

Brug af proteinprocent i kernen til vurdering af kvælstofforsyningen Projekt: 7875, AP 3	Ansvarlig	CAL
	Oprettet	15-10-2021
	Side	1 af 7

Brug af proteinprocent i kernen til vurdering af kvælstofforsyningen i vinterhvede

Vejledning

Nedenstående tabel er en foreløbig vejledning i hvordan kvælstofforsyningen i vinterhvede, kan vurderes ud fra proteinprocenten i kernen ved høst. Vejledningen er baseret på en analyse af data fra mere end 1000 landsforsøg med stigende kvælstof til vinterhvede udført fra 1987 til 2020. Analysen er nærmere beskrevet i de efterfølgende afsnit.

Vejledningen er overordnet set uafhængig af udbytteneiveauet, men der er en tendens til, at man ved lave udbytteneiveauer vil ligge på et lidt højere niveau proteinindhold, mens man ved høje udbytteneiveauer kan acceptere lidt lavere proteinindhold ved tilpas kvælstofforsyning.

Proteinprocent i vinterhvede	Vurdering
Under 9,5 %	Der er stor sandsynlighed for at afgrøden har været underforsynet med kvælstof. Risiko for udbyttetab.
9,5 til 11,5 %	Kvælstoftildelingen har med stor sandsynlighed være passende.
Over 11,5 %	Afgrøden har med overvejende sandsynlighed været overforsynet med kvælstof.

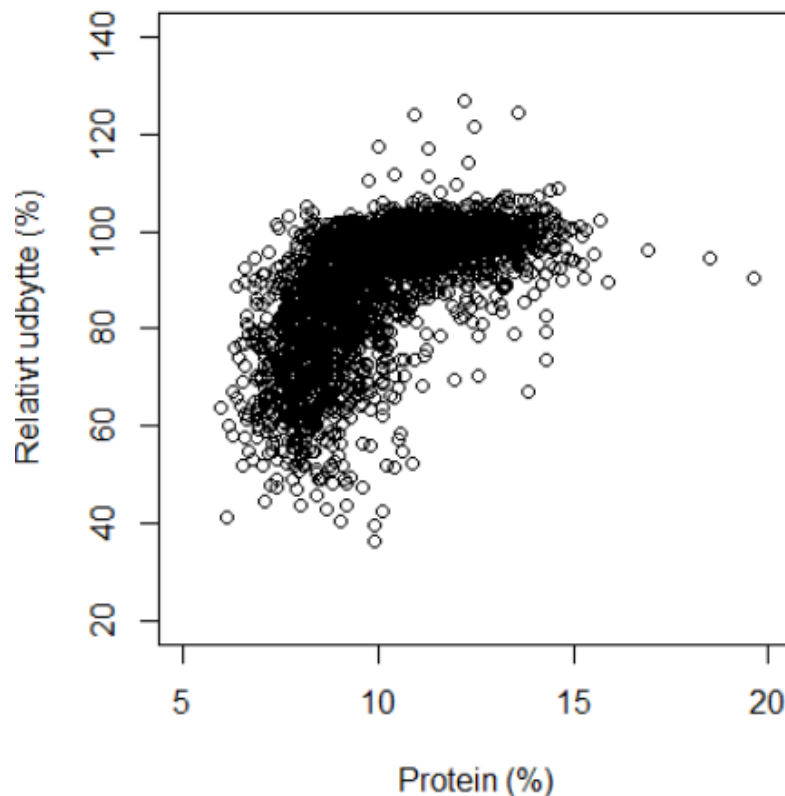
Datagrundlag og metode

Som datagrundlag er taget udgangspunkt i data fra 1090 stigende N forsøg i vinterhvede udført fra 1987 til 2020. Forsøg med manglende/usandsynlige data er frasorteret, og i den videre analyse er kun anvendt data fra led med N-tildelinger fra ca. 50 til ca. 250 kg N/ha. Dvs. led med tildeling af 0 og 200 kg N/ha er ikke medtaget i analysen. Dette giver et datasæt med i alt 752 forsøg og i alt 3757 observationer (led).

