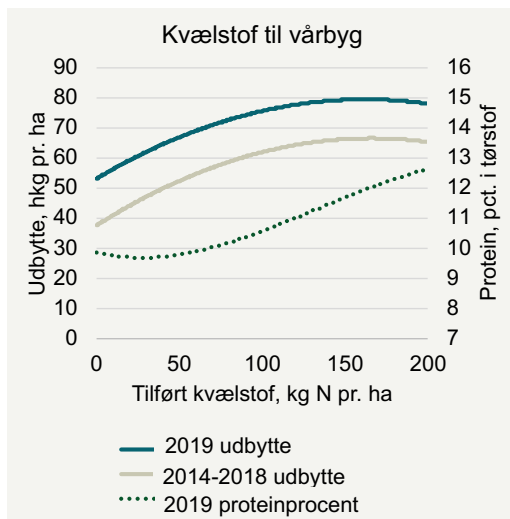
To forsøg er gennemført på JB 1 og fire forsøg på JB 6-7. Ingen af forsøgene er tildelt væsentlige mængder husdyrgødning i årene forud. Kvælstof er tildelt før såning.

Før såning er målt samme mængde af tilgængeligt kvælstof i rodzonen (N-min) som i årene forud. Udbyttet i forsøgsleddet uden tilførsel af kvælstof er betydeligt højere end i årene forud, og udslaget for kvælstof er lidt mindre. Udbyttet ved den optimale kvælstofmængde er 11,7 hkg pr. ha højere i 2019 end i årene forud. Proteinindholdet er på niveau med de tidligere år. Marginaloptagelsen af kvælstof i kerne i 2019 er 38 procent ved en kvælstoftilførsel på op til 120 kg pr. ha.

Kvælstofbehovet uden proteinkorrektion er 10 kg mindre end i årene forud.

Forfrugt gulerødder

Ved dyrkning af gulerødder anvendes store mængder halm til at dække gulerødderne, så de kan tages op i løbet af vinterperioden. Store mængder halm kan im-



FIGUR 1. Stigende mængder kvælstof til vårbyg.

mobilisere (binde) kvælstof fra jorden, og således reducere kvælstofforsyningen til den efterfølgende afgrøde. I 2019 er gennemført tre forsøg for at bestemme kvælstofbehovet i en efterfølgende vårbyg på grovsandet jord. To af forsøgene er vandet, og to forsøg er tilført husdyrgødning i årene forud.

Før såning er målt et N-min indhold i rodzonen på 71 kg kvælstof pr. ha, hvilket er væsentligt højere end i to forsøg gennemført i 2018. Udbyttet i forsøgsleddet uden tilførsel af kvælstof er meget lavt, hvilket formodentlig skyldes, at halmen immobiliserer kvælstof i forårsperioden trods det høje N-min-indhold. Kvælstofbehovet er beregnet til 144 kg kvælstof pr. ha, og er næsten uafhængig af korrektion for protein.

Andre forfrugter

I ét forsøg med forfrugt sukkerroer er der opnået et højt grundudbytte og en stor respons for tilførsel af kvælstof. Kvælstofbehovet uden proteinkorrektion er beregnet til 137 kg pr. ha. I ét forsøg på JB 3 med vinterraps som forfrugt er der opnået et højt udbytte uden tilførsel af kvælstof, og udslaget for kvælstof er beskedent. Udover forfrugtsvirkningen af vinterraps er der eftervirkning fra en betydelig tilførsel af svinegylle i årene forud for forsøget.

Andre forsøg med stigende mængder kvælstof til vårbyg

Der er gennemført syv forsøg i vårbyg med henblik på at belyse eftervirkningen af efterafgrøder. Resultaterne af

TABEL 1. Stigende mængder kvælstof til vårbyg. (N1, N2)

Vårbyg	2014-2018			2019					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>									
Antal forsøg	34	34	34	6	6	6	6	6	6
Grundgødet	0	9,6	37,0	0	9,9	71	52,7		
40 N	1	9,7	13,9	0	9,7	87	13,2	9,8	9,1
80 N	1	10,3	22,5	1	10,2	101	19,8	13,7	14,2
120 N	1	11,1	27,0	1	11,0	116	24,9	16,1	18,4
160 N	2	11,6	28,7	2	11,9	129	27,0	15,5	20,0
200 N	3	12,4	29,2	2	12,7	135	25,7	11,5	18,0
LSD						5	3,6		
					2014-2018		2019		
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha					56 (15-100)		57 (23-100)		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha					128 (44-240)		117 (80-146)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha					29,7 (4,4-57,9)		25,6 (17,3-38,6)		
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha					148 (58-240)		145 (100-186)		
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.					11,0 (9,2-12,7)		10,9 (10,2-11,4)		
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.					11,5 (9,7-13,9)		11,5 (10,9-12,2)		
<i>Forfrugt gulerødder</i>									
Antal forsøg	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Grundgødet	0	11,2	18,8	0	10,6	32	22,1		
40 N	0	9,8	15,1	0	10,3	50	13,4	10,0	9,7
80 N	0	10,1	24,0	0	10,3	61	21,1	15,0	14,7
120 N	0	10,6	33,9	0	10,5	73	28,7	19,9	19,9
160 N	0	11,6	36,1	0	11,1	78	29,6	18,1	19,0
200 N	0	12,5	39,2	1	11,4	86	33,1	19,0	20,5
LSD						15	13,5		
					2014-2018		2019		
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha					17 (13-22)		71 (40-96)		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha					181 (145-2018)		143 (79-183)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha					40,8 (27,3-54,3)		31,9 (14,6-46,3)		
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha					181 (145-218)		144 (79-183)		
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.					12,0 (11,9-12,1)		10,8 (10,0-11,5)		
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.					12,0 (11,9-12,1)		10,7 (10,1-11,2)		
					2019		2019		
Forfrugt	Sukkerraer			Vinterraps					
Antal forsøg	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Grundgødet	0	9,7	49,2	2	9,8	82	61,7		
40 N	0	9,5	17,8	6	10,9	98	4,7	1,4	3,5
80 N	0	10,2	27,1	7	11,9	108	5,3	-0,6	3,5
120 N	1	10,7	31,5	6	12,9	114	3,5	-5,1	0,9
160 N	1	11,9	33,1	7	13,5	116	1,5	-9,7	-2,7
200 N	2	12,4	34,4	6	12,9	112	2,4	-11,4	-5,5
LSD									
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha			59				37		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha			137				36		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha			34,1				4,6		
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha			159				59		
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.			11,2				10,7		
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.			11,5				11,4		

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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

forsøgene er omtalt under afsnittet om efterafgrøder. I forsøgene indgår tilførsel af 0, 60, 120 og 180 kg kvælstof pr. ha, hvorudfra kvælstofbehovet kan beregnes. Kvælstofbehovet uden korrektion af afregningsprisen for protein er bestemt til 124 og 119 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden olieræddike efteråret før.

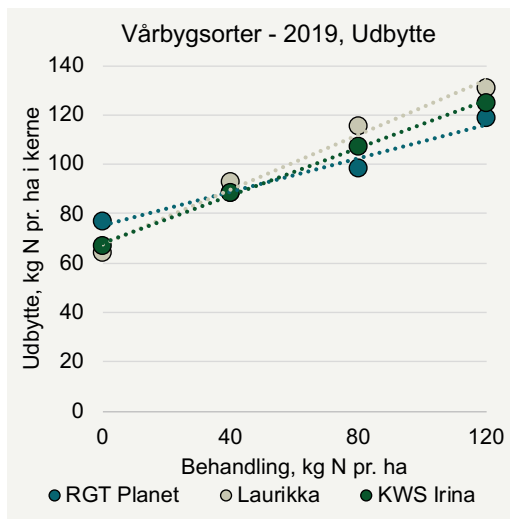
Sortsforskelle i kvælstofudnyttelse

Ét forsøg med stigende mængder kvælstof til vårbyg er gennemført i tre forskellige sorter for at undersøge, om marginaloptagelsen af kvælstof og kvæstofeffektiviteten varierer mellem sorterne. Forsøget indgår i et EU-projekt kaldet BARISTA med Københavns Universitet og udenlandske partnere, og skal give datagrundlag for kalibrering af vårbygmodulet i jord- og afgrødemodellen DAISY.

I forsøget har Laurikka en marginaloptagelse af kvælstof på 55 procent i kerne beregnet ud fra optagelsen ved tilførsel fra 0 til 120 kg kvælstof pr. ha, og er den sort med størst marginaloptagelse. Se figur 2. Ved tilførsel af 120 kg kvælstof pr. ha er bortførslen i kerne større end tilførslen, og dermed er kvæstofeffektiviteten over 100 procent. Kvæstofeffektiviteten beregnes som tilførsel/bortførsel x 100.

Kvælstof til havre

I fem forsøg med stigende mængder kvælstof til havre er bestemt et kvælstofbehov på 101 og 104 kg kvælstof pr.



FIGUR 2. Sammenhæng mellem tilførsel af kvælstof og kvæstofudbytte i tre vårbygsorter.

ha henholdsvis med og uden korrektion for proteinindhold. Se tabel 2.

Forsøgene er fordelt på JB 3 til 7. Forfrugten har været korn i tre forsøg og vinterraps og sukkerroer i ét forsøg. To af forsøgene er tildelt en betydelig kvælstofmængde i husdyrgødning i årene forud. Kvælstof er tildelt før såning.

TABEL 2. Stigende mængder kvælstof til havre. (N3)

Havre	2014-2018			2019					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	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 ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>									
<i>Antal forsøg</i>	16	16	16	5	5	5	5	5	5
Grundgødet	1	10,1	33,5	0	10,9	74	49,7		
40 N	1	8,8	13,2	1	11,2	90	9,1	5,6	7,5
80 N	2	9,5	19,1	1	11,6	102	15,1	8,7	11,9
120 N	4	10,3	21,3	2	11,6	106	17,5	8,3	11,8
160 N	5	10,5	21,0	2	12,1	109	16,8	4,7	9,2
200 N	-	-	-	2	12,5	115	17,7	2,9	8,4
LSD						11	6,4		
					2014-2018		2019		
<i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>					43 (19-71)		52 (34-63)		
<i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>					94 (46-135)		101 (42-156)		
<i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>					22,0 (8,4-39,8)		18,8 (6,9-28,7)		
<i>Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha</i>					108 (72-130)		105 (47-157)		
<i>Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.</i>					9,6 (9,1-10,4)		11,6 (11,0-12,0)		
<i>Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.</i>					10,0 (8,9-12,0)		11,6 (11,1-11,9)		

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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

Udbyttet uden tilførsel af kvælstof er betydeligt højere end i de foregående år, mens merudbyttet for kvælstoftildeling er lidt lavere. Udbyttene ligger i 2019 betydeligt over de foregående år. Kvælstofbehovet er lavest i forsøget med vinterraps som forfrugt. I ét forsøg med forfrugt korn er udbyttene lavt, hvilket resulterer i et lavt kvælstofbehov. Kvælstofbehovet ligger på linje med behovet i de ældre forsøg, og bekræfter, at have har et relativt lavt kvælstofbehov sammenlignet med vårbyg. Proteinindholdet er betydeligt højere i 2019 end i de foregående år. Forsøgsresultaterne viser, at kvælstofforsyningen fra jorden har været betydeligt højere i 2019 end i de foregående år.

Kvælstof til vinterbyg

I seks forsøg i vinterbyg på lerjord med korn som forfrugt er der bestemt et kvælstofbehov på 123 og 157 kg pr. ha henholdsvis uden og med korrektion for proteinindhold. Se tabel 3. Det er et betydeligt lavere kvælstofbehov end i årene forud. To af de seks forsøg er tildelt husdyrgødning i årene forud.

Alle forsøgsled bortset fra det ugødede er tildelt 50 kg kvælstof pr. ha fra den 8. marts til den 26. marts. Resten af kvælstofmængden er tildelt fra den 8. april til 27. april.

Udbyttet uden tilførsel af kvælstof er betydeligt højere end i årene forud, mens merudbyttet for tilførsel af kvælstof er lidt mindre. Proteinindholdet er ved samme kvæ-

stofniveau ca. 1 procentenhed højere end i årene før. Det tyder på, at jorden har stillet mere kvælstof til rådighed for afgrøden end normalt, og at afgrøden har kunnet udnytte det på grund af gode vækstbetingelser i efteråret.

I ét af forsøgene er der ikke opnået udslag for tilførsel af kvælstof. Dette forsøg er tildelt 19 kg kvælstof pr. ha i svovlsur ammoniak ved såning om efteråret, og forsøget er tildelt husdyrgødning jævnligt i årene forud.

Kvælstof til vinterhvede

I ni forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede med korn som forfrugt er der bestemt et kvælstofbehov på 163 og 206 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion for proteinindhold. Tilsvarende er der bestemt et kvælstofbehov i otte forsøg med forfrugt vinterraps på 155 og 188 kg og i to forsøg med hestebønner som forfrugt 217 og 228 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion af afregningsprisen for protein.

Tidspunkter for tilførsel af kvælstof er ændret i forsøgene i forhold til tidligere år. I alle forsøgsled undtaget det grundgødede led er der tilført 50 kg kvælstof pr. ha ved begyndende vækst i sidste halvdel af marts. I forsøgsled med tilførsel af mere end 150 kg kvælstof pr. ha er kvælstoftilførslen sket ad tre gange, og der er tilført 50 kg i stadiet 37 medio maj. Resten er tilført i stadiet 30 medio april. I tidligere års forsøg er vinterhveden i alle forsøgsled færdiggødsket medio april.

TABEL 3. Stigende mængder kvælstof til vinterbyg. (N4)

Vinterbyg	2014-2018		2019					
	Procent råprotein i kernetørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	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 ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>								
<i>Antal forsøg</i>	14	14	6	6	6	6		
<i>Grundgødet</i>	8,7	34,7	0	10,1	70	51,5		
50 N	8,6	15,5	0	9,6	85	13,7	9,6	8,6
100 N	9,7	26,9	1	10,6	111	25,9	18,5	19,7
150 N	11,1	32,3	1	11,9	131	28,9	18,1	22,9
200 N	12,1	34,9	1	13,2	144	28,8	14,6	22,6
LSD					20	9,5		
				2014-2018		2019		
<i>N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>				28 (13-48)		39 (19-66)		
<i>Optimale N-mængder, kg N pr. ha</i>				138 (0-202)		123 (0-194)		
<i>Merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>				34,2 (0-77,5)		30,3 (0-51,0)		
<i>Proteinindhold ved ikke prot.korr. optimum</i>				10,6 (6,6-12,2)		11,5 (10,6-13,1)		
<i>Optimal N-mængde korr. for protein</i>				169 (0-238)		157 (0-242)		
<i>Proteinindhold ved prot.korr. optimum</i>				11,8 (6,6-16,1)		12,9 (10,8-15,7)		

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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

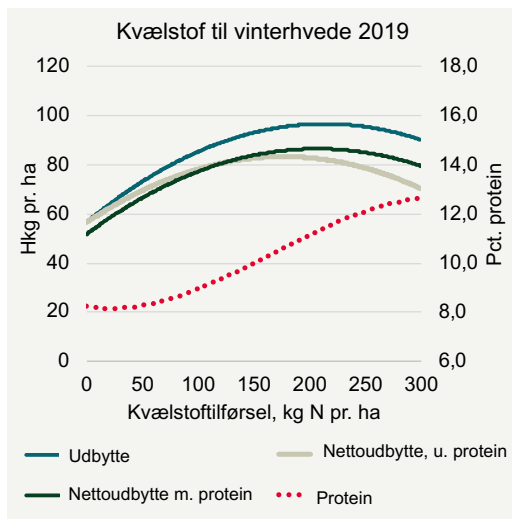
Forfrugt korn

Forsøgene er gennemført på JB 4-9. Halvdelen af forsøgene ligger på arealer, hvor der i de tidligere år er tilført husdyrgødning.

Før første gødningstildeling i marts er der målt et lidt højere N-min-indhold i jorden end i de foregående år. Udbyttet uden tilførsel af kvælstof er meget højt i forhold til tidligere år. Det skyldes formentlig en stor optagelse af kvælstof i efterårsperioden. Udslaget for tilførsel af kvælstof er mindre end i de tidligere år. Udbyttet ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde er 94,9 hkg pr. ha eller godt fem hkg større end i de foregående år. Ved samme kvælstofniveau er proteinprocenten 0,6 procentenheder højere i 2019 end i foregående år.

Udnyttelsen af det tilførte kvælstof (marginaloptagelsen i kerne) er beregnet til 48 procent ved en kvælstoftilførsel op til 200 kg pr. ha, hvilket er på linje med de foregående år. Men på grund af den meget høje optagelse af kvælstof i det ugødede led bliver kvælstofoverskuddet, det vil sige forskellen mellem tilført og bortført kvælstof, mindre i 2019 end i de foregående år. Se figur 3.

Kvælstofbehovet uden proteinkorrektion er bestemt til 163 kg pr. ha eller 24 kg kvælstof pr. ha mindre end i årene forud. Med proteinkorrektion er kvælstofbehovet bestemt til 206 kg kvælstof pr. ha.



FIGUR 3. Udbytter, nettoudbytte og proteinindhold i 9 forsøg i vinterhvede med forfrugt korn i 2019.

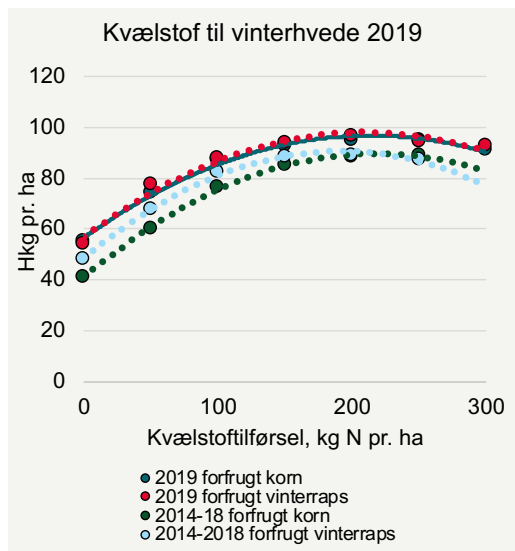
Forfrugt vinterraps

Forsøgene er gennemført på JB 3-7. I tre af forsøgene er tildelt betydelige mængder husdyrgødning i årene forud. Ved vækstsæsonens begyndelse er målt et lidt højere N-min-indhold i jorden end i årene forud. Udbyttet uden tilførsel af kvælstof er lidt højere i 2019 end i tidligere år. Udslaget for tilførsel af kvælstof er på samme niveau som i tidligere år. Ved tilførsel af over 200 kg kvælstof pr. ha er der observeret kraftig lejesæd i tre af forsøgene. Proteinindholdet ligger i 2019 på linje med de foregående år.

Kvælstofbehovet er beregnet til 155 og 188 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden proteinkorrektion.

Andre forfrugter

I to forsøg med forfrugt hestebønner på JB 6 er der opnået et særdeles højt udbytte i forsøgsleddet uden tilførsel af kvælstof, men samtidigt også et stort udslag for tilført kvælstof. Udbyttet ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde er således 116 hkg pr. ha. Kvælstofbehovet er beregnet til henholdsvis 223 og 266 kg kvælstof med og uden proteinkorrektion. Forsøgene viser, at der er en stor forfrugtsvirkning af hestebønner, og hvis udbyttepotentialet samtidigt er stort, er kvælstofbehovet også stort.



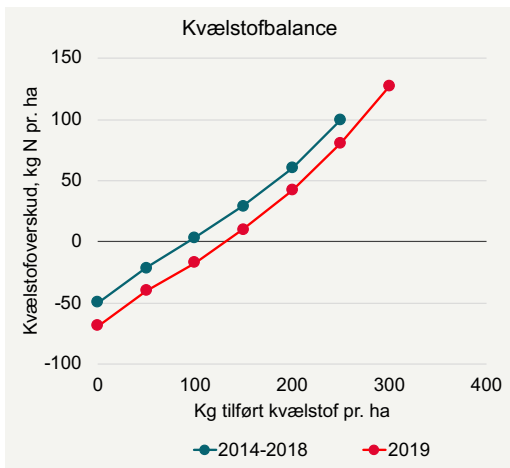
FIGUR 4. Udbytter ved stigende kvælstoftilførsel til vinterhvede 2019 og 2014-2018 med forfrugt korn og forfrugt vinterraps.

