

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



**Miljø- og Fødevareministeriet**  
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond  
for Udvikling af Landdistrikterne

**LDP 2020**



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

## Stigende mængder kvælstof

> LEIF KNUDSEN, SEGES

### Forsøg med stigende mængder kvælstof

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

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

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

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

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

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

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

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

### Stor betydning af værdien af protein

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

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

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

Stigende mængder kvælstof til vårbyg

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

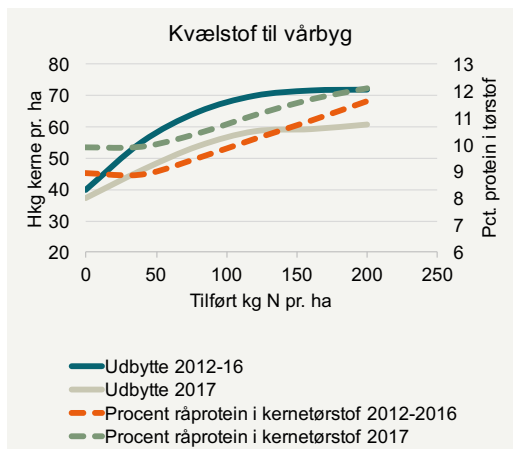
Ét af forsøgene er gennemført på JB 1 og resten på JB 4 til 7. I årene forud er der tilført husdyrgødning i betydelige mængder til halvdelen af forsøgene. Udbytteneiveauet er relativt lavt i forhold til de foregående 5 år. Udbyttet ved den optimale kvælstofmængde er 12,6 hkg lavere end i årene forud,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

TABEL 1. Stigende mængder kvælstof til vårbyg (N1)

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

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

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



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

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

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

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

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

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

### Kvælstof til vinterhvede

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

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

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

### Vinterhvede med forfrugt korn

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

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

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

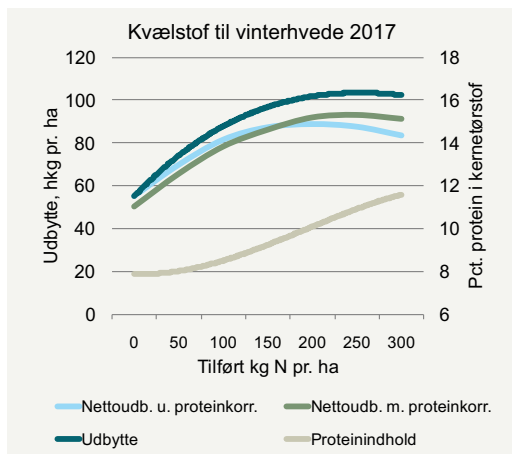
Udbyttet i det grundgødede forsøgsled i 2017 er 15,1 hkg pr. ha større end i de foregående år. Det kan skyldes gode vækstbetingelser i efteråret 2016, så vinterhveden har udnyttet frigivelsen af kvælstof fra jorden i efterårsperioden, og kvælstoffrigørelsen i foråret og forsommeren 2017 kan ligeledes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

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

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

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

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



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

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

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

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

#### *Vinterhvede med forfrugt vinterraps*

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

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

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

#### *Vinterhvede med forfrugt bælgssæd*

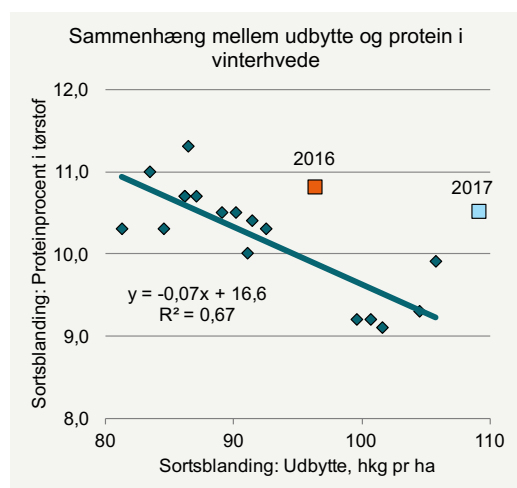
Der er gennemført ét forsøg med konservesærter og ét forsøg med hestebønner som forfrugt. I forsøget med konservesærter er der bestemt et kvælstofbehov uden proteinkorrektion på kun 121 kg pr. ha. Der er registreret meget lejesæd ved de største kvælstofmængder, og udbyttet falder ved tilførsel af kvælstof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