I analyserne er arbejdet med det relative udbytte i den enkelte led. Denne er baseret på det beregnede maksimale udbytte i det enkelte forsøg, og det relative udbytte er beregnet således: $\text{relativt udbytte}_{\text{led}} = \frac{\text{Udbytte}_{\text{led}}}{\text{Maks. udbytte}_{\text{forsøg}}} \times 100\%$. I figur 1 er vist det relative udbytte som funktion af protein-procenten for alle data.

I notatet er beskrevet resultater af tre forskellige tilgange; som jeg har kaldt hhv. "kurvetilgang", "sandsynlighedstilgang" og "sylvester-bradley tilgang". Fælles for de tre tilgange, er den udfordring, at det er en vurderingssag, hvilke forudsætninger man vælger til at definere grænserne for tilpas kvælstofforsyning. Det er stort set muligt at vælge at definere de forudsætninger som giver de grænser, man ønsker.

For to første tilgange er udelukkende arbejdet med protein-procenter fra 7 til 14, hvilket inkluderer langt det meste data. Dette sikrer en bedre tilpasning af data i det relevante proteinområde, i det vurderes, at alt under 7% med stor sikkerhed er for lavt og alt over 14 % med stor sikkerhed er for højt. I Sylvester-bradley-tilgangen er alle data som udgangspunkt med.



Figur 1: Figur af alle data: relativt udbytte mod proteinprocenten.

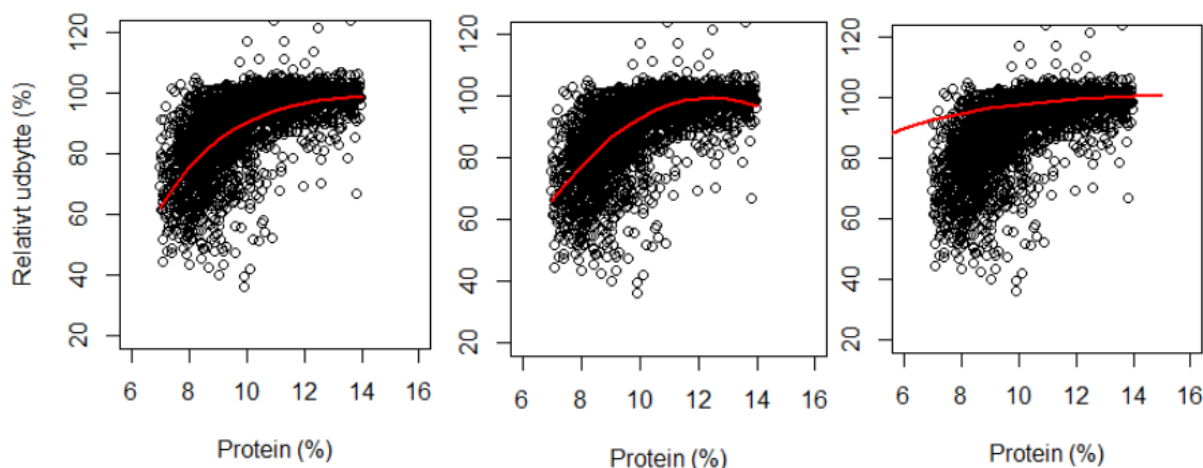
"Kurvetilgang"

Der er afprøvet forskellige typer af kurvetilpasninger til data. Den mest velegnede er valgt og herudfra er opstillet grænser baseret på ønsket relativt udbytte.