TABEL 4. Stigende mængder kvælstof til vinterhvede. (N5, N6, N7)

Vinterhvede	2014-2018			2019					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>									
Antal forsøg	77	77	77	9	9	9	9	9	9
Grundgødet	0	8,0	41,3	0	8,3	69	55,5		
50 N	0	7,9	19,1	1	8,1	90	18,8	14,9	14,5
100 N	0	8,5	35,1	1	9,0	117	31,8	24,6	26,5
150 N	1	9,5	43,6	2	10,1	140	37,5	27,2	32,3
200 N	2	10,6	47,2	2	11,2	158	39,2	25,7	34,0
250 N	2	11,3	47,6	2	12,0	169	39,3	22,5	33,2
300 N					12,7	173	35,8	15,8	28,0
LSD						11	6,2		
				2014-2018		2019			
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha				34 (8-100)		38 (15-100)			
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha				187 (96-290)		163 (95-204)			
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha				48,4 (22,1-78,4)		39,4 (20,1-61,1)			
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha				10,1 (8,0-11,8)		10,3 (9,2-11,1)			
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.				213 (124-300)		206 (134-300)			
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.				10,7 (8,2-12,7)		11,3 (10,0-14,0)			
<i>Forfrugt vinterraps</i>									
Antal forsøg	37	37	37	8	8	8	8	8	8
Grundgødet	0	8,3	48,2	0	8,3	68	54,5		
50 N	0	8,2	19,6	1	8,3	96	23,2	19,3	19,2
100 N	1	9,0	34,0	0	9,1	120	33,5	26,4	28,6
150 N	1	10,0	40,3	1	10,2	143	39,3	29,0	34,3
200 N	3	11,2	40,7	2	11,2	161	42,3	28,7	37,1
250 N	4	11,7	39,3	3	11,9	167	39,8	23,0	33,1
300 N				4	12,6	174	38,1	18,1	30,1
LSD						11	6,1		
				2014-2018		2019			
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha				32 (9-100)		37 (12-60)			
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha				158 (5-249)		155 (122-204)			
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha				43,0 (0,9-91,0)		41,2 (27,3-59,3)			
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha				10,0 (7,6-12,1)		10,2 (9,0-11,4)			
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.				187 (37-300)		188 (141-289)			
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.				10,6 (8,5-12,9)		10,9 (9,2-13,1)			
				2019		2019			
Forfrugt	Hvidkløver			Hestebønner					
Antal forsøg	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Grundgødet	8,4	60,6	0	8,9	85	64,6			
50 N	9,2	23,9	0	8,9	108	16,6	12,7	12,8	
100 N	9,8	27,2	0	8,8	128	32,4	25,3	25,2	
150 N	10,8	31,9	0	10,0	161	43,5	33,2	36,9	
200 N	11,8	28,9	0	11,2	188	48,6	35,0	42,9	
250 N	12,5	39,2	1	12,0	210	53,3	36,5	47,6	
300 N	12,2	25,6		12,6	220	51,9	31,9	45,3	
LSD					11	4,0			
				2019		2019			
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha				58		37 (32-42)			
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha				138		223 (217-228)			
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha				32,6		51,7 (49,9-54,4)			
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha				10,4		11,4 (10,9-11,9)			
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.				138		266 (257-276)			
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.				10,4		12,7 (11,9-13,4)			

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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



FIGUR 5. Kvælstofbalance ved stigende tilførsel af kvælstof til vinterhvede med korn som forfrugt i 2019 og 2014-18. Kvælstofoverskuddet er ved normal tilførsel af kvælstof lavere i 2019 end i årene forud. Hvis halmen fjernes, reduceres kvælstofoverskuddet ved tilførsel af 150-200 kg kvælstof 20-30 kg kvælstof pr. ha.

I ét forsøg med hvidkløver til frø som forfrugt er opnået et højt udbytte uden tilførsel af kvælstof. I dette forsøg er bestemt et kvælstofbehov på 138 kg kvælstof pr. ha både med og uden korrektion for proteinindhold. Ved tilførsel af større kvælstofmængder er udbyttet begrænset af lejesæd.

I ét forsøg med konservesærter på JB 7 som forfrugt er bestemt et kvælstofbehov på henholdsvis 209 og 212 kg kvælstof pr. ha med og uden korrektion for protein ved et udbytte på 106 hkg pr. ha.

Kvælstof til vinterrug

I fire forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterrug er bestemt et kvælstofbehov på 99 og 124 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion for proteinindhold. Se tabel 5.

Forsøgene er fordelt på JB 1-4, og forfrugten har været korn i alle forsøg. Alle forsøg blev tildelt husdyrgødning i de foregående år. Kvælstof er bortset fra det ugødede forsøgsled tildelt med 40 kg pr. ha ultimo marts og resten medio april.

Udbyttet uden tilførsel af kvælstof er betydeligt højere end i de foregående år, mens merudbyttet for kvælstoftildeling er betydeligt lavere. Kvælstofbehovet uden proteinkorrektion er således 51 kg pr. ha mindre end årene forud. Det meget lavere kvælstofbehov skyldes ikke et højere N-min-indhold ved forårets begyndelse, men formentlig en meget god udvikling og stor kvælstofoptagelse i efteråret.

TABEL 5. Stigende mængder kvælstof til vinterrug. (N8)

Vinterrug	2014-18			2019					
	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
<i>Forfrugt korn</i>									
Antal forsøg	17	17	17	4	4	4	4	4	4
Grundgødet	0	8,2	41,4	0	8,2	58	52,7		
40 N	0	7,6	17,7	0	7,9	72	14,3	10,7	10,1
80 N	1	7,9	31,0	0	8,4	86	22,4	16,0	16,7
120 N	1	8,4	38,6	1	9,2	97	24,7	15,5	18,3
160 N	2	9,1	40,7	1	9,9	106	26,5	14,4	18,9
200 N	2	9,6	43,4	1	10,4	109	24,2	9,3	15,2
LSD						7	8,1		
					2014-2018		2019		
Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha					29 (5-100)		20 (12-29)		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha					150 (69-222)		99 (74-122)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha					43,2 (13,7-64,0)		24,8 (8,4-46,5)		
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha					8,9 (7,5-11,3)		8,8 (7,9-9,2)		
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.					167 (74-247)		124 (103-142)		
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.					9,3 (7,8-11,0)		9,3 (8,1-10,3)		

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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

Kvælstof til vinterraps

I fire forsøg på lerjord i vinterraps er den optimale kvælstofmængde for kvælstof tilført om foråret bestemt til 111 kg kvælstof pr. ha. I tre af forsøgene er tilført 30-40 kg kvælstof i handelsgødning om efteråret, mens ét af forsøgene er tildelt 120 kg kvælstof i sogylle. Forsøgene er sået den 16.-20. august, og vinterrapsen bedømmes ud fra fotos af afgrøden i foråret at have haft en betydelig større kvælstofoptagelse om efteråret end normalt. Ved vækstperiodens begyndelse var mængden af tilgængeligt kvælstof i rodzonen (N-min) lidt større end normalt.

Udbyttet i det grundgødede forsøgsled er betydeligt større end normalt, mens merudbyttet for tildeling af kvælstof er mindre. Kvælstofbehovet er derfor betydeligt lavere end i foregående år. Det skyldes formentlig den store kvælstofoptagelse i efteråret. I forsøget med tilførsel af 120 kg totalkvælstof i sogylle om efteråret har der ikke været behov for tildeling af ekstra kvælstof om foråret til trods for, at en N-min-måling om foråret ikke viste et højere indhold end normalt. Forklaringen på det lave kvælstofbehov i 2019 er, at kvælstofoptagelsen i vinterrapsen i efteråret 2018 har været usædvanlig høj på grund af tidlig såning, gode vækstbetingelser i efteråret samt måske ikke udnyttet kvælstof fra forfrugten på grund af tørken i 2018.

Sammendrag af forsøg med stigende mængder kvælstof i 2019

Det er karakteristisk for alle de afgrøder, hvor der er gennemført forsøg med stigende mængder kvælstof i 2019, at udbytter uden tilførsel af kvælstof er betydeligt større end i de foregående år. Det skyldes, at N-min-indholdet ved vækstsæsonens begyndelse generelt også er større end i de foregående år. Se tabel 7. For vintersæd og vinterraps kan det høje udbytte uden tilførsel af kvælstof

TABEL 6. Stigende mængder kvælstof til vinterraps om foråret. (N8)

Vinterraps	2014-2018			2019		
	Lejesæd v. høst (0-10) ¹⁾	Udb. og merudb., hkg frø pr. ha	Lejesæd v. høst (0-10) ¹⁾	Pct. olie i frø	Udb. og merudb., hkg frø pr. ha	Nettomerudbytte, hkg frø pr. ha
<i>Antal forsøg</i>	13	13	4	4	4	4
1. Grundgødet	0	28,3	1	51,9	43,7	
2. 50 kg N forår	0	5,8	1	51,4	4,4	3,1
3. 100 kg N forår	0	9,5	1	51,0	7,4	4,9
4. 150 kg N forår	0	12,6	1	49,7	8,1	4,6
5. 200 kg N forår	0	13,9	1	49,6	8,4	3,8
6. 250 kg N forår	0	14,6	1	48,7	9,3	3,6
LSD					2,7	

	2014-2018	2019
<i>N-min i rodzonen</i>	33 (15-53)	41 (35-49)
<i>Optimal N forår, kg pr. ha</i>	165 (0-278)	111 (0-206)
<i>Merudbytte for optimal N, hkg/ha</i>	14,1 (0-35,0)	8,5 (0-15,8)

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

også skyldes en større optagelse i efteråret 2018 end normalt på grund af de gode vækstforhold i efteråret. Merudbytterne for at tilføre kvælstof er tilsvarende mindre i 2019 end i de foregående år, selvom det opnåede udbytte ved tilførsel af en kvælstofmængde svarende til kvælstofbehovet i 2019 er betydeligt større end normalt. Den relative lave kvælstofrespons i 2019 resulterer i, at kvælstofbehovet er 10-50 kg kvælstof pr. ha mindre end normalt.

Oversigt over forsøg med stigende mængder kvælstof

I tabel 8 ses et sammendrag af flere års forsøg med kvælstof til forskellige afgrøder. For alle år er kvælstofbehovet beregnet ved de priser for afgrøder og kvælstof, som er angivet sidst i Oversigt over Landsforsøgene 2019. Hvis prisrelationerne ændres, så der skal avles 1 kg korn mere

TABEL 7. Stigende mængder kvælstof i 2019 sammenlignet med årene før.

Afgrøde	2019							2014-2018						
	Antal forsøg	N-min, kg /ha	Udbytte, ugødet, hkg pr. ha	Merudbytte v. optimum, hkg/ha	Protein i kerne ved optimum, procent	Optimum, uden protein-korrektion, kg N/ha	Optimum m. protein-korrektion, kg N/ha	Antal forsøg	N-min, kg /ha	Udbytte, ugødet, hkg pr. ha	Merudbytte v. optimum, hkg/ha	Protein i kerne ved optimum, procent	Optimum, uden protein-korrektion, kg N/ha	Optimum, med protein-korrektion, kg N/ha
Vårbyg	11	59	44,8	31,9	10,9	118	139	59	51	39,2	31,5	10,9	134	153
Havre	5	52	49,7	18,8	11,6	101	105	-	-	-	-	-	-	-
Vinterbyg	6	39	51,5	30,3	11,5	123	157	15	27	35,2	34,5	10,5	136	167
Vinterhvede	21	40	56,6	41,1	10,4	167	202	135	32	44,0	47,5	10,0	177	204
Vinterrug	4	20	52,7	24,8	8,8	99	124	17	29	41,4	43,2	8,9	150	167
Vinterraps	4	41	43,7	8,5	-	111	-	13	33	28,3	14,2	-	167	-

TABEL 8. 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	2010-2019	Korn	1-4	Nej	9	37	45,0	12,9	20,5	25,4	26,2	27,5	72,4	133	162
Vårbyg	2010-2019	Korn	1-4	Ja	10	37	33,9	12,2	18,8	23,7	23,9	24,0	58,1	115	142
Vårbyg	2010-2019	Korn	5-6	Nej	12	58	37,6	11,6	19,3	24,2	26,5	27,7	65,4	141	159
Vårbyg	2010-2019	Korn	5-6	Ja	15	58	39,2	14,8	23,1	27,6	29,6	29,5	69,2	123	146
Vårbyg	2010-2019	Korn	7-9	Nej	9	53	39,4	15,7	26,8	32,9	36,2	35,2	75,3	135	149
Vårbyg	2010-2019	Sukkerroer	7-9	Nej	9	49	42,1	16,7	28,1	33,9	37,5	37,6	79,1	145	163
Vårbyg	2010-2019	Kartofler	1-4	Nej	14	27	25,8	14,9	23,7	28,8	31,6	31,5	59,7	133	157
Vårbyg	2010-2019	Kløvergræs	1-4	Nej	12	48	50,7	1,5	0,6	0,3	-1,7	-	53,3	25	35
Vårbyg	2010-2019	Majshelsæd	1-4	Nej	10	42	45,1	12,0	20,6	25,5	31,3	-	78,4	164	184
Havre	2002-2019	Korn	Alle	Ja/nej	17	46	38,9	12,5	18,1	20,3	19,8	-	59,9	93	-
Vinterrug	2010-2019	Korn	Alle	Ja/nej	20	23	43,5	17,8	30,0	36,0	38,2	39,5	83,1	138	156
							Handelsgødning, kg N pr. ha								
							0	50	100	150	200	250			
Vinterhvede	2010-2019	Korn	1-4	Nej	7	31	37,1	17,3	32,1	38,8	42,0	41,7	80,2	166	196
Vinterhvede	2010-2019	Korn	1-4	Ja	29	32	36,7	18,5	33,9	41,0	41,6	40,5	79,4	160	185
Vinterhvede	2010-2019	Korn	5-6	Nej	27	42	45,6	21,6	37,2	46,8	51,9	52,1	98,0	196	225
Vinterhvede	2010-2019	Korn	5-6	Ja	27	32	41,8	18,8	34,2	42,1	45,7	47,4	89,2	191	218
Vinterhvede	2010-2019	Korn	7-9	Nej	23	35	43,8	20,9	38,6	49,2	54,9	57,1	100,2	206	230
Vinterhvede	2010-2019	Korn	7-9	Ja	10	42	46,6	16,4	29,1	35,4	36,4	37,6	83,2	167	202
Vinterhvede	2010-2019	Raps	1-4	Ja/nej	31	27	45,7	19,4	33,2	38,1	38,2	35,4	85,5	145	170
Vinterhvede	2010-2019	Raps	5-9	Nej	14	44	51,5	20,8	33,9	41,2	43,8	44,3	95,7	171	213
Vinterhvede	2010-2019	Raps	5-9	Ja	16	44	55,7	20,0	32,7	39,3	40,9	41,3	98,2	166	196
Vinterhvede	2010-2019	Bælgsæd	5-9	Ja/nej	8	46	60,2	18,4	32,8	41,2	45,1	45,4	106,3	181	223
Vinterbyg	2010-2019	Korn	1-4	Ja/nej	16	27	35,7	17,4	29,4	34,9	36,1	-	72,6	141	177
Vinterbyg	2010-2019	Korn	5-9	Ja/nej	18	39	32,8	18,6	32,4	38,2	40,9	-	73,4	150	176
Triticale	1995-2017	Alle	1-4	Nej	30	28	24,3	14,6	24,0	27,2	27,2	28,0	52,9	140	165
Vinterraps ¹⁾	2009-2018	Korn	1-4	Ja	11	38	31,4	35,5	38,6	40,4	41,5	42,2	41,6	144	-
Vinterraps ¹⁾	2009-2018	Alle	5-9	Ja/nej	9	33	32,4	38,8	42,6	45,6	46,9	48,2	47,9	162	-
							Udb. og merudb., kg frø pr. ha						kg frø pr. ha		
							0	40	80	120	160	200			
Alm. rajgræs ²⁾	Alle	1-9	Ja/nej	16			537	291	528	674	730	721	1.211	149	
							0	20	40	60					
Rødsvingel ^{2),3)}	Alle	1-9	Ja/nej	19			1.040	86	137	181					
							100	130	160	190					
Engragræs ²⁾	Alle	1-9	Ja/nej	10			1.129	110	140	113					
							Udb. og merudb., hkg sukker pr. ha						hkg sukker pr. ha		
Sukkerroer ²⁾	Alle	4-7	Ja/nej	12			97,5	23,4	31,9	34,4	33,2				
							Udb. og merudb., hkg knolde pr. ha						hkg knolde pr. ha		
							0	50	100	150	200	250			
Kartofler ²⁾	Alle	1-4	Ja/nej	15	30		347	72	121	154	176	191	554	232	
							Udbytte og merudb., afgrodeenh. pr. ha						Afgrodeenh. pr. ha		
							0	50	100	150	200	250			
Majshelsæd ⁴⁾	2008-2017	Korn	1-3	Ja	16	41	99,8	11,7	17,1	21,7	21,2	24,9	122,5	148	
Majshelsæd ⁴⁾	2008-2017	Alle	4-9	Ja	8	46	87,2	11,2	15,0	16,3	16,9	12,1	105,5	135	

¹⁾ Vinterraps: Efterårstilførsel af kvælstof ikke medregnet.

²⁾ Kopi fra Oversigt over Landsforsøgene 2013.

³⁾ Rødsvingel er tildelt cirka 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.

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

for at "betale" 1 kg kvælstof, falder den økonomisk optimale kvælstofmængde med cirka fem kg kvælstof pr. ha. For grovfoder er værdien af protein generelt indregnet i kvælstofbehovet, mens det ikke er relevant i vinterraps, frøgræs, kartofler og sukkerroer. Hvis protein i korn har en værdi svarende til 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg, stiger den optimale kvælstofmængde med 25-30 kg kvælstof pr. ha i forhold til uden korrektion for proteinindhold.

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 de 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. Der kan også være tilført op til 20 kg kvælstof om efteråret i vintersæd.

Jordtypen har stor indflydelse på udbyttet, men i langt mindre grad på kvælstofbehovet. Det skyldes, at det generelt større udbytte på lerjorde modsvares 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 forfrugtsvirkning 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 fastsættelse af kvælstofbehovet er forfrugt, dyrkningshistorie inklusive 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.

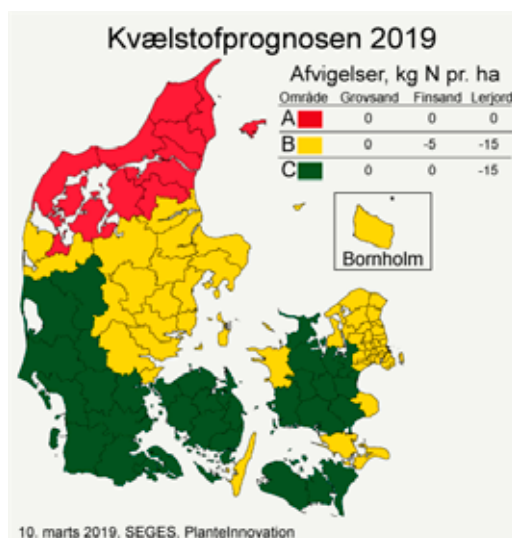
Kvælstofprognosen

> **ASHLEY MONTCALM** OG **LEIF KNUDSEN**, SEGES

Kvælstofprognosen for 2019 er beregnet på grundlag af målinger af N-min i jorden på 133 marker i Kvadratnettet

TABEL 9. Kvælstofprognosen 2019. Prognosen angiver afvigelser fra det normale behov for tilførsel af kvælstof (kg kvælstof pr. ha). Områdeindelingen fremgår af figur 6.

Område	Grovsand	Finsand	Lerjord
	JB 1 og 3	JB 2 og 4	JB over 4
Område A	0	0	0
Område B	0	-5	-15
Område C	0	0	-15



FIGUR 6. Områdeinddeling til kvælstofprognosen 2019. Inddeling af landet i de tre områder er foretaget på grundlag af afvigelse i nedbøren i perioden fra september 2018 til februar 2019 i forhold til perioden 2007 til 2018.

i februar måned 2019 suppleret med modelberegninger. I 2019 er kvælstofbehovet fra 0 til 15 kg kvælstof pr. ha mindre end normalt (gennemsnittet af de foregående 11 år) afhængigt af kommune og jordtype (se tabel 9). Inddelingen af landet i områder er foretaget på grundlag af afvigelser i nedbørsmængden i perioden fra september 2018 til udgangen af februar 2019 i forhold til samme periode i årene 2008-2018. På landsplan har kvælstofprognosen resulteret i et kvælstofbehov, der er knap 10.000 tons eller omkring 3,9 kg N pr. ha mindre end normalt.

I 2019 kom der i første halvdel af marts 50-70 mm mere nedbør end normalt. For at kontrollere, om dette har haft afgørende indflydelse på kvælstofprognosen, har SEGES gendtaget N-min-prøver fra 21 af de 133 marker, der var grundlaget for prognosen. Prøverne

TABEL 10. Resultatet af N-min-analyser begyndelsen af februar og i slutningen af marts.

Jordtype	Bevoksning	Antal	N-min, febr.	N-min, marts	Forskel, kg pr. ha (marts-febr.)
			kg pr. ha	kg pr. ha	
Alle	Alle	21	48	44	-3
JB 2+4	Ubevokset	7	25	25	0
JB 5-9	Ubevokset	7	60	69	9
JB 5-9	Vinterhvede	7	58	40	-18

blev genudtaget sidst i marts. Ingen af markerne er tilført gødning mellem de to prøveudtagningstidspunkter.

Resultaterne af de 21 N-min-prøver udtaget sidst i marts på samme marker, hvor der blev udtaget N-min-prøver til kvælstofprognosen i begyndelsen af februar, viser et fald på 3 kg kvælstof pr. ha i perioden (se tabel 10). Undersøgelsen giver ikke entydig mulighed for at opdele udvikling i N-min på ekstra mineralisering i jorden, ekstra udvaskning, denitrifikation eller optagelse i vintersæd. Men resultaterne tyder på, at udviklingen i N-min er tæt på det forventede, og at grundlaget for kvælstofprognosen 2019 ikke rykkes væsentligt på trods af 50-70 mm ekstra nedbør i første halvdel af marts. På JB 5-9 på bevoksede arealer er der sket et fald i N-min på 18 kg kvælstof pr. ha fra februar til marts (se tabel 10). Tabet ved udvaskning vil være lavere på bevokset jord end på ubevokset jord, og må derfor antages at have været beskedent. Det vurderes, at faldet i N-min hovedsageligt skyldes optagelse af kvælstof i vintersæden.