#### *Vinterhvede efter sukkerroer og majshelsæd*

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

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

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



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

## Kvælstof til vinterbyg

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

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

## Kvælstof til vinterrug

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

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

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

## Kvælstof til vinterraps

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

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

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

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

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

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

| Vinterrug                                                      | 2012-2016                               |                                   |                                   | 2017                                    |                                   |                              |                                   |                                                   |                                                                |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                                                | Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup> | Procent råprotein i kerne-tørstof | Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha | Kar. for lejesæd ved høst <sup>1)</sup> | Procent råprotein i kerne-tørstof | Udbytte, kg N i kerne pr. ha | Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha | Netto-merudb. uden proteinkorr., hkg kerne pr. ha | Netto-merudb. med proteinkorr., hkg kerne pr. ha <sup>2)</sup> |
| <i>Forfrugt korn</i>                                           |                                         |                                   |                                   |                                         |                                   |                              |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Antal forsøg</i>                                            | 12                                      | 12                                | 12                                | 4                                       | 4                                 | 4                            | 4                                 | 4                                                 | 4                                                              |
| Grundgødet                                                     | 0                                       | 8,2                               | 36,4                              | 0                                       | 8,1                               | 55                           | 50,3                              | -                                                 | -                                                              |
| 40 N                                                           | 1                                       | 7,3                               | 20,4                              | 0                                       | 7,7                               | 66                           | 13,1                              | 9,5                                               | 8,7                                                            |
| 80 N                                                           | 1                                       | 7,8                               | 35,8                              | 0                                       | 7,8                               | 77                           | 22,2                              | 16,0                                              | 15,3                                                           |
| 120 N                                                          | 1                                       | 8,5                               | 43,0                              | 0                                       | 8,3                               | 88                           | 27,5                              | 18,6                                              | 19,2                                                           |
| 160 N                                                          | 2                                       | 9,3                               | 45,5                              | 1                                       | 8,7                               | 95                           | 29,9                              | 18,3                                              | 20,3                                                           |
| 200 N                                                          | 2                                       | 9,9                               | 48,6                              | 2                                       | 9,3                               | 100                          | 29,2                              | 14,9                                              | 18,5                                                           |
| LSD                                                            |                                         |                                   |                                   |                                         |                                   |                              |                                   |                                                   |                                                                |
|                                                                |                                         |                                   |                                   | 2012-2016                               |                                   | 2017                         |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Gns. N-min i rodzonen, kg N pr. ha</i>                      |                                         |                                   |                                   | 25 (10-24)                              |                                   | 19 (11-24)                   |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha</i>                        |                                         |                                   |                                   | 151 (94-209)                            |                                   | 132 (70-173)                 |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha</i>                       |                                         |                                   |                                   | 47,9 (29,7-64,1)                        |                                   | 30,5 (13,7-38,6)             |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha</i>                      |                                         |                                   |                                   | 8,2(6,8-9,6)                            |                                   | 7,8 (7,6-8,0)                |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.</i> |                                         |                                   |                                   | 173 (111-236)                           |                                   | 149 (76-206)                 |                                   |                                                   |                                                                |
| <i>Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.</i>      |                                         |                                   |                                   | 8,7 (7,2-10,0)                          |                                   | 8,1 (7,6-8,4)                |                                   |                                                   |                                                                |

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

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

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

| Vinterraps                              | 2012-2016                            |                                 | 2017                   |                 |                                 |                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
|                                         | Lejesæd v. høst (0-10) <sup>1)</sup> | Udb. og merudb., hkg frø pr. ha | Lejesæd v. høst (0-10) | Pct. olie i frø | Udb. og merudb., hkg frø pr. ha | Netto-merudbytte, hkg frø pr. ha |
| <i>Antal forsøg</i>                     | 9                                    | 9                               | 3                      | 2               | 3                               | 3                                |
| 1. Grundgødet                           | 0                                    | 30,5                            | 0                      | 50,7            | 34,7                            | -                                |
| 2. 50 kg N forår                        | 0                                    | 4,8                             | 0                      | 50,2            | 6,8                             | 5,5                              |
| 3. 100 kg N forår                       | 0                                    | 8,5                             | 0                      | 49,5            | 10,2                            | 8,0                              |
| 4. 150 kg N forår                       | 0                                    | 11,0                            | 0                      | 49,3            | 13,7                            | 10,5                             |
| 5. 200 kg N forår                       | 0                                    | 12,4                            | 0                      | 49,7            | 15,7                            | 11,6                             |
| 6. 250 kg N forår                       | 0                                    | 13,1                            | 0                      | 48,7            | 16,1                            | 11,1                             |
| LSD                                     |                                      |                                 |                        |                 |                                 |                                  |
|                                         |                                      |                                 | 2012-2016              |                 | 2017                            |                                  |
| <i>N-min i rodzonen</i>                 |                                      |                                 | 40 (15-98)             |                 | 29 (19-39)                      |                                  |
| <i>Optimal N forår, kg pr. ha</i>       |                                      |                                 | 167 (0-244)            |                 | 184 (120-285)                   |                                  |
| <i>Merudbytte for optimal N, hkg/ha</i> |                                      |                                 | 12,7 (0-34,2)          |                 | 16,7 (7,3-35,2)                 |                                  |

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

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

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

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

**Oversigt over forsøg med stigende mængder kvælstof**

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

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

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