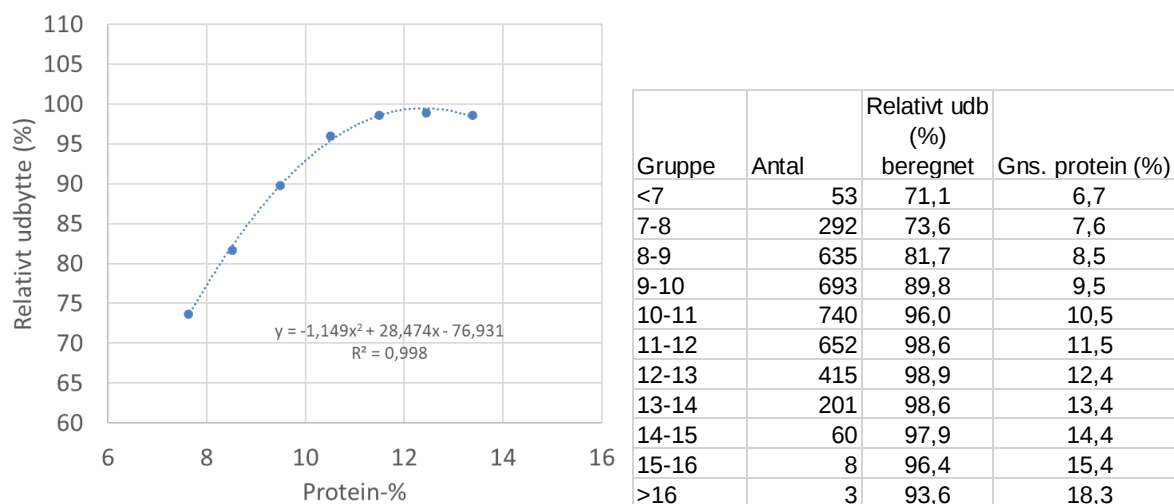
De afprøvede kurvetyper er Mitscherlich kurve, andengradspolynomium og logistisk vækst (se figur 2). Det vurderes at andengradspolynomiet giver bedste tilpasning. Denne vurdering baseres blandt andet på en kurve lavet på gennemsnitsdata ved opdeling af data i grupper efter proteinprocenten, se figur 3. Denne måde at fremstille data på giver en næsten perfekt tilpasning til et andengradspolynomium. Ved anvendelse på alle data giver en tilpasning til et andengradspolynomium en R^2 på 0,46 og stærk signifikans ($p < 0.005$) på alle koefficienter.

Ud fra det relative udbytte kan opstilles nogle definitioner for tilpas kvælstofforsyning. F.eks. kunne man definere det "tilpasse" relative udbytte som værende fra 90 til 97 %. Og alt under og alt over som hhv. under- og overforsyning.

I tabel 1 fremgår skæring med kurven ved forskellige relative udbytter. Hvis det som ovenfor antages, at det "tilpasse" relative udbytte er fra 90-97 %, så vil en proteinprocent mellem 9,7 og 11,3 svare til en tilpas forsyning, mens lavere og højere proteinprocent vil hhv. under- og overforsyning.



Figur 2: Forskellige kurvetilpasninger; Mitscherlich (venstre), andengradspolynomium (midt) og logistisk vækst (højre). Funktionen for viste det andengradspolynomium er $y = -1,14x^2 + 28,13x - 75,41$. $R^2=0,46$.



Figur 3: Fremstilling af data baseret på gennemsnit i grupper af data afhængigt af proteinprocenten.

Tabel 1: Proteinprocent ved udvalgte relative udbytter, beregnet ud fra det tilpassede andengradspolynomium (se figur 2, midt).