Multispektrale billeder og kvælstofoptagelse

> **ASHLEY MONTCALM, LEIF KNUDSEN, METTE KRAMER LANGGAARD OG MIKKEL MØLLER ØSTERHAAB, SEGES**

Traktorsensorer, droner og satellitter måler lyset, som reflekteres fra afgrøden på marken, hvilket er relateret til biomasse (udtrykt ved for eksempel NDVI eller NDRE). Variationen i biomasse kan anvendes til at graduere in-

put som udsæd, næringsstoffer og planteværn. Formålet med denne undersøgelse er at afdække, om multispektrale billeder fra blandt andet droner kan bruges til at bestemme kvælstofoptagelsen i vinterhvede, vårbyg og efterafgrøder gennem vækstsæsonen. Kvælstofoptagelsen i vinterhvede og vårbyg forventes at kunne bruges til at fastlægge restbehovet af kvælstof til afgrøden. Kvælstofoptagelsen i efterafgrøder kan anvendes til at vurdere den årlige effekt på udvaskning og eftervirkning. I praksis anvendes ofte NDVI- eller NDRE-målinger fra satellit. Satellitmålinger har ikke tilstrækkelig opløselighed til at kunne anvendes i parcelforsøg, hvorfor der i stedet anvendes målinger med droner. I dette kapitel belyses også sammenhængen mellem multispektrale satellit- og dronebilleder for at klarlægge, om resultater fra drone-målinger i landsforsøg kan oversættes til satellitmålt biomasse.

Multispektrale kamera monteret på satellit eller drone måler ikke nødvendigvis samme bølglængder/båndbredde eller i samme opløsning. Dronen, som anvendes i forsøgene, er monteret med et multispektralt kamera, som måler reflekterende lys i fem bånd. Se Oversigt over Landsforsøg 2018, side 198. Sentinel satellitterne måler 13 bånd fra 442 til 2.202 nm. Tabel 11 viser de spektrale bånd (bølglængder), som anvendes i eksempelvis CropManager og i Nordic Field Trial Systems til at beregne NDVI og NDRE ud fra henholdsvis satellit og drone. Satellitterne måler en bredere båndbredde, og de centrale bølglængder adskiller sig fra bølglængderne målt med drone. Blandt andet derfor kan NDVI eller NDRE

Vegetationsindeksene NDRE og NDVI mættes på et tidspunkt i vækstsæsonen. Mætning betyder, at indekserne ikke længere kan beskrive udviklingen i biomassen på marken. Biomassen og kvælstofoptagelsen i afgrøden kan altså stige, uden dette kan detekteres ud fra NDRE og NDVI.

TABEL 11. Spektrale bånd fra satellit og drone anvendt til vegetationsindeks.

Bånd navn	Satellit ¹⁾		Drone ²⁾		Vegetationsindeks som anvender bånd
	Central bølglængde (nm)	Båndbredde (nm)	Central bølglængde (nm)	Båndbredde (nm)	
Rød	664,6 - 664,9	31	668	10	NDVI
Red Edge	703,8 - 704,1	15 -16	717	10	NDRE
Infrarød (NIR)	832,8 - 832,9	106	840	40	NDVI og NDRE

¹⁾ Satellitbilleder kan komme fra to kameraer (S2A og S2B), hvorfor den centrale bølglængde og båndbredden kan variere. Forskellen vurderes at være ubetydelig.

²⁾ Dronen er påmonteret et multispektralt kamera fra MicaSense. Se Oversigt over Landsforsøgene 2018, side 198.

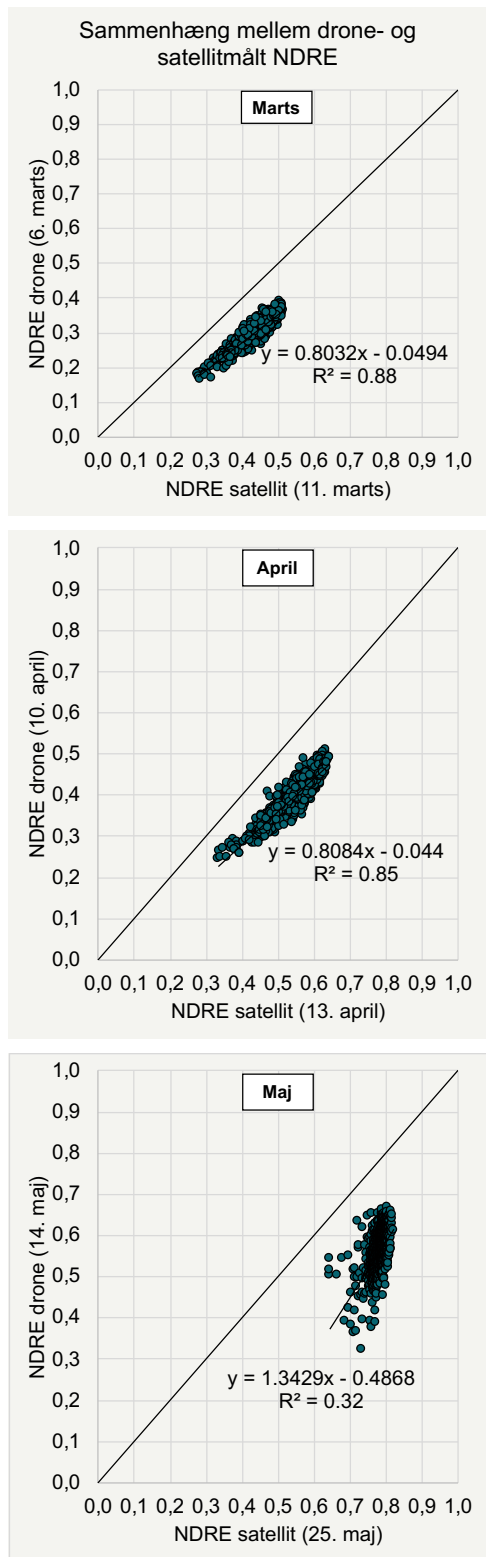
målt med drone eller satellit ikke direkte sammenlignes. Særligt båndet Red Edge, som anvendes i vegetationsindekset NDRE, målt med drone adskiller sig fra Red Edge målt med satellit.

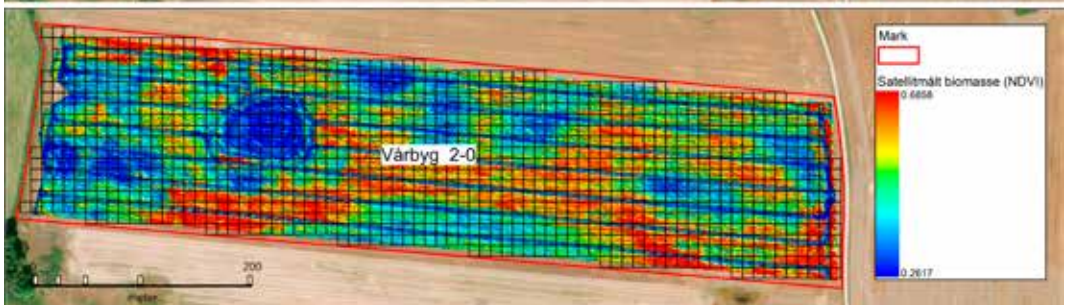
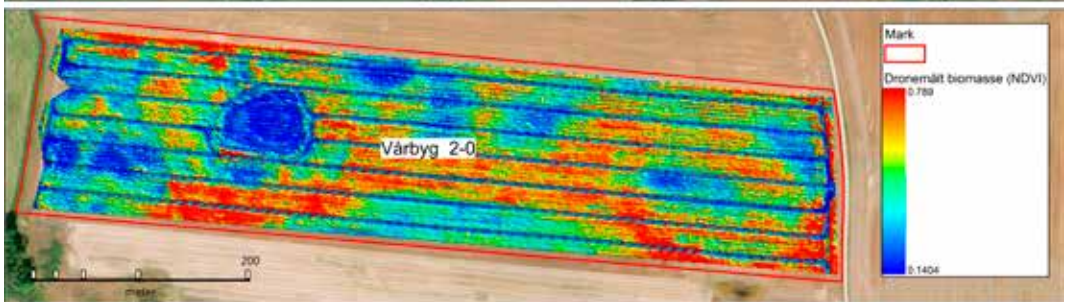
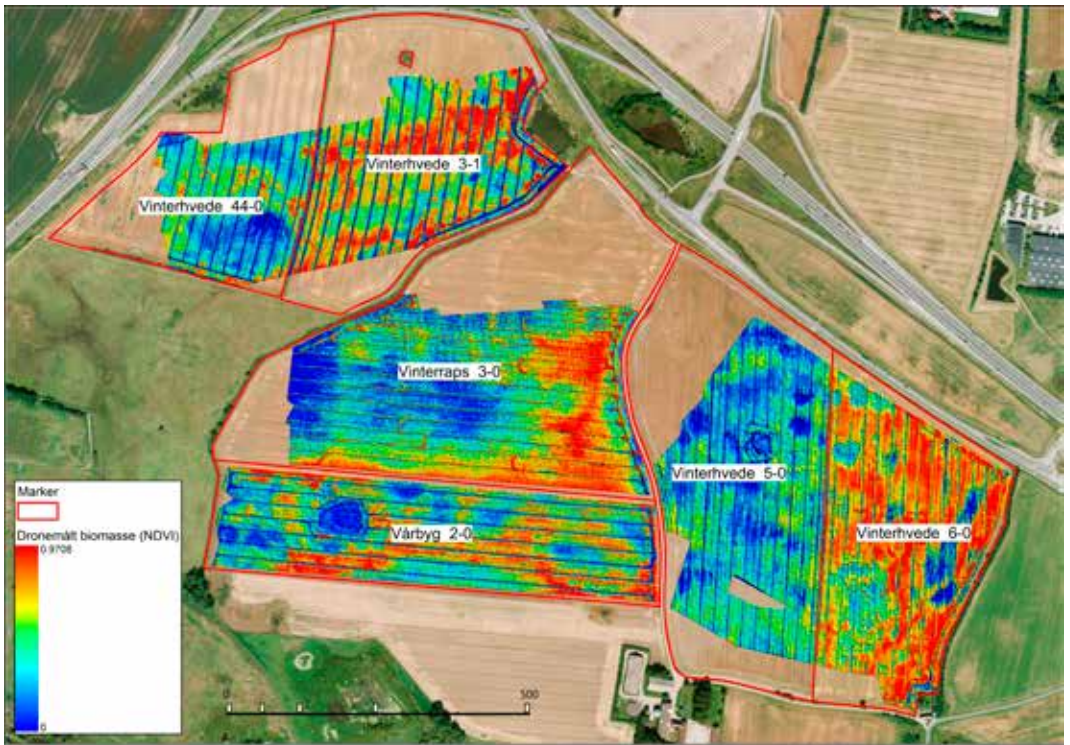
Sammenhæng mellem satellit og dronemålinger

I 2019 er fire marker med vinterhvede, én mark med vinterraps og én mark med vårbyg overfløjet med en drone monteret med et multispektralt kamera. Formålet har været at undersøge sammenhængen mellem NDRE/NDVI målt med drone og NDRE/NDVI målt med satellit. Markerne er overfløjet op til tre gange gennem vækstsæsonen. Der er hentet satellitbilleder fra markerne fra omkring samme tid, som dronemålingerne er udført, hvorefter data er sammenholdt (NDRE og NDVI). Se foto og tabel 12. I analysen er anvendt satellitbilleder med en opløsning på 10x10 meter og dronebilleder med en opløsning på 1x1 meter, hvilket resulterer i 901 til 2.204 observationer pr. mark.

Figur 7 viser NDRE målt med drone som funktion af NDRE målt med satellit i mark 44-0 og 3-1 med vinterhvede. Der er en god sammenhæng mellem drone- og satellitmålt NDRE start marts ($R^2 = 0,88$) og midt i april ($R^2 = 0,85$), mens der observeres en dårligere sammenhæng senere i vækstsæsonen midt i maj ($R^2 = 0,26$) formentlig på grund af mætning af NDRE på dette tidspunkt i vækstsæsonen, samt at satellitmålingen er foretaget 11 dage efter dronemålingen. NDRE målt med drone ligger konsekvent lavere end NDRE målt med satellit. Tabel 12 viser samme tendens i de andre marker med vinterhvede, vinterraps og vårbyg. Der ses ligeledes en god sammenhæng mellem NDVI målt med drone og NDVI målt med satellit i mark 5-0 og 6-0 i vinterhvede ($R^2 = 0,72$ til $0,94$). NDVI målt med drone ligger i samme niveau som NDVI målt med satellit start februar og midt april, hvilket kunne være et resultat af, at de spektrale bånd anvendt ved beregning af NDVI er mere sammenlignelige ved de to typer af sensorer i forhold til NDRE. I praksis tyder det på, at resultater fra droneoverflyvninger i landsforsøg kan oversættes til satellitmålinger i marken. Der kræves dog yderligere arbejde for at belyse problemstillingen,

FIGUR 7. NDRE målt med drone som funktion af NDRE målt med satellit primo marts, medio april og medio maj på mark 44-0 og 3-1 med vinterhvede. Sammenhængen mellem NDRE målt med drone og NDRE målt med satellit er sat i relation til 1:1 linjen.





Eksempel på Biomassemåling (NDVI) i fire marker med vinterhvede, en vinterrapsmark og en mark med vårbyg. Øverst ses forsøgsmarkerne samt NDVI målt med drone. De to nederste billeder viser marken med vårbyg. Første billede viser NDVI målt med drone i en opløsning på 1x1 meter henover marken. Andet billede viser NDVI målt med satellit i en opløsning på 10x10 meter. Der ses en god overensstemmelse mellem NDVI målt med drone og NDVI målt med satellit.

TABEL 12. Marker overfløjet med drone og satellit monteret med et multispektralt kamera samt dato og vækststadiet for overflyvning. Sidst i tabellen ses den lineære sammenhæng mellem drone- og satellit samt R2.

Marknummer	Afgrøde	Dato for dronebillede	Vækst-stadie	Dato for satellitbillede	Areal analyseret, ha ²⁾	Sammenhæng mellem drone og satellit ³⁾	R2
NDRE							
3-1 og 44-0	Vinterhvede	6. marts	29	11. marts ¹⁾	12,7 (1265)	$y = 0.8032x - 0.0494$	0,88
		10. april	31	13. april	13,5 (1351)	$y = 0.8084x - 0.044$	0,85
		14. maj	37	25. maj	16,2 (1620)	$y = 1.3429x - 0.4868$	0,32
5-0 og 6-0	Vinterhvede	28. februar	29	27. februar	15,6 (1556)	$y = 0.7724x - 0.0645$	0,85
		6. marts	29	11. marts ¹⁾	22,0 (2204)	$y = 1.063x - 0.1453$	0,86
		11. april	31	13. april	11,6 (1159)	$y = 0.941x - 0.1067$	0,80
3-0	Vinterraps	6. marts	19	11. marts ¹⁾	14,9 (1493)	$y = 0.9247x - 0.146$	0,59
		10. april	57	13. april	14,0 (1408)	$y = 0.8742x - 0.1116$	0,22
		14. maj	65	3. maj ¹⁾	13,5 (1353)	$y = 0.7042x - 0.0895$	0,19
2-0	Vårbyg	14. maj	25	25. maj	10,8 (1041)	$y = 0.4418x - 0.021$	0,53
NDVI							
5-0 og 6-0	Vinterhvede	28. februar	29	27. februar	16,6 (1664)	$y = 1.1882x - 0.1445$	0,94
		6. marts	29	11. marts ¹⁾	13,8 (1385)	$y = 1.5475x - 0.2557$	0,72
		11. april	31	13. april	9,0 (901)	$y = 1.2472x - 0.1594$	0,89

¹⁾ Data er hentet fra Sathub uden skylag, som fjerner billeder med skyer. Efterfølgende er satellitbillederne tjekket for skyer i CropSat. Der kan derfor være sinus-skyer på billederne, der ikke kan detekteres på satellitbillederne i CropSat.

²⁾ Parentesen viser antallet af målepunkter (polygoner på 10 x 10 meter) som ligger til grund for analysen af drone- og satellitdata.

³⁾ $y = NDRE/NDVI$ målt med drone og $x = NDRE/NDVI$ målt med satellit.

så der kan findes generelle sammenhænge på tværs af marker, år og hvis muligt, på tværs af afgrøder.

Biomassemålinger og kvælstofoptagelse

Vinterhvede

I 2019 er tre forsøg med stigende mængder kvælstof i vinterhvede overfløjet med drone påmonteret et multispektralt kamera. Formålet med overflyvningerne har været at undersøge, om der er sammenhæng mellem kvælstofoptaget i afgrøden målt ved planteklip og NDRE/NDVI målt med drone. Forsøg fra 2018 viste, at kvælstofoptaget i vinterhvede i vækststadiet 31-57 kan beregnes ud fra NDRE og vækststadiet.

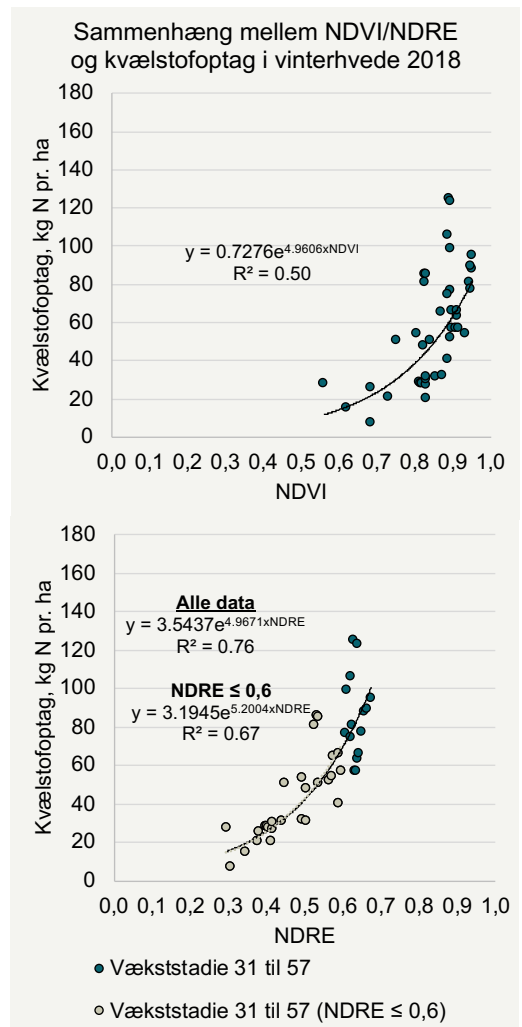
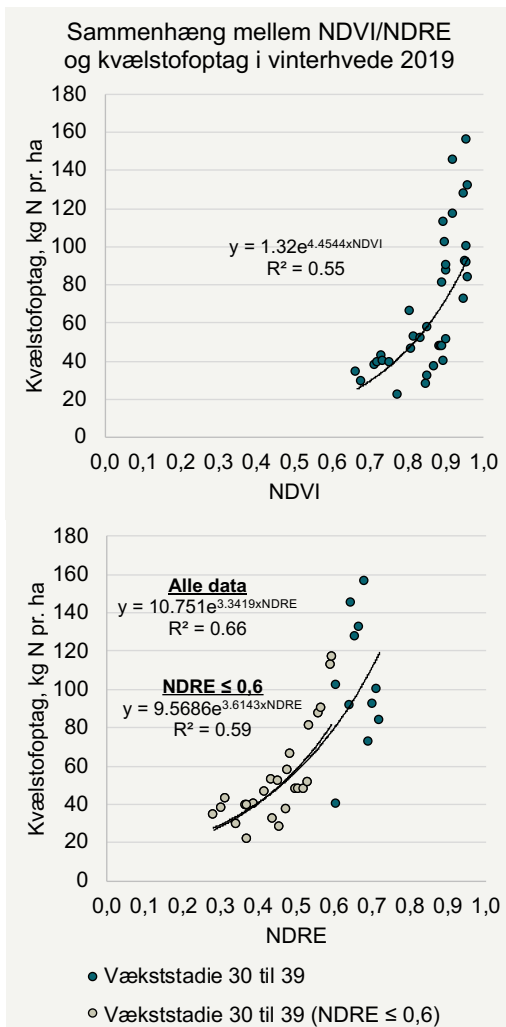
Forsøgene i 2019 er overfløjet op til fem gange gennem vækstsæsonen fra vækststadiet 31-53. Første kvælstoftildeling er sket midt i/sidst i marts (stadie 25-30), anden tildeling i begyndelse af/midt i april (stadie 30-31) og tredje tildeling midt i maj (stadie 37). Der er udtaget planteklip i led 1-3, led 5, 9 og 12 i vækststadiet 30-31, 32 til 35 og 37-39 til analyse for kvælstofindhold.

Figur 8 viser NDVI/NDRE som funktion af kvælstofoptaget i vinterhvede i stadium 30-39 i 2019 og i stadium 31-57 i 2018. I begge år ses en god sammenhæng mellem NDVI/NDRE målt med drone og kvælstofoptaget i afgrøden ($R^2=0,50$ til $0,76$). I praksis betyder det, at en droneoverflyvning i vinterhvede i stadium 30-57 kan vise, hvor meget kvælstof afgrøden har optaget, hvorved de efterfølgende kvælstoftildelinger kan justeres.

Biomassemålinger fra to år viser dog, at kvælstofoptaget ved en NDVI på eksempelvis 0,7 varierer med 6,4 kg kvælstof pr. ha mellem 2018 og 2019. Ved en NDRE på 0,5 varierer kvælstofoptaget med 14,7 kg kvælstof pr. ha mellem de to forsøgsår. Der er en tendens til, at NDVI i 2018 mættes omkring 0,8, mens mætning først ses tydeligt ved NDVI omkring 0,9 i 2019. Det betyder, at det ikke er muligt efter mætning at måle forskel på en afgrøde, som har optaget for eksempel 40 eller 140 kg kvælstof pr. ha. Den samme tendens ses i begge år ved en NDRE over 0,6.