	Relativt udbytte (%)				
	90	93	95	97	98
Protein-%	9,7	10,2	10,7	11,3	12,0

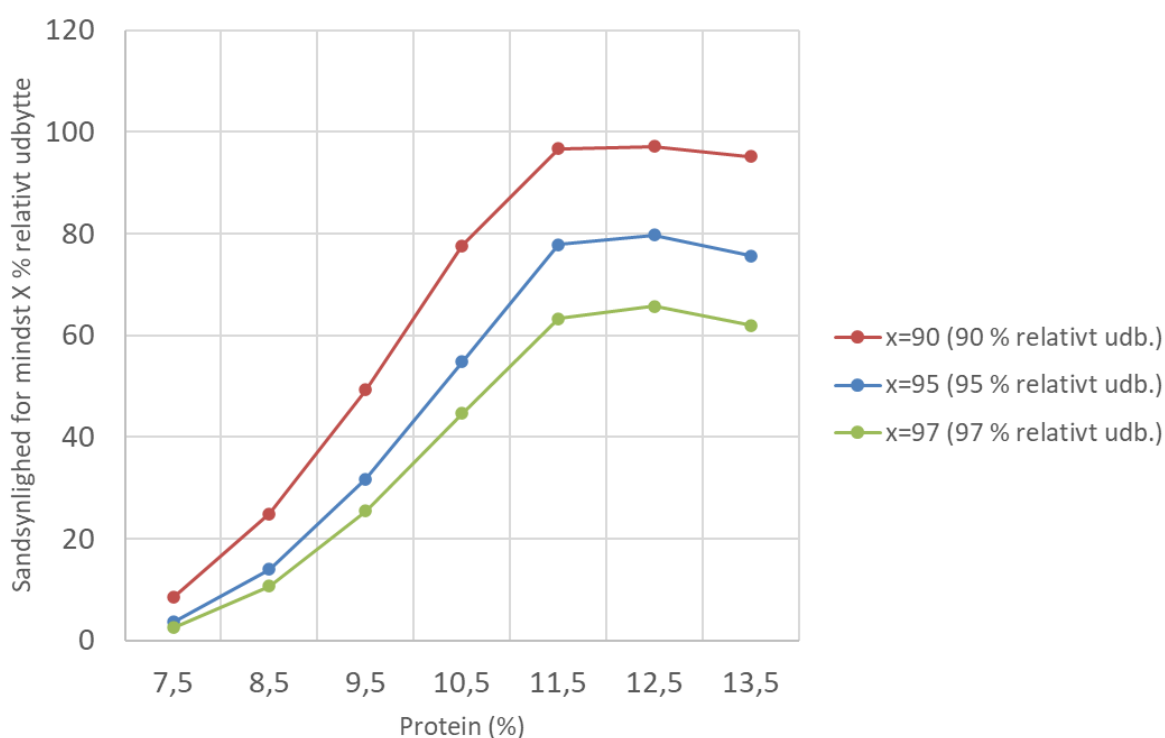
"Sandsynlighedstilgang"

For de forskellige proteingrupper (se figur 3) kan beregnes sandsynlighederne for at man ved det givne niveau har opnået et vist relativt udbytte. Ved en proteinprocent på 8,5 vil der f.eks. være 14 % sandsynlighed for at man har opnået 95% relativt udbytte. Ved en proteinprocent på 11,5 vil der være 78 % sandsynlighed for at man har opnået 95% relativt udbytte. I figur 4 er illustreret de beregnede sandsynligheder for opnåelse af hhv. minimum 90, 95 og 97 % relative udbytter ved forskellige proteinprocenter.

Når sandsynlighederne kendes, er det igen en vurderingssag, hvordan man vil sætte grænserne for tilpas kvælstofforsyning, herunder hvor høj sikkerhed man ønsker og hvor højt relativt udbytte, man vil operere med. Nedenfor fremsættes nogle forskellige betragtninger:

- Man ønsker at være 75 procents sikkerhed på et relativt udbytte mellem 90 og 97 %: så vil den tilpasse kvælstofforsyning ligge mellem 10,3 og 11,4 % protein-indhold.
- Man ønsker 50 % sandsynlighed for at have opnået mindst 90 % relativt udbytte: Så skal proteinprocenten være på mindst 9,5 for en tilpas kvælstofforsyning. Ved denne værdi vil der være 50 % sandsynlighed for at udbyttet ville være kunnet øget ved at have givet ekstra kvælstof, og 50 % sandsynlighed for at ekstra kvælstof ville være spildt.
- Ved proteinprocent 11,5 "knækker" alle tre kurver, dvs. der er ikke øget sandsynlighed for at øge det relative udbytte over protein 11,5%, og den øvre grænse for tilpas kvælstofforsyning kan derfor sætte stil 11,5 % protein.