I 2018 viste en statistisk analyse, at kvælstofoptaget i vinterhvede kan beregnes uafhængig af lokalitet ud fra NDRE og vækststadiet. Figur 9 viser det målte kvælstofoptag ved planteklip som funktion af det beregnede kvælstofoptag for 2018 og 2019. Der er en god lineær sammenhæng mellem det målte og det beregnede kvælstofoptag, men afvigelsen fra linjen stiger med kvælstofoptagelsen.

I 2019 er det undersøgt, om andre vegetationsindeks eller spektrale bånd end NDVI og NDRE giver yderligere information om kvælstofoptagelsen i vinterhvede. I den statistiske analyse er anvendt seks forsøg i vinterhvede fra 2018 og 2019 med stigende mængder kvælstof, hvor der er udført planteklip og droneoverflyvninger. Prædiktionssevnen af 61 forskellige vegetationsindeks og spektrale bånd er undersøgt. Den statistiske analyse viser, at kvælstofoptaget i vinterhvede fra vækststadiet 30-57



FIGUR 8. Kvælstofoptagelse i vinterhvede som funktion af NDVI/NDRE i vækststadie 30-39 i 2019 og vækststadie 31-57 i 2018. Der er 36 observationer fra tre forsøg i 2019 (001, 002 og 003) og 42 observationer fra tre forsøg i 2018 (003, 004 og 005).

kan beskrives ud fra NDRE og NDVI, men vegetationsindeks, der anvender henholdsvis det grønne og det røde spektrale bånd, beskriver kvælstofoptaget bedre med en prædiktionssevne på ned til $\pm 7,1$ kg kvælstof pr. ha (RMSEP). Til sammenligning beskriver NDRE og NDVI kvælstofoptaget med en prædiktionssevne på henholdsvis $\pm 9,3$ til $9,9$ kg kvælstof pr. ha.

Forsøgene fortsætter i 2020.

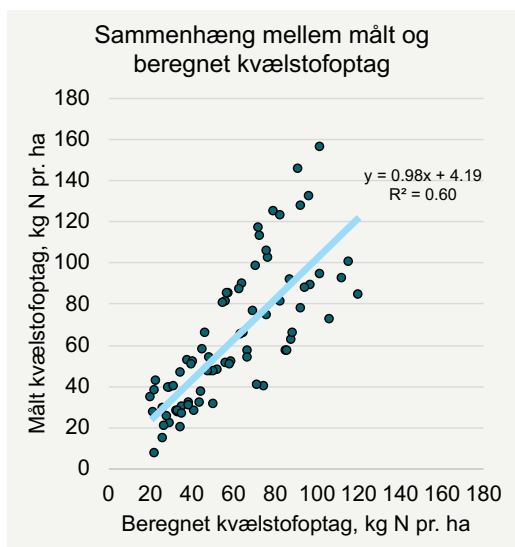
Vårbyg

I foråret og sommeren 2019 er der gennemført ét forsøg i vårbyg på JB 6 i Ringsted. Der er målt NDRE og NDVI

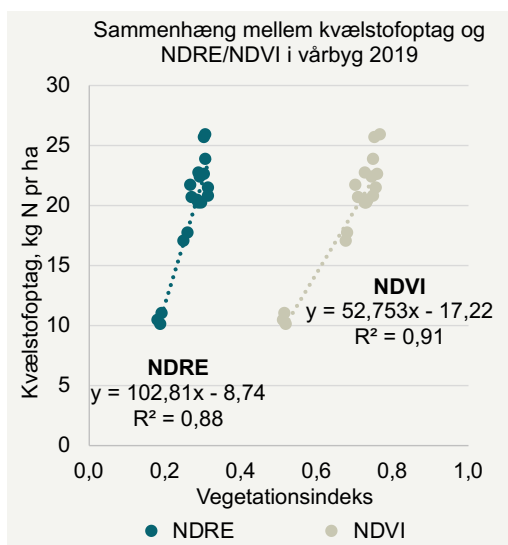
ved hjælp af en drone monteret med et multispektralt kamera. Formålet har været at undersøge sammenhængen mellem kvælstofoptagelse i afgrøden målt ved planteklip og NDRE/NDVI målt med drone. Planteprøver er udtaget ved forskellige vækststadier for at undersøge korrelation mellem NDRE/NDVI-målinger og den faktiske kvælstofoptagelse målt med planteklip.

Der ses en god sammenhæng mellem kvælstofoptagelse og NDRE/NDVI i vækststadie 25-30 (NDRE: $R^2=0,88$ og NDVI: $R^2=0,91$). Se figur 10.

Forsøgene fortsætter i 2020.



FIGUR 9. Kvælstofoptagelse i vinterhvede i 2018 og 2019 målt ved planteklip fra vækststadiet 30 til 57 som funktion af kvælstofoptagelse beregnet ud fra NDRE og vækststadiet.



FIGUR 10. NDRE/NDVI som funktion af kvælstofoptagelse i vårbygssorter i stadium 25-30 i Ringsted.

Efterafgrøder

I efteråret 2018 er der i seks forsøg undersøgt sammenhængen mellem NDVI/NDRE og kvælstofoptagelsen i efterafgrøder og efterårsbevoksninger. De seks forsøg er fordelt på to forsøgsserier 070731818 og 070761818, og de er etableret som storparcellforsøg på minimum 30

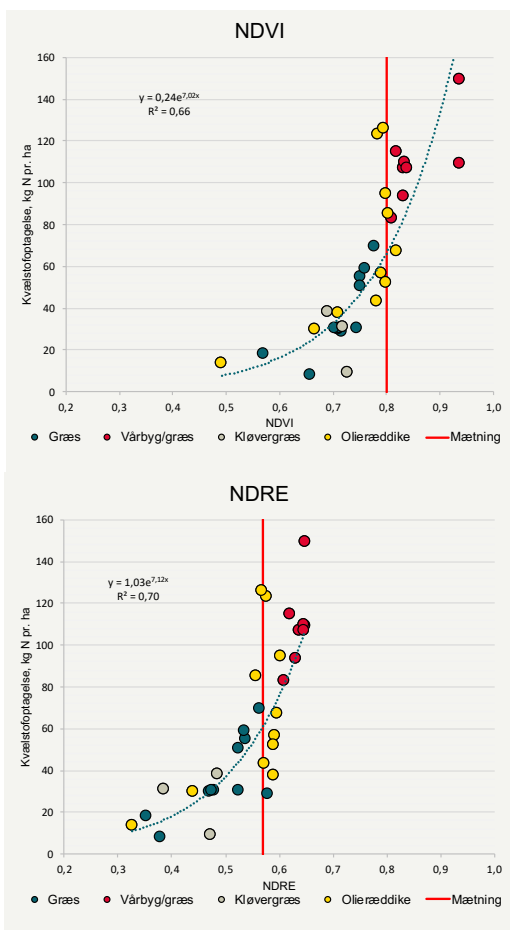
meters bredde. Der er brugt olieræddike, kløvergræs, vårbyg/græs og græs. Der er udtaget otte planteklip á 0,25 m² pr. parcel sidst i oktober til bestemmelse af kvælstofoptagelsen. NDVI- og NDRE-værdierne bestemmes ud fra de tidmæssigt nærmeste satellitbilleder i forhold til planteklippet, hvilket giver en forskel mellem satellitbilledet og planteklippet på en til syv dage. Satellitbillederne er i en opløsning på 10x10 meter, pixels. NDVI- og NDRE-værdierne er fundet ved at indtegne forsøgsparcellerne ud fra GPS-koordinater. De brugte pixels for de forskellige parceller, er de pixels, som var helt indenfor de optegnede parcellgrænser. Der er brugt fra en til ni pixels for hver parcel.

I figur 11 ses sammenhængen mellem kvælstofoptagelsen på y-akserne og biomasseindekserne NDVI og NDRE på x-akserne. Forsøgene viser, at NDVI og NDRE kan forklare henholdsvis 66 og 70 procent af variationen i kvælstofoptagelsen. De forskellige farver illustrerer afgrødetyperne, som indgår i den statistiske analyse. Vårbyg/græs (rød) har de højeste kvælstofoptagelser og højeste NDVI/NDRE-værdier. Græs (blå) har en lidt lavere kvælstofoptagelse, som er efterfulgt af kløvergræs (grå). Olieræddike (gul) ligger spredt med både høje og lave kvælstofoptagelser.

Det vurderes ofte, at NDVI-indekset bliver mættet ved værdier på mere end 0,8. Det betyder, at når NDVI-indekset når dette punkt, er forudsigelsen af kvælstofoptagelsen mere usikker end ved en lavere værdi. Dette ses også i figur 11, da spredningen er stor ved netop 0,8. Det skyldes primært olieræddike, der ved en NDVI-værdi på 0,8 har en kvælstofoptagelse på 40-125 kg kvælstof pr. ha. Selvom NDVI forventes mættet ved 0,8, har vårbyg/græs en mindre spredning over dette punkt sammenlignet med NDVI-værdierne for olieræddike, som stopper ved 0,8. Det kan muligvis være vanskeligt at udtage en repræsentativ prøve for olieræddike med den anvendte metode, hvilket kan skyldes variationen i data. Det samme billede gør sig gældende med NDRE, som mættes ved 0,57.

Der er potentiale for at bruge satellitmålt NDVI/NDRE til at måle kvælstofoptagelsen i efterafgrøder og/eller efterårsbevoksning. Begge indekser kan anvendes til at bestemme kvælstofoptagelsen.

Forsøgene fortsætter i 2020.



FIGUR 11. Sammenhæng mellem satellitmålt NDVI/NDRE og kvælstofoptagelse i efterafgrøder og efterårsbeplantninger målt med planteklip sidst i oktober. Data for alle afgrødetyper indgår ved beregning af sammenhængen. Hver afgrødetype har sin egen farve. Forventet mætning 0,8 af NDVI-indeks ses med den røde linje. Forventet mætning 0,57 af NDRE-indeks ses med den røde linje.

Bestemmelse af kvælstofbehov

> LEIF KNUDSEN OG
METTE KRAMER LANGGAARD, SEGES

Bestemmelse af kvælstofbehov ud fra biomassemålinger i vinterhvede

I 2019 er igangsat en udvikling af et værktøj, der kan bestemme restbehovet for kvælstof løbende ud fra satellitmålinger kombineret med jord- og dyrkningsdata.

Projektet er støttet af GUDP-midler og af Promilleafgiftsfonden, og løber fra 2019 til 2022. I projektet skal der i alt gennemføres over 100 markforsøg i vinterhvede og vårbyg for at udvikle og afprøve modellen.

Grundtanken i den planlagte model er, at landmanden til vinterhvede tilfører 50 kg kvælstof pr. ha under det forventede kvælstofbehov ved første og anden kvælstoftildeling i marts og april. Hvor meget kvælstof, der yderligere skal tilføres, afgøres af satellitmålinger i stadiet 37 medio maj kombineret med jord- og dyrkningsdata. Landmanden skal løbende kunne se restbehovet i de enkelte marker online i sit gødningsplanlægningsprogram. Ud over at virke på markniveau skal modellen også virke på positionsniveau, så den kan anvendes til at graduere kvælstof indenfor marken.

I forsøgene måles vegetationsindeks med drone, fordi satellit ikke måler med en tilstrækkelig opløsning til at kunne skelne mellem parcellerne. Senere oversættes dronemålinger til satellitmålinger.

I 2019 er gennemført 20 forsøg i vinterhvede og otte forsøg i vårbyg. Forsøgene er gennemført med stigende mængder kvælstof, og er målt med drone fra to til seks gange i vækstsæsonen. Ud fra dronemålinger er beregnet to forskellige vegetationsindeks – NDVI og NDRE. I resultatopgørelsen er kun anvendt NDRE, fordi sammenhængen til kvælstofoptagelsen i litteraturen angives at være mest præcis for dette indeks.

Resultaterne af forsøgene med stigende mængder kvælstof er omtalt i afsnittet om stigende mængder kvælstof. Her omtales alene fastsættelse af kvælstofbehov ud fra dronemålinger.

I tabel 13 fremgår resultatet af de 20 forsøg.

Variation mellem forsøgene

Kvælstofbehovet uden korrektion for protein er bestemt til 164 kg kvælstof pr. ha. Spredningen mellem forsøgene er 35 kg kvælstof pr. ha, og den absolutte variation er fra 95 til 228 kg kvælstof pr. ha.

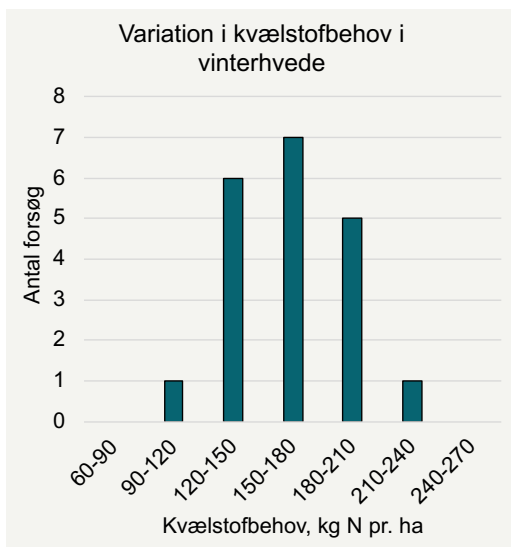
Udbyttet har betydning for kvælstofbehovet. Ved gødningsplanlægningen kan landmanden angive et forventet udbytte for marken, eller anvende normudbyttet for den pågældende jordtype.

TABEL 13. Udbytte og NDRE målinger i 20 forsøg i vinterhvede med droneoverflyvninger. (N9)

Forsøgsled	Kvælstof, medio marts, Kg N/ha	Kvælstof, medio april, Kg N/ha	Kvælstof, st. 37, Kg N/ha	Kvælstof i alt	NDRE april	NDRE medio maj	NDRE ca. 1. juni	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kærnetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾	
20 fs. 2019														
1.	0	0	0	0	0,37	0,46	0,46	0	8,3	70	56,4			
2.	50	0	0	50	0,43	0,55	0,55	1	8,3	95	20,4	16,5	16,4	
3.	50	50	0	100	0,44	0,60	0,61	1	9,1	119	31,8	24,7	26,7	
4.	50	100	0	150	0,44	0,62	0,64	1	10,2	143	38,1	27,8	33,0	
5.	50	100	50	200	0,44	0,62	0,65	2	11,2	162	40,5	26,9	35,6	
6.	50	150	50	250	0,44	0,63	0,66	3	11,9	172	40,2	23,5	34,1	
7.	50	200	50	300	0,44	0,64	0,66	3	12,6	175	37,2	17,2	29,4	
9.	100	200	0	300	0,49	0,65	0,67				7	3,8		
LSD														

¹⁾ Forklaring mangler.

²⁾ Forklaring mangler.



FIGUR 12. Variation i kvælstofbehov mellem 20 forsøg i 2019 med stigende mængder kvælstof til vinterhvede.

NDRE-målinger

Første måling af NDRE er foretaget i april måned før eller kort tid efter anden tilførsel af kvælstof. Derfor er der kun forskel på forsøgsled, hvor kvælstoftilførslen varierer ved første tildeling (led 1, 2 og 9). Ved anden måling af NDRE i stadie 37 er anden tilførsel af kvælstof i april slået igennem. Her ses forskelle op til en tilførsel af 150 kg kvælstof pr. ha i alt ved anden gødsning. Målingen i stadie 45 omkring 1. juni giver stort set samme værdier som målingen i stadie 37. I stadie 45 kan de høje kvælstoftilførsler dog bedre identificeres. Der er en betydelig variation i NDRE mellem enkeltforsøgene på alle måle-

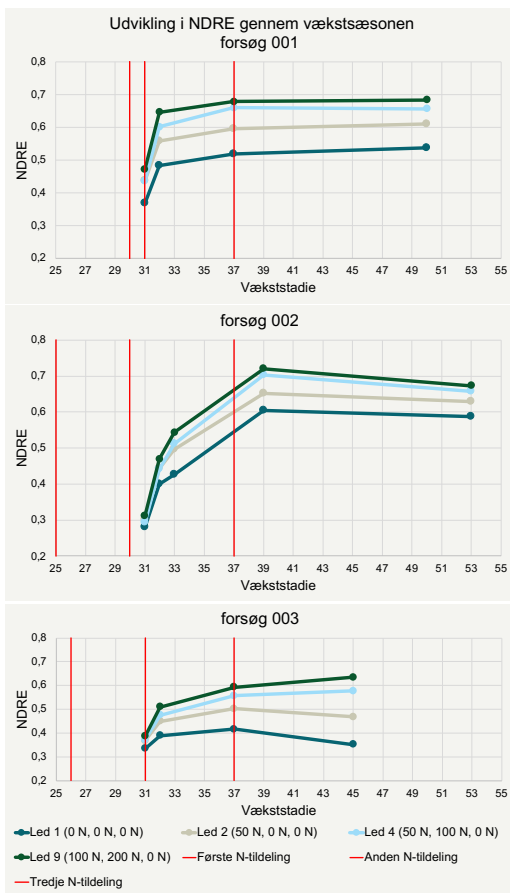
tidspunkter. En variation, som skal søges udnyttet til at forklare variationen mellem enkeltforsøgene.

I figur 13 er vist udviklingen i NDRE målt på fire tidspunkter i vækstsæsonen for tre forsøg. NDRE og dermed biomasse og kvælstofoptagelse stiger fra stadie 37-39, hvorefter den er stabil frem til stadie 45-53.

Ved første måling i stadie 31 måles i alle tre forsøg en signifikant forskel på NDRE mellem det ugødede led og ved tilførsel af 100 kg kvælstof pr. ha medio marts. Forskellen i NDRE mellem tilførsel af 0 og 50 og mellem 50 og 100 kg N pr. ha medio marts er signifikant i to ud af de tre forsøg (001 og 003). Før anden tilførsel af kvælstof medio april kan man således, med en vis sikkerhed, måle forskelle i afgrødens kvælstofforsyning fra tilført gødsning eller frigørelse fra jorden.

I vækststadie 37 før tredje kvælstoftildeling er der signifikant forskel i NDRE mellem led med tilførsel op til 150 kg kvælstof pr. ha i to ud af tre forsøg (001 og 003). Før tredje kvælstoftilførsel kan afgrødens kvælstofforsyning fra tilført gødning eller fra jorden måles op til et tilførselsniveau på 150 kg kvælstof pr. ha.

I stadie 45-53, hvor tredje kvælstoftildeling forventes at være slået igennem i afgrøden, er der i to forsøg (002 og 003) ingen signifikant forskel i NDRE mellem led tildelt 0 eller 50 til 100 kg kvælstof pr. ha i tredje tildeling. I forsøg 001 er NDRE signifikant højere i led 10 tildelt 100 kg N pr. ha i tredje tildeling i forhold til led 4 tildelt 0 kg kvælstof pr. ha.



FIGUR 13. NDRE som funktion af vækststadiet for forsøg 001, 002 og 003 i 2019 for forsøgsled 1, 2, 4 og 9. I parentes er angivet kvælstoftildelingerne i de enkelte forsøgsled ved henholdsvis første, anden og tredje tildeling. De lodrette linjer illustrerer perioden for gødskning ved første, anden og tredje kvælstoftildeling i de enkelte forsøg.

I 2018 blev der gennemført dronemålinger i tre forsøg. De to års resultater med droneoverflyvninger i vinterhvede med stigende mængder kvælstof viser, at forskelle i afgrødens kvælstofforsyning frem til medio april kan bestemmes ved NDRE-målinger på dette tidspunkt. I stadiet 37 kan forskelle i kvælstofforsyningen kun beregnes sikkert ud fra NDRE-målinger ved en tilførsel op til 150 kg kvælstof pr. ha. Ved tilførsel af mere end 150 kg kvælstof pr. ha kan ikke måles sikre forskelle.

Forventet udbytte

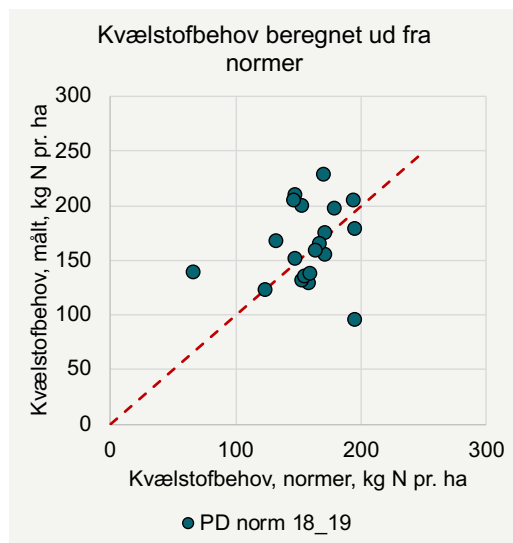
Kvælstofbehovet stiger alt andet lige med stigende udbytte. Derfor indgår det forventede udbytte ved beregning af kvælstofbehovet. Ved gødningsplanlægningen

angiver landmanden et forventet udbytte for den enkelte mark, som behovsberegningen baseres på. Alternativt anvendes normudbyttet, der sammen med kvælstofnormerne er angivet for de forskellige jordtyper i Landbrugsstyrelsens bekendtgørelse. I projektet N-Tool-Precise har forsøgslederne ved anlæg af forsøget og i nogle tilfælde i maj opgivet det forventede udbytte i hvert enkelt forsøg. I vejledningen til indberetning af forventet udbytte er anført, at udbyttet skal angives 10 procent over det forventede udbytte i marken, fordi udbytterne i forsøgene i gennemsnit er ca. 10 procent over markens udbytte, idet forsøgene ikke omfatter foragre, skovkanter og lignende.

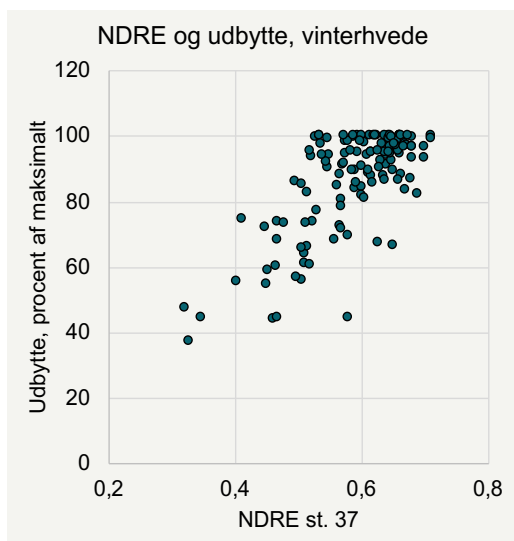
Udbyttet i de 20 forsøg i vinterhvede ved tilførsel af en kvælstofmængde svarende til behovet er målt til 96,9 hkg pr. ha. Ud fra jordtype og forfrugter i hvert forsøg er normudbyttet beregnet til 86,9 hkg pr. ha, mens forsøgsledernes indberetning af udbytter viser et gennemsnit på 92,9 hkg pr. ha. Der er en signifikant sammenhæng mellem det forventede og opnåede udbytte, men der er variation fra en undervurdering af udbyttet på 21 hkg pr. ha til en overvurdering på 22 hkg pr. ha. En så stor fejlvurdering af det forventede udbytte kan resultere i, at det beregnede kvælstofbehov afviger fra det målte.

Kvælstofbehov beregnet ud fra kvælstofnormer

For hvert enkelt forsøg er beregnet den kvælstofnorm, der er gældende for 2019. I beregningen indgår effekt af forfrugt, eftervirkning af husdyrgødning og efterafgrø-



FIGUR 14. Kvælstofbehov beregnet ud fra kvælstofnormer for 2018/19 og de målte kvælstofbehov i 20 forsøg i 2019.



FIGUR 15. Sammenhæng mellem NDRE og udbytte som procent af det maksimale udbytte i forsøget. 19 forsøg i vinterhvede 2019.

der samt kvælstofprognosen. Beregningen er foretaget ved de aktuelt opnåede udbytter. I figur 14 fremgår det, at der er en dårlig sammenhæng mellem fastsættelse af kvælstofbehovet ud fra kvælstofnormerne og de målte kvælstofbehov. Særlig i to forsøg undervurderer kvælstofnormerne helt kvælstofbehovet. I ét forsøg med vårbyg som forfrugt overvurderes kvælstofbehovet med 101 kg kvælstof pr. ha. I ét forsøg med hvidkløver som forfrugt beregnes kvælstofnormen til 74 kg kvælstof pr. ha, mens det målte kvælstofbehov er 138 kg pr. ha.

NDRE og kvælstofbehov

Idéen i N-Tool-Precise er at anvende NDRE målt i stadie 37 før tredje tildeling af kvælstof til at indgå i bestemmelsen af restbehovet for kvælstof. En statistisk analyse af de 20 forsøg i vinterhvede viser, at der ikke er nogen sammenhæng mellem NDRE i stadie 37 og kvælstofbehovet i det forsøgsled, der er tildelt 150 kg kvælstof pr. ha. Det opnåede udbytte er signifikant korreleret med kvælstofbehovet, men sammenhængen forbedres ikke ved at inddrage NDRE. Den manglende sammenhæng mellem NDRE og kvælstofbehov kan skyldes, at kvælstof ikke har været begrænsende for biomassen i stadie 37, når der er tilført 150 kg kvælstof pr. ha. Der er imidlertid ingen sammenhæng mellem NDRE og kvælstofbehov ved tilførsel af lavere kvælstofmængder inden stadie 37.

Sammenhængen mellem NDRE og udbytte er undersøgt i hvert forsøgsled ved at beregne udbyttet i forsøgsledet som procent af det maksimale udbytte i forsøget. Sammenhængen mellem NDRE i forsøgsledet i stadie 37 og udbyttet er vist i figur 15. Ved en NDRE på 0,60 i stadie 37 opnås i de fleste forsøg fuldt udbytte. Det kan tyde på, at denne grænseværdi skal anvendes for at afgøre, om der skal tildeles mere kvælstof eller ej. I praksis viser ovenstående analyse dog, at det ved tilførsel af relevante kvælstofmængder inden stadie 37 er vanskeligt at få sammenhæng mellem NDRE og kvælstofbehovet.

Storskalaforsøg med kvælstof til maltbyg

> LEIF KNUDSEN, SEGES

To storskalaforsøg med kvælstof til maltbyg viser, at omfordeling af kvælstof i stadie 32 – for at gøre proteinindholdet mere ensartet – kan ske ud fra måling af biomasseindekset NDRE. Kvælstof tildelt for såning er mere effektivt end kvælstof tildelt i stadie 32.

I regi af GUDP-projektet N-Tool-Precise er der gennemført to storskalaforsøg i maltbyg for at udvikle metoder til ud fra målinger af afgrødens vegetationsindeks at beregne, hvordan kvælstof i marken skal omfordeles i stadie 32 for at opnå et ensartet proteinindhold i afgrøden. Derudover undersøges, om målinger af vegetationsindeks senere i vækstsæsonen kan beskrive variationen i proteinindhold i kerne ved høst henover marken. Omfordeling i stadie 32 forudsætter, at der ved såning tilføres minimum 30 kg kvælstof pr. ha mindre end markens forventede behov. Tidligere landsforsøg har vist, at deling af kvælstofmængden med tildeling af 30 kg pr. ha i stadie 32 og resten før såning giver samme udbytte som tildeling af hele kvælstofmængden før såning.

Begge forsøg er anlagt i lerjord på Sjælland. Det er tilstræbt at lægge forsøgene i marker med stor variation for at opnå store forskelle i biomasseindekset. Forsøgene er anlagt med 32 gentagelser, og dækker et areal på 70 gange 400 meter. Ved såning er placeret 60,100 eller 140 kg kvælstof pr. ha i NPK 21-3-10 m. Mg og S. Oven i hvert af kvælstofniveauerne før såning er der i stadie 32 er tilført 0, 30 eller 60 kg kvælstof pr. ha i NS 27-4. I nogle parceller har der ikke været tilstrækkeligt meget korn i den udtagne kerneprove til at måle protein. I opgørelsen

TABEL 14. Storskalafor søg i maltbyg med gødskning efter biomasseindeks. (N10)

Kvælstof i NPK 21-3-+10 m. Mg,S,B ved såning, kg N pr. ha	Kvælstof i NS 27-4 i st. 32, kg N pr. ha	Antal parceller	NDRE, st. 32		NDRE, st. 45		Råprotein, procent		Udbytte, hkg/ha	
			Gennem-snit	Spredning	Gennem-snit	Spredning	I kerne-tørstof	Spredning	Kerne-udbytte	Spredning
<i>Forsøg 001</i>										
60	0	25	0,23	0,03	0,48	0,01	9,8	0,9	63,0	3,9
60	30	24	0,23	0,03	0,48	0,02	10,2	0,9	65,2	3,8
60	60	19	0,23	0,03	0,48	0,02	10,8	0,6	66,1	5,0
100	0	20	0,25	0,02	0,51	0,01	10,2	0,6	70,5	3,6
100	30	26	0,25	0,02	0,50	0,01	10,6	0,7	70,2	4,4
100	60	27	0,25	0,02	0,50	0,01	11,3	0,6	69,7	4,1
140	0	19	0,27	0,03	0,50	0,02	11,1	0,8	70,2	4,4
140	30	21	0,27	0,03	0,50	0,01	11,5	0,7	68,6	4,9
140	60	22	0,26	0,03	0,51	0,01	11,9	0,4	67,9	4,4
<i>LSD 1-2</i>									2,5	
<i>Forsøg 002</i>										
60	0	32	0,24	0,03	0,54	0,02	10,1	0,9	84,1	6,8
60	30	32	0,24	0,03	0,55	0,03	10,7	0,8	86,7	7,1
60	60	32	0,24	0,03	0,55	0,03	11,1	0,8	89,0	7,5
100	0	32	0,26	0,03	0,56	0,03	11,1	0,7	89,8	6,3
100	30	32	0,27	0,02	0,56	0,03	11,7	0,7	89,4	7,1
100	60	32	0,27	0,03	0,56	0,03	12,2	0,6	88,9	8,4
140	0	32	0,27	0,03	0,56	0,03	11,9	0,6	91,8	6,6
140	30	32	0,27	0,03	0,57	0,03	12,2	0,7	90,9	6,6
140	60	32	0,27	0,03	0,56	0,03	12,7	0,5	89,7	8,3
<i>LSD 1-2</i>									2,5	

er kun medtaget parceller, hvor der både er målt protein og udbytte.

Af tabel 14 fremgår det, der kun har været udslag for kvælstof ved såning op til 100 kg kvælstof pr. ha i forsøg 001. Der er kun opnået merudbytter for tilførsel af kvælstof i stadiet 32 ved tilførsel af op til 60 kg kvælstof pr. ha ved såning. I forsøg 002 er der opnået merudbytter for kvælstof op til 140 kg, men kun ved det laveste kvælstofniveau ved såning er der effekt af tilførsel af ekstra kvælstof i stadiet 32. Effekten af tilførsel af kvælstof i stadiet 32 har i begge forsøg været mindre end ved tilførsel før såning.

For ikke at få fradrag for et for højt eller lavt proteinindhold ved afregning af maltbyg skal det ligge mellem 9,5 og 11,0 procent. I begge forsøg har kvælstofmængden helt afgørende indflydelse på proteinindholdet. Proteinprocenten forøges med 0,16 procentenheder pr. 10 kg kvælstof tilført pr. ha uanset, om kvælstof er tilført før såning eller efter såning. I forsøg 001 ligger en tilførsel op til 130 kg kvælstof pr. ha indenfor det optimale proteininterval, mens det i forsøg 002 overskrides ved en tilførsel på over 90 kg kvælstof pr. ha.

Biomasseindekset er målt i stadiet 32 før anden gødskning og igen i stadiet 49 ved droneoverflyvninger. Ud fra dronebillederne kan bestemmes to biomasseindekser, nemlig NDVI og NDRE. Kun NDRE er omtalt i dette afsnit. Ved målingen i stadiet 32 kan kun forventes forskelle i NDRE af de forskellige kvælstofniveauer tilført ved såning. I stadiet 49, hvor målingen er foretaget cirka en måned efter gødskning, vil man kunne forvente at se effekten af gødskningen i stadiet 32 på NDRE. Det er imidlertid ikke tilfældet i forsøgene. Det tyder på en dårlig optagelse af den tilførte gødning, hvilket også stemmer overens med, at udbytteeffekten af gødskningen i stadiet 32 er beskedent.

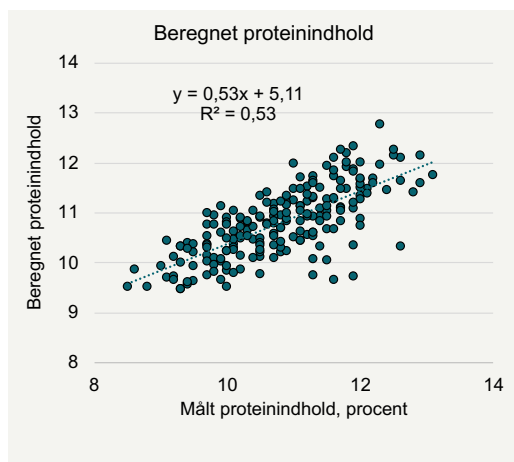
Omfordeling af kvælstof

For at undersøge, om målingen af NDRE forud for gødskning i stadiet 32, er der gennemført en statistisk analyse af sammenhængen mellem NDRE og proteinindhold og tilsvarende sammenhængen mellem NDRE og udbyttet. Sammenhængene er forskellige i de to marker, hvorfor de behandles hver for sig.

For forsøg 1 viser analysen, at NDRE målt i stadiet 32 signifikant kan indgå i forklaringen af proteinindholdet ved høst. I tabel 15 fremgår modellen.

TABEL 15. Model for bestemmelse af protein ud fra biomassemålinger i forsøg 1.

Parameter	Værdi	Signifikans
Konstant	9,14	***
Kg N, st. 32	0,03	***
Kg N, i alt	-0,01	**
Kg N ved såning x NDRE	0,09	***
R ² værdi	0,52	
Standardfejl	0,66	



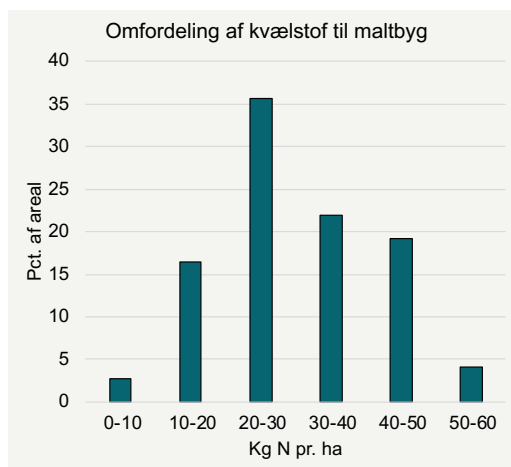
FIGUR 16. Beregnede proteinprocenter ud fra tilførsel af kvælstof og NDRE i stadiet 32 sammenlignet med målte værdier.

I praksis vil landmanden tilføre en konstant kvælstofmængde ved såning. For forsøg 001 er det beregnet, hvordan kvælstof skal omfordeles i stadiet 32, hvis landmanden har tilført 100 kg kvælstof pr. ha ved såning, og ønsker at tilføre yderligere 30 kg kvælstof pr. ha i stadiet 32. Ud fra parametrene i tabel 15 kan det beregnes, at omfordelingen skal foregå efter følgende ligning:

$$\text{Kg N tilførsel i stadiet 32} = 30 - 9,11x (\text{NDRE}_{\text{pos}} - \text{NDRE}_{\text{gns}}) / 0,017$$

Hvor NDRE_{pos} er NDRE målingen på positionen, og NDRE_{gns} er gennemsnittet for marken.

Modellen foreskriver, at kvælstof skal omfordeles fra områder med en stor biomasse (højt NDRE) til områder med lav biomasse. Ved omfordelingen af kvælstof i stadiet 32 efter denne model vil proteinindholdet i gennemsnit for marken blive det samme som ved ensartet tildeling, men variationen i proteinindholdet indenfor marken udjævnes. Modellen vil udjævne variationen i proteinprocenten, og en proteinprocent på 10,7 opnås overalt



FIGUR 17. Omfordeling af kvælstof til maltbyg i stadiet 32 fra NDRE-målinger.

i marken. Tilsvarende er der udviklet en model, der kan beregne udbyttet ud fra den tilførte kvælstofmængde ved såning i stadiet 32 og den målte NDRE i stadiet 32. Udbyttet kan ikke forudsiges så præcist som proteinprocenten. Hvis kvælstof omfordes for at opnå ens proteinindhold, viser beregningerne, at udbyttet bliver marginalt lidt lavere end ved en ensartet tilførsel af kvælstof.

I figur 17 er vist, hvor meget kvælstof der omfordes i stadiet 32 for at nå en ensartet proteinprocent.

I forsøg nr. 2 er der udover biomasseindeks også målt EM 38. Målingen udtrykker variationen i jordens magnetiske ledningsevne. Jordens magnetiske ledningsevne afhænger af jordens indhold af ler og organisk stof.

Den statistiske analyse viser, at NDRE ikke forklarer så meget af variationen i råprotein som i forsøg 001. Til gengæld forøger inddragelse af EM 38 i modellen præci-

TABEL 16. Model for beregning af proteinprocent ud fra EM38 og biomassemålinger.

Parameter	Værdi	Signifikans
Skæring	3,14	***
Kg N st. 32	-0,03	**
Kg N i alt	0,05	***
P02_NDRE-REFLEKTANS	16,16	***
NDRExkg N såning	-0,11	**
Em38	0,10	***
R ² værdi	0,65	
Standardfejl	0,63	

sionen betydeligt, og modellen viser 65 procent af variationen i proteinindhold.

På samme måde som i forsøg 001 er der udviklet en model, hvor kvælstof kan omfordeles i stadie 32 ud fra EM 38 og målinger af NDRE for at gøre proteinprocenten mere ensartet. Beregningerne viser, at omfordelingen resulterer i et uændret udbytte.

NDRE målt i stadie 49 til forudsigelse af proteinindhold

Stadie 49 er for sent at tilføre kvælstof til vårbyg, hvis der skal opnås fuld effekt. Målinger af NDRE på dette tidspunkt kan måske bruges til at forudsige proteinprocenten eller eventuelt fordelingen af proteinprocenter i marken.

Sammenhængen mellem NDRE målt i stadie 49 og proteinprocenten ved høst er dårlig i begge forsøg.

Strategier for delt tilførsel af kvælstof

> KRISTIAN FURDAL NIELSEN OG
TORKILD BIRKMOSE, SEGES

Strategi for deling af kvælstof til vinterhvede

Ved at tredele kvælstofmængden til vinterhvede får man bedre mulighed for at afstemme kvælstofmængden efter behovet i marken. Samtidigt forbedrer det muligheden for at omfordele kvælstof indenfor marken ud fra

måling af biomassen. Ved en tredeling af kvælstoffet vil man i forhold til todeling ofte opnå et højere proteinindhold og mindre lejesæd, men der ses sjældent større udbytteeffekter.

I 2019 er der igangsat en større forsøgsserie på i alt 13 forsøg med forskellige delingsstrategier.

Der er en tendens til et faldende udbytte med stigende kvælstofmængde udover 200 kg kvælstof pr. ha, hvilket sandsynligvis hænger sammen med, at der samtidigt er øget lejesæd. Der er generelt stigende proteinindhold med stigende kvælstofmængde. I gennemsnit af forsøgene er det økonomisk optimale kvælstofniveau bestemt til 167 kg kvælstof pr. ha, så de anvendte kvælstofmængder ligger alle over det gennemsnitlige behov.

For alle tre kvælstofniveauer er den gennemsnitlige lejesædskarakter faldende jo mere kvælstof, der gives sent i forhold til afgrødens udvikling.

Ved 200 kg kvælstof pr. ha er der i led 13 først givet anden tildeling i starten af maj. Dette giver et relativt stort, men ikke signifikant udbyttetab i gennemsnit af forsøgene. I flere af forsøgene er udbyttetab stort og signifikant. Det kan skyldes, at denne kvælstofmængde er givet for sent i forhold til den kraftige vækst og deraf store behov i strækingsfasen. I et enkelt forsøg ses dog et merudbytte på 4,9 hkg pr. ha for denne strategi. I dette forsøg er der høstet 72,6 hkg i den ugødede parcel, så jorden leverer en relativt stor mængde kvælstof. Derfor

TABEL 17. Kvælstofstrategier i vinterhvede. (N11)

Vinterhvede	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha					Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Pct. 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 ²⁾
	Medio marts	Medio april	Primo maj	St. 37-45, medio maj	St. 45-50, ultimo maj					
<i>2019. 13 forsøg</i>										
8. 200 N i NS 27-4	50	150	-	-	-	2	11,1	162	98,4	-
5. 200 N i NS 27-4	50	100	-	50	-	2	11,3	163	-0,9	-1,0
10. 200 N i NS 27-4	50	100	-	-	50	2	11,0	160	-0,2	-1,2
13. 200 N i NS 27-4	50	0	100	50	0	2	11,4	157	-5,7	-5,5
<hr/>										
6. 250 N i NS 27-4	50	150	-	50	-	3	12,0	174	97,7	-
9. 250 N i NS 27-4	50	100	-	100	-	3	12,1	176	0,5	0,6
11. 250 N i NS 27-4	50	100	-	0	100	2	11,5	170	1,5	0,0
<hr/>										
12. 300 N i NS 27-4	100	200	-	0	-	4	12,5	179	96,7	-
7. 300 N i NS 27-4	50	200	-	50	-	3	12,6	175	-2,6	-3,0
<i>LSD</i>										
								-	-	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = Ingen lejesæd, 10 = helt i leje

²⁾ Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein. Ved tredelingen er der indregnet en ekstra udbringning med en omkostning på 80 kr. pr. ha.

TABEL 18. Strategi for deling af kvælstof til vinterbyg. (N12)

Vinterbyg	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha		Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	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 ²⁾
	Midt i marts	Midt i april					
<i>2019. 5 forsøg</i>							
5. NS 27-4	50	150	2	13,1	146	81,4	-
6. NS 27-4	100	100	2	12,6	144	2,5	1,1
7. NS 27-4	150	50	2	12,6	144	2,6	1,2
8. NS 27-4	200	-	2	12,3	139	1,7	0,1
LSD					ns	ns	
<i>2018. 4 forsøg</i>							
5. NS 27-4	50	150	0	14,3	111	58,3	-
6. NS 27-4	100	100	0	13,8	107	0,1	-0,6
7. NS 27-4	150	50	1	14,1	108	-1,1	-1,4
8. NS 27-4	200		1	13,9	108	-0,5	-0,5
LSD					ns	ns	
<i>2017. 4 forsøg</i>							
5. NS 27-4	50	150	4	11,7	125	78,1	-
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	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

²⁾ Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein, og der er indregnet en udbringning á 80 kr. mindre i led 8 end i de øvrige led.

har afgrøden næppe været begrænset af tilgængeligheden af kvælstof i strækningsvæksten på trods af den relativt sene anden tildeling.

Vejret i april har været varmere og væsentligt tørrere end normalt, så væksten i april er gået meget hurtigt, og gødning tildelt i perioden har haft lav effekt. Dette gør en eventuel gavnlig effekt af deling mindre, da der alligevel ikke sker tab ved udvaskning, og mere kvælstof tildelt tidligt giver lettere adgang til kvælstof for planten.

Strategi for deling af kvælstof til vinterbyg

Vinterbyg har normalt en meget tidlig og kraftig vækst i forhold til de andre vintersædsarter. Dette gør, at vinterbyg har et relativt tidligt behov for kvælstof.

I lighed med 2018 er der i 2019 gennemført fem forsøg med strategier for tildeling af kvælstof til vinterbyg. Der er gennemført tre forsøg på JB 6, et på JB 4 og et på JB 5.

Forsøgsplan og resultater ses i tabel 18.

Der ses ikke signifikante effekter af nogen af delingsstrategierne, hverken i gennemsnit af forsøgene eller i

de enkelte forsøg. Der er i forsøgene beregnet et kvælstofoptimum fra 0 til 194 kg kvælstof pr. ha, så tildeling af 200 kg kvælstof pr. ha har i alle tilfælde været over optimum. Der er en svag tendens til et højere udbytte, når første tildeling er størst i en todelingsstrategi. Der er også en tendens til, at proteinprocenten falder, jo tidligere gødningen gives. I et forsøg ved Ringsted er observeret meget lejesæd i forsøget. Her er der mest lejesæd i parcellerne, hvor der er tildelt henholdsvis 100 og 150 kg kvælstof pr. ha midt i marts. I gennemsnit af forsøgene i 2018 var der ingen sikre effekter af de forskellige delingsstrategier. I 2017 var der en signifikant positiv effekt på udbyttet ved at give 100 eller 150 kg kvælstof pr. ha ved første tildeling.

Strategi for deling af kvælstof til hybridvinterrug

Meget vinterrug dyrkes uden vækstregulering på grund af kontraktvilkårene, og derfor bør kvælstoffet tildeles på en måde, så lejesædsrisikoen reduceres mest muligt.

I 2019 er gennemført fire forsøg på JB 1, 3 og 4 med forskellige strategier for tildeling af 160 kg kvælstof pr. ha. Forsøgsplan og resultater ses i tabel 19.

Der er ikke signifikante effekter på kerneudbyttet af de forskellige strategier. Der er et signifikant lavere kvælstofudbytte i kernerne ved at tildele kvælstoffet ad tre gange og ved at tildele gødning ad to gange med henholdsvis 120 kg kvælstof pr. ha først og 40 kg kvælstof pr. ha i vækststadiet 32. Det højeste kerneudbytte og høst af kvælstof i kernerne er opnået ved at tildele kvælstoffet med 40 kg pr. ha midt i marts og 120 kg pr. ha midt i april.

I et forsøg på Djursland på JB 3 er observeret et signifikant udbyttetab ved at tredele kvælstoffet og tildele sidste mængde i stadiet 45. April 2019 var varm og meget tør, så væksten gik meget hurtigt, og effekten af kvælstof tildelt har været lav i den periode. Dette kan have medført, at en udsættelse af tildeling af en del af kvælstoffet har gjort kvælstof mindre tilgængeligt for afgrøden i perioden med meget kraftig vækst.

I forsøg udført efter en lignende forsøgsplan var der i 2017 et lille ikke-signifikant merudbytte af kvælstof i kernerne, men et uændret kerneudbytte ved tredeling af kvælstof. I 2018 blev der i fire forsøg, udført efter samme plan som i 2019, observeret ikke signifikante merudbytter af kvælstof i kernerne og kerner ved tredeling. I disse

TABEL 19. Strategi for deling af kvælstof til hybridvinterrug. (N13)

Vinterrug	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha			Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Proteinkorr. nettomerdub., hkg pr. ha ²⁾
	Midt i marts st. 19-31	Midt i april st. 32	Ca. 1. maj st. 37-51					
<i>2019. 4 forsøg</i>								
5. NS 27-4	40	120	-	1	10,0	106	79,2	-
7. NS 27-4	80	80	-	0	10,0	104	-0,9	-0,9
8. NS 27-4	120	40	-	1	9,6	101	-0,1	-1,2
9. NS 27-4	40	80	40	0	9,8	102	-1,8	-1,7
LSD						3	ns	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

²⁾ 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. pr. ha i led 9.

to år skete tredje tildeling i stadiet 32, hvorimod den meget hurtige udvikling i 2019 medførte, at tredje kvælstoftildeling først er sket i stadiet 37-51. Dette kan være en medvirkende årsag til, at effekten af tredeling adskiller sig fra 2017 og 2018.

Delingsstrategier af kvælstof til vårbyg og gødningstype

Traditionelt har praksis været at tildele alt gødning til vårbyg ved såning eller umiddelbart efter. Med højere kvælstofkvoter og nye muligheder for omfordeling af kvælstof ud fra biomassen er der incitament til at dele kvælstofmængden. Normalt vil man forvente et højere proteinudbytte ved at give en del af kvælstoffet senere og ofte et uændret udbytte. På sandjord i nedbørsrige forår vil man forvente en bedre kvælstofeffektivitet og et højere udbytte, hvis kvælstofudvaskningen mindskes.

I samarbejde med Yara Danmark er der i 2019 gennemført seks forsøg med forskellige delingsstrategier af kvælstof til vårbyg. Der er afprøvet forskellige strategier ved henholdsvis 120 og 160 kg kvælstof pr. ha. I to af leddene er der anvendt NPK-gødninger, og i alle andre led er der grundgødet med 20 kg fosfor og 104 kg kalium pr. ha bredspredt ved såning. Forsøgsplan og resultater er vist i tabel 20.

Der er registreret signifikante udbyttestab i alle forsøg ved tildeling af 120 kg kvælstof pr. ha. ved stadiet 31-32 i forhold til tildeling af samme mængde ved såning. Da vårbyg har en relativ kort vækstsæson, kan den ikke kompensere for en sen virkning af gødningen. Der ses en tendens til et lavere udbytte i leddet, hvor der tildeles 40 kg kvælstof pr. ha ad tre gange.

TABEL 20. Strategi for deling af kvælstof til vårbyg. (N14)

Vårbyg	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha			Kar. for lejesæd ved høst ³⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
	Ved såning ²⁾	St. 31-32	St. 37				
<i>2019. 6 forsøg ved 120 kg N¹⁾</i>							
4. NS 27-4	120	-	-	1,1	11,1	116	77,0
7. NS 27-4	90	30	-	1,1	11,0	117	1,5
9. NS 27-4	90	-	30	1,0	11,0	116	0,5
13. NS 27-4	-	120	-	2,8	12,3	119	-6,1
14. NS 27-4	40	40	40	1,6	11,5	116	-2,6
<i>Ved 160 kg N¹⁾</i>							
5. NS 27-4	160	-	-	1,4	12,0	128	78,7
8. NS 27-4	90	70	-	1,7	12,1	128	-0,3
10. NS 27-4	90	-	70	2,0	12,1	124	-2,9
<i>Ved 120 kg N</i>							
4. NS 27-4 ⁴⁾	120	-	-	1,1	11,1	116	77,0
11. NPK 21-4-10 ⁴⁾	120	-	-	1,2	11,4	121	0,9
12. NPK 20-5-10 ⁵⁾ + NS 27-4	90	30	-	1,0	11,1	117	0,1
LSD						8,0	3,3

¹⁾ Grundgødsket med 500 kg PK 0-4-21 Mg, S, Cu

²⁾ Placeret.

³⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

⁴⁾ YaraMila 21-4-10 Mg, S, B.

⁵⁾ YaraMila 20-5-10 S.

TABEL 21. Strategi for deling af kvælstof til havre. (N15)

Havre	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha				Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	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 ²⁾
	Ved såning	St. 13	St. 31-32	St. 37					
<i>2019. 5 forsøg med 120 kg N</i>									
4. NS 27-4	120	-	-	-	2	11,6	106	67,2	-
7. NS 27-4	60	-	60	-	2	11,9	105	-2,4	-2,4
8. NS 27-4	-	60	60	-	2	12,1	108	-1,5	-1,1
9. NS 27-4	-	30	90	-	2	12,4	110	-1,7	-0,8
10. NS 27-4	40	-	40	40	2	12,0	107	-1,6	-2,3
LSD							<i>ns</i>	<i>ns</i>	

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

²⁾ Der er indregnet værdi for protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein og en omkostning til udbringninger på 80 kr. pr. ha.

I et forsøg på vandet sandjord er der høstet signifikante merudbytter for deling af både 120 og af 160 kg kvælstof pr. ha i NS-gødning, når sidste tildeling er sket i stadie 31-32. I et andet forsøg på uvandet sandjord er der et signifikant merudbytte for at give de sidste 30 kg kvælstof (af 120) så sent som i stadie 37.

Der er opnået signifikant større kvælstofudbytter i kernerne ved at tildele 160 kg kvælstof pr. ha i stedet for 120 kg kvælstof pr. ha.

I gennemsnit af forsøgene er der ikke signifikant sikker effekt af at anvende NPK-gødninger i stedet for NS-gødninger kombineret med PK-gødning bredspredt ved såning. I et forsøg i Sønderjylland er der opnået sikre merudbytter for tildeling af NPK-gødninger sammenlignet med samme mængde kvælstof i NS-gødning.

Der er stor variation i effekterne af de forskellige delingsstrategier imellem de forskellige forsøg. Der er både signifikante effekter, der taler for deling, og i andre forsøg ses det modsatte. Konklusionen er, at en delingsstrategi skal tilpasses den enkelte mark, da effekten afhænger af mange forhold. Ud fra disse forsøg ser det ud til, at deling er en fordel ved høje kvælstofniveauer og grovsandet jord.

Strategi for deling af kvælstof til havre

Normalt tildeles al handelsgødning til havre enten forud for eller samtidig med såningen. På grovsandet jord, og hvis man ønsker at graduere tildelingen, kan det være en fordel at tildele en del af kvælstoffet i vækstsæsonen. På sandjord reducerer deling risikoen for, at en del af kvælstoffet udvaskes, inden det optages af afgrøden. Ved deling opnås ofte et højere proteinindhold i kernerne, men

der er også risiko for en for sen virkning af kvælstoffet og dermed et udbyttetab.

I 2019 er gennemført fem forsøg i havre, hvor 120 kg kvælstof pr. ha er tildelt henholdsvis ad en gang og ad flere gange. Forsøgsplan og resultater ses i tabel 21.

Der er ikke signifikante forskelle på de enkelte strategier, men der er en tendens til, at tildeling ad en gang ved såning giver det højeste kerneudbytte. Der er også en tendens til, at tildeling af en del af kvælstoffet senere end ved såning øger proteinindholdet. Nettomerudbytterne for to- og tredeling er alle negative, da det beskedne og ikke signifikante merindhold af protein ikke kan kompensere for udbyttetab og omkostning til ekstra kørsel. Resultaterne tyder på, at både 40 og 60 kg kvælstof pr. ha er for lidt ved første tildeling i havre.

Strategi for deling af kvælstof til vinterraps

Den danske strategi har hidtil været, at cirka halvdelen af forårsmængden af kvælstof 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 en kraftig vegetativ vækst med risiko for lejesæd. Erfaringerne fra blandt andet engelske forsøg tyder på, at det er vigtigt, at der også bliver 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 en lettere høst til følge.

TABEL 22. Delingsstrategier for fast gødning til vinterraps. (N16)

Vinterraps	Kvælstofdeling, kg N pr. ha				Kar. for lejesæd, st. 84 ¹⁾	Tilført i alt	Procent olie i tørstof	Udb. og merudb., hkg frø std. kvalitet pr. ha
	Midt i marts	Først i april	Midt i april	St. 65				
<i>2019. 4 forsøg</i>								
5. NS 26-15 ad to gange	50	150			0	200	49,6	52,1
7. NS 26-15 ad tre gange	50	100	50		0	200	49,0	-0,6
8. NS 26-15 ad to gange		100	100		0	200	49,4	-0,1
9. NS 26-15 ad to gange		50	150		0	200	49,2	-0,8
10. NS 26-15 ad tre gange, N 32 i st. 65	50	50	80	20	0	200	49,1	-0,1
LSD								ns
<i>2019. 1 forsøg med kvælstofoptimum tæt på tildelt mængde</i>								
5. NS 26-15 ad to gange	50	150			0	200	51,3	60,8
7. NS 26-15 ad tre gange	50	100	50		0	200	49,8	-0,1
8. NS 26-15 ad to gange		100	100		0	200	51,4	0,1
9. NS 26-15 ad to gange		50	150		0	200	51,4	-3,5
10. NS 26-15 ad tre gange, N 32 i st. 65	50	50	80	20	0	200	51,9	1,0
LSD								2,2

¹⁾ Skala 0-10, 0=ingen lejesæd, 10 = helt i leje

Forsøg med deling af fast gødning til vinterraps

For at undersøge konsekvensen af at udsætte gødskningen er der gennemført fire forsøg med fast handelsgødning, hvor 200 kg kvælstof pr. ha er tilført efter fem strategier, hvor kvælstofmængde og tilførselstidspunkt gradvist er udskudt til senere end normalt. Forsøgsled 10 er færdiggødet under fuld blomst med bladgødskning i flydende DanGødning. De øvrige tilførsler er sket i form af fast NS 26-14. Strategierne er vist i tabel 22. Der er gennemført tre forsøg i Jylland og et på Sjælland, alle på JB 6-7.

Strategier med delt og udskudt kvælstoftilførsel giver ikke højere udbytter end en traditionel todeling, hvor gødskningen afsluttes i starten af april. Årsagen kan være, at den tidlige tildeling ikke medfører lejesæd af betydning i forsøgene på trods af, at der er tilført 30-60 kg kvælstof pr. ha udover de 200 kg kvælstof pr. ha, som er tilført om foråret, og at det målte optimale kvælstofbe-

hov er under 150 kg kvælstof pr. ha i tre af de fire forsøg. Der er således ikke nogen udbyttereducerende lejesæd i det traditionelt gødede forsøgsled, som en alternativ gødskningsstrategi kan rette op på.

I ét af de fire forsøg (vist særskilt i tabel 22) har det målte kvælstofbehov stort set svaret til tilførslen på 200 kg kvælstof pr. ha. I dette forsøg har en udskydelse af en væsentlig andel af kvælstoftilførslen resulteret i et signifikant lavere frøudbytte.

Ved gennemførelsen af forsøgene viste det sig, at der var problemer med udkrystalliseringer i den flydende gødning i koldt vejr, og DanGødning oplyser, at gødningen ikke vil blive markedsført i 2020.

Forsøg med deling af flydende gødning til vinterraps

I samarbejde med DanGødning er gennemført to forsøg, hvor i alt 170 kg kvælstof pr. ha er tilført til vinterraps ad én, to eller tre gange. Derudover er der tilført 30-50 kg kvælstof ved såning om efteråret. De to forsøg er gennemført på JB 6-7 ved Aarhus og på Lolland. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 23.

I forsøgene er der ikke signifikant forskel i frøudbyttet ved tilførsel af fast og flydende gødning, men forskellen er signifikant lavere i ét af forsøgene. Olieudbyttet er signifikant lavere ved tilførsel af flydende gødning i to af behandlingerne i forhold til fast gødning. Der er ikke signifikant forskel i frøudbyttet ved tilførsel af flydende gødning af én, to eller tre gange.

STRATEGI

Dette års forsøg sammenholdt med tidligere års resultater tyder på, at der kun er behov for at udskyde kvælstoftilførslen og eventuelt lave en tredelt strategi, hvis man mener, at der er risiko for betydende lejesæd i vinterrapsen på det pågældende areal. Hvis man derimod ikke mener, at der er risiko for lejesæd, kan gødskningen færdiggøres senest i begyndelsen af april.

TABEL 23. Delingsstrategier for flydende gødning til vinterraps. (N17)

Vinterraps	Gødningsform	Kvælstofdeling, kg N pr. ha				Kar. for lejesæd, st. 84 ¹⁾	Procent olie i tørstof	Udbytte		Udb. og merudb., hkg frø std. kvalitet pr. ha
		Primo i marts	Ca. 1. april	Full blomstring	I alt			Hkg olie pr. ha	Signifikansgrupper	
<i>2019. 2 forsøg</i>										
5. NS 27-4 på én gang	Fast	170			170	0	50,9	25,0	a	58,3
7. DanGødning 30-0-0-6 på én gang	Flydende	170			170	0	51,2	23,4	b	-3,9
8. DanGødning 30-0-0-6 ad to gange	Flydende	100	70		170	0	51,6	23,4	b	-4,1
10. DanGødning 30-0-0-6 ad tre gange	Flydende	70	70	30	170	0	52,0	24,1	ab	-2,8
<i>LSD</i>								<i>1,1</i>		<i>ns</i>

¹⁾ Skala 0-10, 0=ingen lejesæd, 10 = helt i leje

Der er ikke registreret lejesæd i nogen af forsøgene, og i gennemsnit er der ikke signifikante forskelle mellem delingsstrategierne.

alle forsøgene er der ikke opnået merudbytter, hverken for DAP eller for svovlsur ammoniak.

Gødningstyper og -strategier

> CAMILLA LEMMING, NANNA HELLUM KRISTENSEN, LEA STAAL, KRISTIAN FURDAL NIELSEN OG TORKILD BIRKMOSE, SEGES

Efterårsgødskning af vinterhvede

I 2019 er der udført 14 forsøg med efterårsgødskning af vinterhvede. Forsøgene er anlagt på arealer med forventet behov for fosfor. I forsøgene er der ved såning placeret 38 eller 75 kg diammoniumfosfat (DAP) eller 64 kg svovlsur ammoniak pr. ha. Udover den forsøgs-mæssige gødning, som er vist i tabel 24, er forsøgene i foråret gødsket som den omkringliggende mark. I gennemsnit af

I 2018 var der signifikante merudbytter på lidt over 3 hkg pr. ha for både 38 og 75 kg DAP pr. ha i gennemsnit af 12 forsøg. Forskellen mellem 2018 og 2019 kan skyldes forskellige forhold i de to efterår, hvor forsøgene blev anlagt. Efteråret 2017 var præget af kolde og nedbørsrige forhold, som resulterede i sen såning og en øget effekt af ekstra tilførsel af kvælstof og fosfor. Efteråret 2018 har derimod været mere lunt og tørt, og grundet sommerens tørke, præget af et højt kvælstofniveau i jorden. Dette gav bedre vækstforhold for de unge vinterhvedeplanter, hvilket kan have mindsket effekten af efterårsgødskningen. Samtidig er der i efteråret 2018, i modsætning til tidligere års forsøg, udført supplerende behandling med mangan. Dette er sket for at udelukke, at effekten på udbyttet af DAP eller svovlsur ammoniak

TABEL 24. Fosfor- og kvælstofgødskning af vinterhvede om efteråret. (N18)

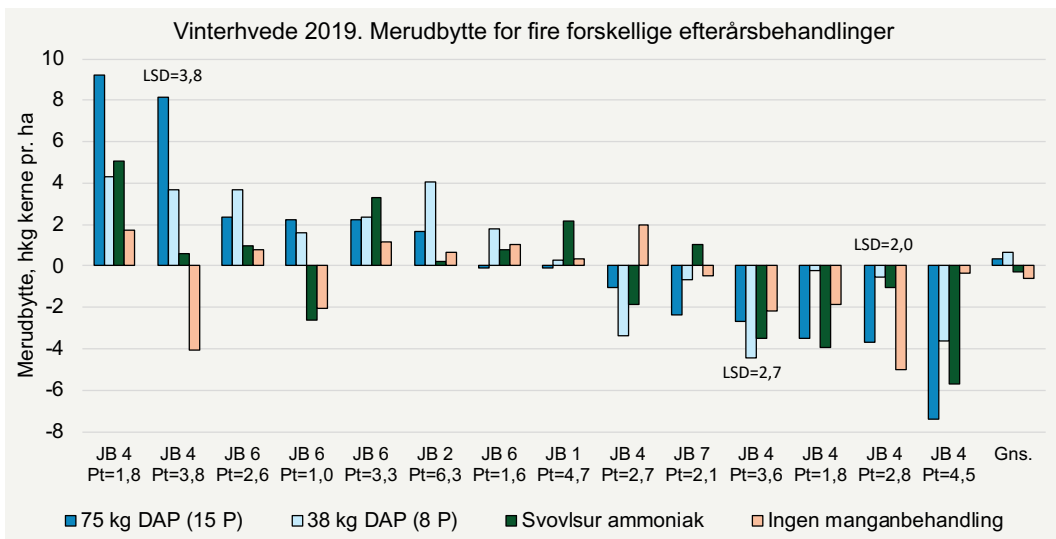
Vinterhvede	Forsøgs-mæssig Mn-beh. efterår ³⁾	Efterår		Forår	Bladanalyse efterår ⁴⁾			Pct. P i kerne	Udbytte, kg N i kerne	Udbytte og merudb., hkg kerne pr. ha
		kg N/ha	kg P/ha	kg N/ha	pct. P i ts.	pct. N i ts.	ppm Mn i ts.			
<i>2019. 14 forsøg</i>										
1. Ingen gødning efterår	Ja	-	-	13	0,45	5,5	115	0,29	124	76,1
2. 75 kg DAP ¹⁾	Ja	13	15	-	0,53	5,8	132	0,28	123	0,4
3. 64 kg sv.sur. amm. ²⁾	Ja	13	-	-	-	-	-	0,28	123	-0,3
4. 38 kg DAP ¹⁾	Ja	7	8	6	-	-	-	0,28	126	0,6
5. Ingen gødning efterår	Nej	-	-	13	0,45	5,6	66	0,28	124	-0,6
<i>LSD</i>									<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>2018. 12 forsøg</i>										
1. Ingen gødning efterår	Nej	-	-	13	-	-	-	0,23	126	77,5
2. 75 kg DAP ¹⁾	Nej	13	15	-	-	-	-	0,22	128	3,1
3. 64 kg sv.sur. amm. ²⁾	Nej	13	-	-	-	-	-	0,23	124	1,5
4. 38 kg DAP ¹⁾	Nej	7	8	6	-	-	-	0,23	129	3,2
<i>LSD</i>									<i>ns</i>	<i>1,7</i>

¹⁾ Diammoniumfosfat

²⁾ Svovlsur ammoniak

³⁾ Led 1-4 er forsøgs-mæssigt behandlet med mangan tre gange i efteråret. Alle led er desuden manganbehandlet som omgivende mark.

⁴⁾ Baseret på 11 ud af 14 forsøg



FIGUR 18. Merudbytter for placering af DAP (diammoniumfosfat) og svovlsur ammoniak ved såning, samt ingen forsøgsræssig manganbehandling i efteråret, i 14 forsøg med vinterhvede anlagt i efteråret 2018. LSD-værdier er vist for forsøg med signifikante udbytteeffekter.

skyldes den potentielle manganeffekt stammende fra den forurende virkning af de to gødninger. Denne supplerende manganbehandling kan have medvirket til at mindske udbytteeffekten af gødningerne i forhold til tidligere år.

Forsøgene med efterårsgødskning har i 2019 været præget af store forskelle i effekterne mellem de enkelte forsøg. I to forsøg er opnået store merudbytter på 8-9 hkg pr. ha for 75 kg DAP pr. ha. I flere andre forsøg har placering af DAP og svovlsur ammoniak ved såning resulteret i lavere udbytter, som i to af tilfældene er signifikant lavere med tab på henholdsvis 3,5 og 7,4 hkg pr. ha for placering af 75 kg DAP pr. ha. Se figur 18.

Den negative effekt af DAP og svovlsur ammoniak i flere af forsøgene kan skyldes lejesæd, idet der er lejesæd i fem af forsøgene med negative udslag, men kun i ét af de øvrige forsøg. I forsøget med størst udbyttetab er der relativt meget lejesæd (karakter 5), dog uden stor forskel mellem behandlingerne. Således kan de gode vækstforhold i efteråret 2018 have overflødiggjort efterårstilførslen af kvælstof og fosfor, som i stedet har resulteret i, at kornet er gået i leje.

I to af forsøgene er der relativt store udbyttetab på mere end 4 hkg pr. ha, når der ikke er gennemført en forsøgsræssig manganbehandling. Se figur 18.

Der er ingen sammenhæng mellem jordens fosfortal og udslaget for tilførsel af DAP. Koncentrationen af fosfor i bladet målt i efteråret viser en højere koncentration ved placering af 75 kg DAP pr. ha, end når der ingen gødning er givet i efteråret. Se tabel 24. Denne forskel er mest udpræget i forsøgene med merudbytter for tilførsel af DAP, hvor forskellen er tre gange større end i forsøgene uden merudbytter. I forsøgene er der også målt med håndholdt fosfortester både efterår og forår. Resultaterne af de målinger er beskrevet i afsnittet "Erfaringer med håndholdt fosfortester".

Forskellige tidspunkter for tilførsel af fosfor til vinterhvede

I efteråret 2018 er der påbegyndt en forsøgsserie, hvor det undersøges, om tilførsel af fosfor til vinterhvede kan ske efter afgrødens fremspiring, således at man ud fra tidlige målinger af afgrødens fosforstatus med enten bladanalyser eller fosfortester kan vurdere, om der er et behov for tilførsel af fosfor.

I forsøgsserien indgår de samme behandlinger som vist i tabel 24. Resultater fra disse behandlinger er således allerede beskrevet i forbindelse med tabel 24 og figur 18. Derudover indgår en behandling, hvor fosfor bredspredes som tripelsuperfosfat (TSP) i efteråret, når afgrøden har nået stadiet 13. Samtidig er alle leddene udført både

TABEL 25. Forskellige tidspunkter for tildeling af fosfor til vinterhvede. (N19)

Vinterhvede	Forsøgs- mæssig, Mn- beh. ef- terår ¹⁾	Efterår		Forår	Ud- bytte, kg N i kerne	Ud- bytte og mer- udb., hkg kerne pr. ha
		kg N/ ha	kg P/ ha	kg N/ ha		
<i>2019. 3 forsøg</i>						
1. Ingen gødning efterår	Ja	0	0	13	134	72,7
2. 75 kg DAP ¹⁾	Ja	13	15	0	132	-1,7
3. 64 kg sv.sur. amm. ²⁾	Ja	13	0	0	133	-0,8
4. 38 kg DAP ¹⁾	Ja	7	8	6	135	0,4
5. 20 P i TSP ³⁾ udspredd i st. 13	Ja	0	20	13	136	1,5
6. Ingen gødning efterår	Nej	0	0	0	135	0,4
<i>LSD</i>					<i>ns</i>	<i>ns</i>
A. Ingen P i foråret					134	72,4
B. 30 P i TSP ³⁾ udspredd i foråret					134	0,6
<i>LSD</i>					<i>ns</i>	<i>ns</i>

¹⁾ Diammoniumfosfat, ²⁾ Svovlsur ammoniak, ³⁾ Tripelsuperfosfat

⁴⁾ Led 1-5 er forsøgs-mæssigt behandlet med mangan tre gange i efteråret. Alle led er desuden manganbehandlet som omgivende mark.

med og uden supplerende tilførsel af fosfor i foråret i form af TSP.

Der er gennemført tre forsøg i serien. To i Nordjylland og et i Vestjylland. Det var tilstræbt at placere forsøgene på arealer med forventet behov for fosfor. Fosfortallene i de tre forsøg har imidlertid været høje med værdier på henholdsvis 4,5, 6,3 og 4,7.

Der er ikke fundet nogen effekt af hverken TSP udspredd i stadie 13 eller TSP udspredd i foråret, ligesom der i de tre forsøg heller ikke er merudbytter for placering af DAP eller svovlsur ammoniak. Heller ikke i nogen af enkeltforsøgene er der udslag for tidspunktet for fosfortilførsel. Grundet manglende fosforrespons i de tre forsøg, kan det ikke vurderes, hvilken indflydelse tildelingstidspunktet har for effekten af det tilførte fosfor.

Forsøgsserien fortsætter i 2020.

CULTAN-gødskning i vinterhvede

Metoden CULTAN-gødskning (Controlled uptake long term ammonium nutrition) består i en punktnedfældet ammoniumsulfatopløsning. Metoden hævdes at øge udbyttet og reducere nitratudvaskningen, da omsætningen af ammonium til nitrat foregår langsomt. På arealer med reduceret jordbearbejdning, hvor indholdet af organisk stof i det øverste jordlag typisk er højt, burde punkt-placeringen under de øverste 3-5 cm sikre, at der sker

mindre immobilisering af kvælstof end ved bredspredt gødning.

I 2019 er der gennemført fire forsøg i vinterhvede, alle på pløjefri arealer på Djursland. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 26. I alle forsøg er første tildeling sket 4. april. I alle forsøgene har der været septoriaangreb, men ingen forskel på angrebsniveauerne behandlingerne imellem.

Både udbringningsmetode og gødningstype belyses i forsøgene.

Udbringningsmetoden sammenlignes i led 4 og 5, hvor der gives i alt 140 kg kvælstof pr. ha, og hverken kerne- eller kvælstofudbytte påvirkes af udbringningsmetoden.

En del af teorien er, at når kvælstoffet tilføres i form af ammoniumsulfat fremfor nitrat, øges udbyttet. I led 7, hvor første tildeling gives i form af DanGødning 24-0-0-6 (Amid-kvælstof 11,9%) med CULTAN-metoden, er der tendens til et lavere udbytte i forhold til led 4, hvor første tildeling sker i form af ammoniumsulfat med CULTAN-metoden. Ved bredspredning af NS-27-4 i led 9 er udbyttet dog signifikant lavere, end når gødningen tildeles som ammoniumsulfat med CULTAN og uddrøbling i led 4 og 5. Forsøgene indikerer, at tildeling af ammoniumsulfat ved første tildeling kan være en fordel fremfor mere nitratholdige gødningstyper som NS-27-4.

Forsøgene er gennemført hvert år siden 2015. I 2015 var kvælstofudbyttet signifikant højere ved tildeling af ammoniumsulfat. Forsøgene var i 2015 anlagt efter en anden forsøgsplan, og er derfor ikke med i sammenstillingen. I 2016 havde forsøgene svært ved at afdræne, og kerneudbytterne var relativt små. Herudover udgik

KONKLUSION

CULTAN-gødskning i vinterhvede

- > Flere års forsøg tyder på, at det på pløjefri arealer er en fordel at anvende ammoniumsulfatopløsning i forhold NS-27-4 ved første tildeling af kvælstof til vinterhvede.
- > Selve udbringningsmetoden i CULTAN-gødskning er ikke en fordel fremfor uddrøbling af ammoniumsulfatopløsning.

TABEL 26. CULTAN-gødskning i vinterhvede. (N20, N21)

Vinterhvede	Udbringningsmetode		Udbragt kg N pr. ha i alt	NDVI, Green-Seeker, ultimo maj	Procent råprotein i kerne-tørstof	Kvælstofudbytte		Udbytte	
	første tildeling	anden tildeling				kg N i kerne pr. ha	signifikans-gruppe	hkg kerne pr. ha	signifikans-gruppe
<i>2019. 4 forsøg</i>									
1. 60 N i NS 27-4 + 20 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	80	0,74	9,2	97	f	71,0	f
2. 60 N i NS 27-4 + 80 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	140	0,77	10,6	125	cd	79,7	cde
3. 60 N i NS 27-4 + 140 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	200	0,78	11,2	136	ab	82,1	abcd
4. 100 N i amm. ¹⁾ + 40 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	140	0,79	10,1	121	de	81,3	bcd
5. 100 N i amm. ¹⁾ + 40 N i NS 27-4	Uddriblet ³⁾	Bredspredt	140	0,78	10,1	122	cd	81,7	bcd
6. 100 N i amm. ¹⁾ + 100 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	200	0,80	11,2	139	ab	83,9	ab
7. 100 N i DanG ²⁾ + 40 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	140	0,79	10,0	118	de	79,8	cde
8. 100 N i DanG ²⁾ + 100 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	200	0,80	11,3	138	ab	82,6	abc
9. 100 N i NS 27-4 + 40 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	140	0,79	9,8	112	e	76,7	e
10. 100 N i NS 27-4 + 100 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	200	0,80	11,0	132	bc	82,1	abc
11. 200 N i amm. ¹⁾	CULTAN	Ingen	200	0,82	11,7	146	a	84,8	a
12. 20 N i NS 27-4 + 180 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	200	0,74	11,8	138	ab	79,0	de
LSD						11		3,1	
<i>2017-2019. 9 forsøg⁴⁾</i>									
1. 60 N i NS 27-4 + 20 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	80	0,69	9,0	86	e	63,8	e
2. 60 N i NS 27-4 + 80 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	140	0,73	10,1	107	cd	71,1	cd
3. 60 N i NS 27-4 + 140 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	200	0,75	10,7	118	ab	74,0	ab
4. 100 N i amm. ¹⁾ + 40 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	140	0,76	9,9	108	c	73,6	ab
5. 100 N i amm. ¹⁾ + 40 N i NS 27-4	Uddriblet ³⁾	Bredspredt	140	0,74	9,7	106	cd	72,7	bc
6. 100 N i amm. ¹⁾ + 100 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	200	0,77	10,9	123	a	75,2	a
7. 100 N i DanG ²⁾ + 40 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	140	0,74	9,8	102	d	70,5	d
8. 100 N i DanG ²⁾ + 100 N i NS 27-4	CULTAN	Bredspredt	200	0,76	10,8	119	ab	74,1	ab
9. 100 N i NS 27-4 + 40 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	140	0,75	9,7	101	d	70,5	d
10. 100 N i NS 27-4 + 100 N i NS 27-4	Bredspredt	Bredspredt	200	0,77	10,6	116	b	73,9	ab
LSD						6		2,0	

¹⁾ Ammoniumsulfatopløsning NS 8-9.

²⁾ DanGødning 24-0-0-6 (Amid N 11,9%).

³⁾ I led 5 uddribles flydende gødning med Hardi Quintastream dysse.

⁴⁾ Herunder to forsøg fra 2018, hvor udbytterne var lave grundet tørken.

enkelte led, og derfor er 2016 ligeledes udeladt af sammenstillingen.

Resultater fra ni forsøg gennemført i 2017-2019 ses i tabel 26.

Udbringningsmetoden har ikke effekt på hverken kerne eller kvælstofudbytte. Dog ses et signifikant lavere kerneudbytte ved bredspredning af NS 27-4 i led 9 sammenlignet med både uddribling og CULTAN-metoden med ammoniumsulfatopløsning i led 4 og 5. Samme tendens ses, når der tildeles 200 kg kvælstof i alt, hvilket ses i led 10 kontra 6.

Strategi for tilførsel af flydende gødning til vinterhvede

Kvælstofvirkningen af overfladeudbragt urea uden tilsætning af ureaseinhibitor er normalt lidt dårligere 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 udspøjtet alene vil derfor typisk have en lavere kvælstofvirkning end en traditionel granuleret kvælstofgødning. For at modvirke risikoen for tab tilsættes derfor normalt en ureaseinhibitor, som forsinker omsætningen af urea til ammonium og ammoniak.

For at undersøge kvælstofvirkningen ved forskellige strategier for flydende gødninger er der i samarbejde med DanGødning gennemført fire forsøg, hvor strategierne med flydende kvælstofgødninger er sammenlignet med tilsvarende strategier med fast kvælstofgødning i form af ammoniumnitrat. Forsøgsplan og resultater af de fire forsøg kan ses i tabel 27. De fire forsøg er gennemført på henholdsvis JB 3, 5, 6 og 7.

I gennemsnit af de fire forsøg er der ikke signifikante forskelle i hverken kerneudbytte eller kvælstofudbytte uanset, om kvælstoffet er tilført i fast eller flydende form. Gennemsnittet dækker imidlertid over, at flydende gødning har givet signifikant højere udbytter end fast gødning i to forsøg, mens det omvendte er tilfældet i de

TABEL 27. Flydende og fast kvælstofgødning til vinterhvede. (N22)

Vinterhvede	Gødningsform	Kvælstoftilførsel, kg N pr. ha				Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte		Udbytte, hkg kerne pr. ha
		Midt i marts	Midt i april	Midt i maj	I alt			Kg N i kerne pr. ha	Signifikansgrupper	
<i>2019. 4 forsøg</i>										
<i>Sammenlignet ved 150 kg N</i>										
8. NS 27-4	Fast	100	50		150	0	9,9	135	bc	92,3
10. DanGødning 30-0-0-6 ²⁾	Flydende	100	50		150	0	9,4	129	c	91,8
<i>Sammenlignet ved 200 kg N</i>										
5. NS 27-4	Fast	50	100	50	200	1	11,3	161	a	95,7
11. DanGødning 30-0-0-6 ²⁾	Flydende	100	100		200	1	10,4	148	abc	94,2
12. 2 x DanGødning 30-0-0-6 ²⁾ + DanGødning N 18 ²⁾	Flydende	100	70	30	200	1	10,8	151	abc	94,3
<i>LSD</i>								20		<i>ns</i>

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

²⁾ DanGødning er tilsat Agrotain som ureaseinhibitor

to andre forsøg. Forskellene i virkning kan ikke umiddelbart forklares af forskelle i hverken tilførselstidspunkter, jordtyper eller optimalt kvælstofbehov i forsøget.

Strategi for kvælstof og vækstregulering i vinterhvede

Siden 2017 har det været muligt at tildele den kvælstofmængde, der i gennemsnit svarer til afgrødernes behov. Derved øges risikoen for lejesæd. Det kan derfor være en fordel at dele kvælstoftildelingen eller vækstregulere. I 2017 blev der påbegyndt en forsøgsserie for at undersøge, hvordan en deling af kvælstoftildelingen kan påvirke høstudbyttet og risikoen for lejesæd, og hvordan kvælstofstrategien kan påvirke valg af vækstreguleringsstrategi.

Der er gennemført fire forsøg på JB 4-6 på arealer med et højt udbytniveau. Der er tilført henholdsvis 200 og 250 kg kvælstof pr. ha, hvor tildelingen i begge tilfælde er to- eller tredelt. Derudover er der tildelt vækstregulering 0,4 l Medax Top + 0,4 l ammoniumsulfat-opløsning pr. ha nul, en eller to gange i løbet af foråret. Se kvælstofstrategierne og vækstreguleringsstrategierne i tabel 28.

Der er kun registreret beskeden lejesæd i forsøgene, og den forekom først sent i sæsonen. Mængden af lejesæd er kun svagt påvirket af kvælstofniveau og strategi for kvælstofdeling og vækstregulering. Vækstreguleringen har en lille effekt på strållængden og påvirker ikke kerneudbyttet. Kvælstoftildeling udover 200 kg kvælstof pr. ha påvirker ikke kerneudbyttet, men øger proteinindholdet i kernen med ca. 0,7 procentenheder. En tredelt strategi giver samme kerneudnytte som en todelte strategi.

I gennemsnit af 11 forsøg gennemført i 2017-19 har en øget kvælstoftilførsel udover 200 kg kvælstof pr. ha ikke øget kerneudbyttet, men medført en signifikant stigning i kvælstofudbyttet som følge af et højere indhold af protein i kernerne. Vækstregulering har reduceret strållængden, men ikke påvirket høstudbyttet.

I forsøgene er der generelt kun registret beskeden lejesæd – selv ved den højeste kvælstoftildeling, den tidligste kvælstoftilførsel og uden vækstregulering. Derfor har der heller ikke været nogen nævneværdig lejesædsforebyggende effekt af alternative kvælstoftildelinger og vækstregulering.

Sen tilførsel af svovl til vinterhvede

I samarbejde med Yara Danmark er der i 2019 gennemført tre forsøg med sen tilførsel af svovl til vinterhvede, for at belyse, om sen tilførsel af svovl har effekt på kernerens proteinindhold og -kvalitet. I forsøget er der tildelt fra 0 til 21,6 kg svovl pr. ha i stadie 37-41. Kvælstof og svovl er tilført ud over den tilførte mængde svovl i marken, idet forsøget er grundgødet med kvælstof og svovl som foderhvede.

Indholdet af svovl i planten er øget ved tildeling af svovl. Dette er målt ved en planteprøve udtaget 14 dage efter, gødningen er tilført. Der er en tendens til, at tilførsel af gødning i form af kalkkammonsalpeter uden svovl også har øget indholdet af svovl i afgrøden. I alle led i alle forsøg er indholdet af svovl over de 0,15 procent af tørstof, som normalt anses som grænseværdien for, at svovlindholdet er kritisk lavt i planten. Der ses et øget proteinindhold og et signifikant højere udbytte af protein i ker-

TABEL 28. Strategi for kvælstof og vækstregering i vinterhvede. (N23, N24)

Vinterhvede	Kvælstoftilførsel, kg N pr. ha			Kvælstof i alt, kg N pr. ha	Karakter for lejesæd ¹⁾			Råprotein % i tørstof	kg N i kerne pr. ha	Udb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
	medio marts	st. 31	st. 37		dage efter sidste sprøjtning						
					28 dage	7 uger	ved høst				

2019. 4 forsøg

1.	100	100	-	200	0	1	2	11,5	153	89,9	-
2.	100	50	50	200	0	1	2	11,4	154	90,7	0,7
5.	50	100	50	200	0	1	3	11,6	155	89,9	0,3
3.	150	100	-	250	0	1	3	12,2	165	90,8	-1,0
4.	150	50	50	250	0	1	3	12,2	166	91,4	-0,2

LSD, kvælstofstrategi

3,0 ns

2017-2019. 11 forsøg

1.	100	100	-	200	0	0	2	11,0	148	89,9	-
2.	100	50	50	200	0	0	2	10,8	146	90,2	-0,2
3.	150	100	-	250	0	0	2	11,8	159	90,7	-1,0
4.	150	50	50	250	0	0	2	11,5	155	90,7	-1,8

LSD, kvælstofstrategi

3,3 ns

Vinterhvede	Vækstregering, l pr. ha		Karakter for lejesæd ¹⁾			Strå-længde midt i juni cm	Råprotein % i tørstof	kg N i kerne pr. ha	Udb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
	Medax Top + ammoniumsulfat-opløsning		dage efter sidste sprøjtning							
	st. 32-33	st. 37	28 dage	7 uger	ved høst					

2019. 4 forsøg

A.	-	-	0	1	3	84	11,9	160	91,2	-
B.	0,4 + 0,4	-	0	1	2	80	11,7	156	89,8	-3,0
C.	0,4 + 0,4	0,4 + 0,4	0	1	2	79	11,8	159	90,8	-3,2

LSD, vækstregeringsstrategi

ns ns

2017-2019. 11 forsøg

A.	-	-	0	0	2	88	11,3	152	90,4	-
B.	0,4 + 0,4	-	0	0	2	86	11,3	152	90,4	-1,3
C.	0,4 + 0,4	0,4 + 0,4	0	0	2	84	11,3	153	90,3	-2,5

LSD, vækstregeringsstrategi

ns ns

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

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

nerne ved at tilføre kvælstof i gennemsnit af forsøgene, men ingen effekt af at tilføre svovl. Et forsøg placeret på Bornholm gav signifikante merudbytter for tilførsel af kvælstof, men ingen udbytteeffekt af svovl.

En analyse af kernerens indhold af de forskellige aminosyrer viste ingen forskelle i mængde og forholdet imellem aminosyrerne. Se Tabelbilag, tabel N25. Der er altså ingen påvirkning af kvalitet og mængde af protein ved denne sene tilførsel af svovl. Det er dog vigtigt at huske, at disse svovlmængder er udover de svovlmængder, der er tilført med grundgødskningen tidligere i sæsonen. Svovl har altså ikke været en begrænsende faktor for indlejringen af svovlholdige aminosyrer i kernerne.

Proteingødskning af vinterhvede

I samarbejde med DanGødning er der i 2019 gennemført fire forsøg med sen tildeling af kvælstof til vinterhvede for at belyse effektiviteten af forskellige kvælstoftyper, tildelingsmetoder samt timing af tildeling. Forsøgsplan og resultater kan ses i tabel 30. De tildelte kvælstofmængder er alle tildelt udover landmandens gødningsplan.

I gennemsnit af de fire forsøg er der ikke signifikante effekter af nogen af behandlingerne på udbyttet. Der er høstet en signifikant større mængde af kvælstof i kernerne, når en del af kvælstofmængden tildeles i stadie 37. Der er en statistisk signifikant større høst af kvælstof i kernerne for at tildele kvælstof i stadie 55, når man vurderer ud fra LSD-værdien. Den mere konservative bogstavstest viser

TABEL 29. Sen tilførsel af svovl til hvede. (N15)

Vinterhvede	Kvælstof tilført, kg pr. ha ¹⁾	Svovl tilført, kg pr. ha ²⁾	Svovl i planten, % af ts. ³⁾	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udbytte og merudb., hkg kerne pr. ha	Udbytte og merudb., hkg kerne pr. ha
<i>2019. 3 forsøg</i>							
1. Ingen gødning	0	0	0,31	10,6	163	92,0	
2. YaraBela EXTRAN (N27 KAS)	40	0	0,34	11,3	182	3,6	95,6
3. YaraBela EXTRAN (N27 KAS), 5 l YaraVita Thiotrac NS20-30, fladsprededyse	41	2	0,37	11,2	177	4,8	-1,6
4. YaraBela AXAN	40	6	0,35	11,2	178	3,7	-1,3
5. YaraBela Sulfan NS 24-6, m. Mg	40	10	0,35	11,5	183	3,5	-0,7
6. YaraBela ASN NS 26-14, m. Mg	40	22	0,42	11,4	180	4,7	-1,6
<i>LSD</i>					10	<i>ns</i>	<i>ns</i>

¹⁾ Kvælstof tilført ud over markens grundgødskning

²⁾ Svovl tilført ud over markens grundgødskning

³⁾ Planteprøve udtaget 14 dage efter behandling

ingen signifikans. I modsætning til sidste års forsøg har der ikke været tørt efter tildeling i stadie 55.

I et forsøg ved Ålborg er der fundet et signifikant udbyttetab for at give 40 kg kvælstof pr. ha på én gang i stadie 55 i flydende N-18 med Agrotain tilsat. Der er i dette forsøg observeret lejesæd, så det er svært at tolke, om tilførsel af kvælstof ud over markens generelle tildeling har været en fordel. I et forsøg i Sønderjylland er der opnået signifikante merudbytter ved at tilføre 20 kg kvælstof pr. ha i stadie 55 i fast NS 27-4 af at tilføre to gange 20 kg kvælstof pr. ha i fast NS 27-4 og af at tilføre 40 kg kvæ-

stof pr. ha på én gang i stadie 55 i flydende N-18 med Agrotain tilsat.

I gennemsnit af forsøgene er der en tendens til et øget proteinindhold ved øget tildeling af kvælstof. I nogle af forsøgene er der tendens til, at en positiv effekt af kvælstoftilførsel på udbyttet har reduceret proteinindholdet i kernen. Dette skyldes, at et højere kerneudbytte fortynder proteinindholdet i kernen.

Tilførsel af flydende gødning har således i lighed med sidste års forsøg givet samme effekt på proteinudbyttet

TABEL 30. Sen proteingødskning i vinterhvede. Alle forsøgsled er gødet efter normen for foderhvede, og proteingødskningen er tilført som ekstra gødning. (N26)

Vinterhvede	Agrotain	Udbringningsmetode		Kvælstof i alt, kg N pr. ha	Svidningsskader ¹⁾		Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Signifikans-gruppe	Udb. og merudb., hkg pr. ha	Protein-korr. nettomerudb., hkg pr. ha ²⁾
		st. 37	st. 55		st. 39	st. 56					
<i>2019. 4 forsøg</i>											
1. Ingen gødning	-			0	0	0	10,9	156	b	96,2	-
2. 20 kg N, NS 27-4	-	Bredspredt		20	0	0	11,5	166	ab	1,0	0,5
3. 40 kg N, NS 27-4	-	Bredspredt		40	0	0	11,8	168	ab	-0,4	-1,4
4. 60 kg N, NS 27-4	-	Bredspredt		60	0	0	12,1	174	a	0,7	-0,7
5. 40 kg N, Kalksalpeter 15	-	Bredspredt		40	0	0	11,6	166	ab	0,7	-1,2
6. 20 kg N, Dan-Gødning 30-0-0-2 + 20 kg N, DAN-gødning 30-0-0-2	Ja	Quintastream ⁴⁾	Quintastream ⁴⁾	40	1	0	11,8	170	a	1,3	-0,1
7. 20 kg N, N 18 ³⁾ + 20 kg N, N 18 ³⁾	Ja	Quintastream ⁴⁾	Quintastream ⁴⁾	40	1	0	11,9	171	a	0,4	-0,5
8. 20 kg N, N 18 ³⁾ + 20 kg N, N 18 ³⁾	-	Quintastream ⁴⁾	Quintastream ⁴⁾	40	1	0	11,7	169	ab	0,7	-0,4
9. 40 kg N, NS 27-4	-	Bredspredt	-	40	0	0	11,8	171	a	1,0	0,3
10. 20 kg N, NS 27-4 + 20 kg N, NS 27-4	-	Bredspredt	Bredspredt	40	0	0	12,0	171	a	0,3	-0,9
11. 40 kg N, N 18 ³⁾	Ja	-	Quintastream ⁴⁾	40	0	0	11,6	165	ab	-0,2	-1,1
12. 20 kg N, N 18 ³⁾ + 20 kg N, N 18 ³⁾	Ja	Fladsprededyse	Fladsprededyse	40	1	0	11,7	170	a	1,8	0,1
<i>LSD</i>								8		<i>ns</i>	<i>ns</i>

¹⁾ Svidningsskader fra 0-10, 0 = ingen skade.

²⁾ Der er indregnet værdi for protein på 3,50 kr. pr hkg pr. procentenhed protein, omkostning til udbringninger på 80 kr., kvælstofpriser på 7,37 kr. pr. kg N i NS 27-4, 9,00 kr. i kalksalpeter, 6,60 kr. i DanGødning 30-0-0-2 og N 18, 6,00 kr. pr. kg N i N 18 uden Agrotain. Omkostning til Agrotain er sat til 10 kr. 100 kg gødning.

³⁾ Amidbaseret DanGødning (18% urea).

⁴⁾ HARDI ISO QUINTA-STREAM 5-huls. Fem stråler flydende gødning fordeles med forskellig vinkel og mængde.

som bredspredning af fast gødning. Forsøgene fortsætter i 2020.

Strategi for tilførsel af kvælstof til brødhvede

I brødhvede skal proteinprocenten være høj, og bageegenskaberne af melet skal være gode. En høj proteinprocent kan sikres ved at tilføre ekstra kvælstof, og kvælstofnormen til brødhvede er derfor ca. 40 kg pr. ha højere end for foderhvede, og det ekstra kvælstof tilføres typisk som en særskilt tilførsel relativt sent i vækstsæsonen. Strategien for tilførsel af det ekstra kvælstof er ikke entydig, og i praksis gøres det meget forskelligt i Danmark og i vore nabolande. Derfor er der i 2019 påbegyndt en forsøgsserie for at undersøge, hvilken effekt kvælstofmængde, kvælstoftype, svovlmængde, tilførselstidspunkt og tilførselsesmetode har på mængden og egenskaberne af protein i brødhvede. I forsøgene er tilført 40 eller 80 kg kvælstof pr. ha udover den fodernormsbestemte kvælstofmængde, som marken er grundgødsket med. Derudover er der maksimalt tilført 15 kg svovl pr. ha med grundgødningen. Første forsøgs-mæssige tilførsel er sket i stadie 55.

Der er gennemført fem forsøg på JB 3-6 i henholdsvis Østjylland, Fyn, Sjælland og Lolland i sorterne Informer, KWS Dacanto, Pistoria, og KWS Zyatt. Forsøgsplan og resultater kan ses i tabel 31.

I gennemsnit af de fem forsøg er kerneudbyttet stort set ens uanset forsøgsbehandling. Der er således ikke merudbytte for hverken 40 eller 80 kg kvælstof pr. ha udover fodernormen.

Proteinprocenten og den høstede proteinmængde er derimod signifikant påvirket af kvælstofmængden. En tilførsel af 40 kg kvælstof pr. ha øger proteinudbyttet i forhold til ingen kvælstof, og 80 kg kvælstof pr. ha øger proteinudbyttet yderligere i forhold til 40 kg kvælstof pr. ha.

Ved en tilførsel på 40 kg kvælstof pr. ha er der ikke signifikante forskelle mellem de prøvede strategier for kvælstoftype, udbringningstidspunkt og svovlmængde. Udbringning af 40 kg kvælstof pr. ha som bladgødskning i stadie 65 eller 73-75 har kun givet anledning til svage svidninger på bladene.

Melets bageegenskaber er målt i alle forsøgsled. Alveografmålinger er en af mange muligheder for at karakterisere en sorts bageegenskaber, der primært bestemmes af kvaliteten af proteinet. Den udføres ved at blæse en boble i en tynd skive dej, trykket i boblen registreres på en graf som funktion af tiden, med trykket på y-aksen og tiden på x-aksen. Følgende værdier udledes af grafen:

- > W = areal under grafen, det vil sige energien for at blæse boblen op. Høj værdi betyder stor bageevne.
- > P = maksimalt tryk i boblen. Højt tryk betyder en stærk dej, der er svær at strække.
- > L = tid til boblen brister. Lang tid betyder en strækbar dej.
- > P/L = forholdet mellem dejens styrke og strækbarhed.

TABEL 31. Strategi for tilførsel af kvælstof til brødhvede. (N27)

Brødhvede	N-mængde, kg pr. ha	S-mængde, kg pr. ha	N-type	Tidspunkt	Svidning 4-6 dage efter behandling, kar. 1-10	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Procent råprotein i kerne-torstof	Udb. og merudb.		Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Rumvægt, kg pr. hl	Fald-tal, sek- under	Sedi- menta- tion, ml	Alveograf				Bagetest	
								hkg rå- prote- in pr. ha	Sig- nifi- kants- grup- per					W	P	L	P/L	Brød- volu- men, ml	Vand- op- tag- else, pct.
<i>2019. 5 forsøg</i>																			
1.	0	0	-	-	0	0	10,7	8,7	c	94,5	77	329	40	224	61	116	0,52	669	55
2.	40	6	NS 27-4	St. 55	-	0	11,9	0,9	b	-0,4	77	333	46	231	55	148	0,38	675	55
3.	40	0	Kalksalpeter	St. 55	-	0	11,7	0,9	b	0,5	78	332	44	239	53	154	0,35	691	55
4.	80	0	Kalksalpeter	St. 55	-	0	12,4	1,3	a	0,3	78	332	48	251	53	168	0,33	688	55
5.	40	23	NS 26-15	St. 55	-	0	11,8	0,8	b	0,1	76	326	45	227	55	141	0,41	649	55
6.	40	0	Kalksalpeter	St. 65	-	0	11,5	0,5	bc	0,3	77	330	42	220	54	137	0,45	645	54
7.	40	0	DanGødning N-18 ²⁾	St. 65	1	0	11,5	0,7	b	0,5	77	326	42	213	54	134	0,46	651	55
8.	40	0	DanGødning N-18 ²⁾	St. 73-75	1	0	11,6	0,6	b	-1,1	77	330	44	225	55	129	0,47	618	54
LSD								0,5	ns										

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd, 10 = helt i leje.

²⁾ DanGødning er tilsat Agrotain som ureaseinhibitor og udbragt med fladsprededyser.

TABEL 32. NPK-gødninger til vårbyg. (N28)

Vårbyg	Fosfor, kg pr. ha	Kalium, kg pr. ha	Procent råprotein i kernetørstof	Udbytte, kg kvælstof pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Signifikansgruppe
<i>2019. 4 forsøg</i>						
1. YaraBela AXAN, NS 27-4	0	0	11,4	110	71,1	b
2. YaraMila NPK 26-3-4 m. Mg, S	12	17	10,9	119	8,9	a
3. YaraMila NPK 21-3-10 m. Mg, S, B	15	56	10,8	118	9,3	a
4. YaraMila NPK 21-4-10 m. Mg, S, B	21	56	10,9	121	10,3	a
5. YaraMila NPK 20-5-10 m. S	28	59	11,0	122	10,9	a
6. Yara Mila STARTER NPK 18-5-11 m. Mg, S, B	31	72	10,7	120	11,5	a
LSD				7	5,3	

Umiddelbart er der god sammenhæng mellem proteinprocenten og bageegenskaberne, idet der er en tendens til forbedrede egenskaber ved stigende kvælstoftilførsel. Derimod er der ikke markante forskelle i egenskaberne uanset, hvordan og hvornår der er udbragt 40 kg kvælstof pr. ha. Dog er der en tendens til, at den sene tilførsel af DanGødning i stadie 73-75 resulterer i lidt dårligere egenskaber end de øvrige tilførsler af 40 kg kvælstof. Tilførsel af ekstra svovl i forsøgsled 5 har ikke påvirket bageegenskaberne.

Stigende mængder fosfor og kalium i NPK-gødninger til vårbyg

I samarbejde med Yara Danmark er der i 2019 gennemført fire forsøg i vårbyg med forskellige typer af NPK-gødning for at vise effekten af disse. I alle led er tilført 120 kg kvælstof pr. ha, og alt gødning er placeret ved såning. Med de forskellige gødningstyper gives stigende mængder fosfor og kalium. Forsøgsplan og resultater er vist i tabel 32. Forsøgene er gennemført på lerjord på Sjælland og Lolland. Fosfortallene har været 1,1-3,2 og kaliumtallene 8,8-13,8. I forsøgene er der målt med Spectra Crop P-tester, disse resultater behandles under afsnittet Erfaringer med håndholdt fosfortester.

I alle fire forsøg er der opnået merudbytter for brug af NPK-gødning sammenlignet med brug af NS-gødning. I to af forsøgene er merudbytterne signifikante og relativt store. I begge disse forsøg er fosfortallet under 2. Der er ikke signifikante forskelle mellem de forskellige NPK-gødninger, men der er tendens til, at både kerneudbytte og kvælstofudbytte stiger med øget tildeling af fosfor og kalium i gennemsnit af de fire forsøg.

Med det opnåede udbytte på godt 80 hkg pr. ha er der en samlet bortførsel i kerne og halm på cirka 27 kg fosfor pr. ha og ca. 100 kg kalium pr. ha. Derfor er det kun YaraMila NPK 20-5-10 og YaraMila STARTER NPK 18-5-

11, der tilfører nok fosfor til, at der ikke tæres på jordens indhold. Ingen af det anvendte typer tilfører kalium nok til at erstatte bortførslen i kerne og halm.

Kvælstof, fosfor, kalium og svovl til hestebønner

Stigende interesse for lokalt produceret protein til foder har bevirket, at hestebønner dyrkes i større omfang i Danmark. Hestebønners behov for gødning er dog dårligt belyst. Derfor undersøges gødningsstrategier for hestebønner under danske klimatiske forhold. I 2019 er der gennemført tre forsøg med kombinationer af kvælstof, fosfor, kalium og svovl.

Forsøgene er anlagt på lerjord, hvor der ikke har været dyrket hestebønner indenfor de seneste 5 år. Der er tilført stigende mængder fosfor, kalium og svovl i forskellige kombinationer. Desuden er der tilført kvælstof i et enkelt forsøgsled. Gødningen er blevet placeret ved såning i alle behandlinger, og der er ikke tilført andre typer gødning. Forsøgsplan, gødningsmængder og resultater fremgår af tabel 33.

Lav eller ingen tildeling af kalium i led 1, 4 og 5 resulterer i lave afgrødehøjder. Men de øgede afgrødehøjder ved tildeling af kalium udløser ikke en sikker udbyttestigning, og der er ikke signifikante merudbytter for hverken kalium eller andre gødningstyper. Bladenes næringsstofindhold er målt to måneder efter såning, og der er ikke betydende forskelle på bladenes indhold af næringsstoffer på tværs af behandlingerne.

I forsøgene er det gennemsnitlige fosfortal og kaliumtal på henholdsvis 2,7 og 11,6 ved forsøgenes start, hvilket må betragtes at være tilstrækkeligt til hestebønner. Ved et udbyttensniveau på 50 hkg pr. ha optager hestebønner gennemsnitligt 34 kg fosfor og 80 kg kalium pr. ha.

TABEL 33. Kvælstof, fosfor, kalium og svovl til hestebønner. (N29)

Hestebønner	Gødskning, kg pr. ha				Bladanalyser, pct. i tørstof ¹⁾				Afgrøde-højde ²⁾	Råprotein	Udbytte og merudbytte	Netto-merudbytte ³⁾
	N	P	K	S	N	P	K	S	cm	pct. i ts.	hkg pr. ha	hkg pr. ha
<i>2019. 3 forsøg</i>												
1.	0	0	0	0	-	-	-	-	99	28,8	49,7	-
2.	0	0	100	30	4,9	0,5	1,9	0,3	102	28,7	0,8	-0,3
3.	0	15	100	30	-	-	-	-	103	28,8	1,2	0,2
4.	0	30	100	30	4,9	0,5	2,0	0,3	102	28,5	0,8	-0,5
5.	0	30	50	30	-	-	-	-	98	28,9	-2,2	-3,1
6.	0	30	0	30	5,1	0,6	1,8	0,3	97	28,5	-4,3	-5,6
7.	0	30	100	15	-	-	-	-	101	28,8	-1,7	-2,5
8.	0	30	100	0	4,9	0,5	2,0	0,3	104	28,7	2,4	1,7
9.	20	30	100	30	5,2	0,5	2,1	0,3	106	29,1	2,1	0,5
<i>LSD</i>									3,7	<i>ns</i>	<i>ns</i>	

¹⁾ Bladanalyserne er blevet taget mellem 4/6 og 17/6.³⁾

²⁾ Afgrødehøjden er blevet målt mellem 7/8 og 30/8

³⁾ Nettoudbyttet er beregnet ud fra en proteinpris på 3,5 kr. pr. procentenhed protein.

Priser på kvælstof og svovl er på henholdsvis 7,37 kr pr. kg og 2,00 kr. pr. kg.

Priser på fosfor og kalium er ikke indberegnet. Omkostningen til udbringning er sat til 80 kr. pr. ha.

Tre forsøg i 2019 viser således, at næringsstofindholdet i forsøgene generelt har været højt nok til at understøtte et godt høstudbytte i hestebønner, og at hverken tildelelse af fosfor, kalium eller svovl er rentabelt, ligesom hestebønnernes kvælstofbehov bliver dækket af kvælstoffiksering fra luften.

Kobber til vårbyg

> **METTE KRAMER LANGGAARD, SEGES**

Landsdækkende jordbundsundersøgelser viser, at en del marker har lave kobbertal under 2. Derfor er det undersøgt, om lave kobbertal i vårbyg er ensbetydende med, at afgrøden mangler kobber. I 2017 gav ét forsøg på JB 1 med et kobbertal på 0,6 et signifikant merudbytte på 5,3 hkg pr. ha, for tilførsel af 10 kg kobbersulfat pr. ha før såning. I 2019 er der gennemført en screening på otte lokaliteter, hvor der er tildelt 10 kg kobbersulfat pr. ha før såning.

TABEL 34. Kobber til vårbyg. (N30)

Vårbyg	Tilført kobber, g pr. ha	Cu i planteanalyser, ppm i tørstof	Pct. råprotein i tørstof	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha
		st. 25		
<i>2019. 8 forsøg</i>				
1. Ubehandlet	0	5,0	13,0	52,7
2. 10 kg Kobbersulfat ¹⁾	2,500	5,5	12,9	0,8
<i>LSD</i>		0,4		0,8

¹⁾ Kobbersulfat indeholder 250 g kobber pr. kg og er blevet tildelt før såning.

Kobbertallene på forsøgsarealerne varierer fra 0,4-1,7, og flere arealer har et højt indhold af organisk materiale (1,7-5,4 procent), hvilket kan øge risikoen for kobbermangel, fordi kobber bindes hårdt til organisk materiale. Erfaring fra praksis er, at kobbertal under 0,6-0,7 giver misvækst, og ved kobbertal under 1 kan man normalt forvente merudbytte for at tildele kobber. Reaktions-tallet er lavt eller meget lavt i fem af otte forsøg, hvilket mindsker risikoen for kobbermangel. På nogle arealer er reaktionstallet så lavt, at det burde være begrænsende for udbyttet. I vækststadiet 25 er udtaget planteprøver til analyse for mikronæringsstoffer.

Forsøgene viser et signifikant merudbytte på 0,8 hkg for at tilføre 10 kg kobbersulfat pr. ha før såning. Se tabel 34. Planteanalyserne fra stadiet 25 viser, at indholdet af kobber i afgrøden er signifikant højere, hvor der er tildelt kobber, i forhold til det ubehandlede led. Forsøgene viser ingen klar sammenhæng mellem kobbertal, JB, indhold af organisk materiale, reaktionstal og merudbyttet for at tilføre kobber.

Erfaringer med håndholdt fosfortester

> **CAMILLA LEMMING OG ASHLEY MONTCALM, SEGES**

SEGES har i 2018 og 2019 afprøvet den håndholdte fosfortester SpectraCrop, som kan bruges til at vurdere afgrødens fosforstatus ved at måle direkte på planten.