[tilgangen kan forfines ved at lave "finere" intervaller og evt. lave en kurvetilpasning i stedet for forbundne punkter]



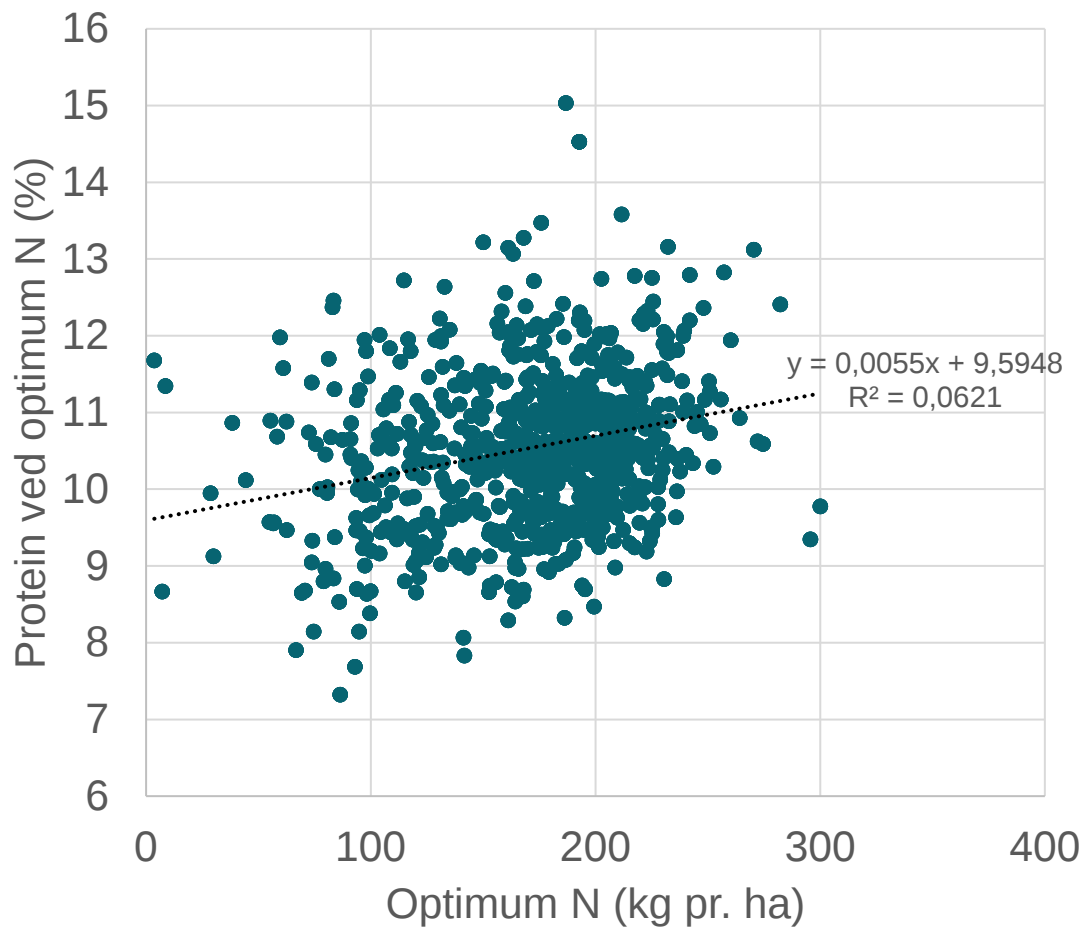
Figur 4: Sandsynlighed for at have opnået mindst x % relativt udbytte, hvor x er lig hhv. 90. 95 og 97. Bemærk at der som proteinprocent er brugt den midterste værdi i det anvendte interval. Den faktiske gennemsnitlige proteinprocent i gruppen kan godt afvige lidt herfra, dog maks. med 0,1 procentenhed.

"Sylvester-Bradley-tilgang"

En tredje tilgang til problemstillingen er at undersøge proteinprocenten ved det optimale N-niveau. I figur 5 er vist proteinprocenten ved optimum som funktion af det optimale N-niveau. Figuren viser, at proteinindholdet ved optimum er stort set uafhængigt af det optimale N-niveau.

Under antagelse af, at protein ved optimum er uafhængigt af det optimale N-niveau, kan det gennemsnitlige "optimale" proteinindhold beregnes til 10,5 %. Spredningen på dette er 1,0 og 95%-konfidensinterval er +/-0,07.

Hvis konfidensintervallet anvendes til at opsætte grænserne for den tilpasse kvælstofforsyning, bliver intervallet meget snævert og ikke brugbart. Hvis det giver mening at bruge spredningen i stedet, bliver intervallet 9,5 til 11,5.



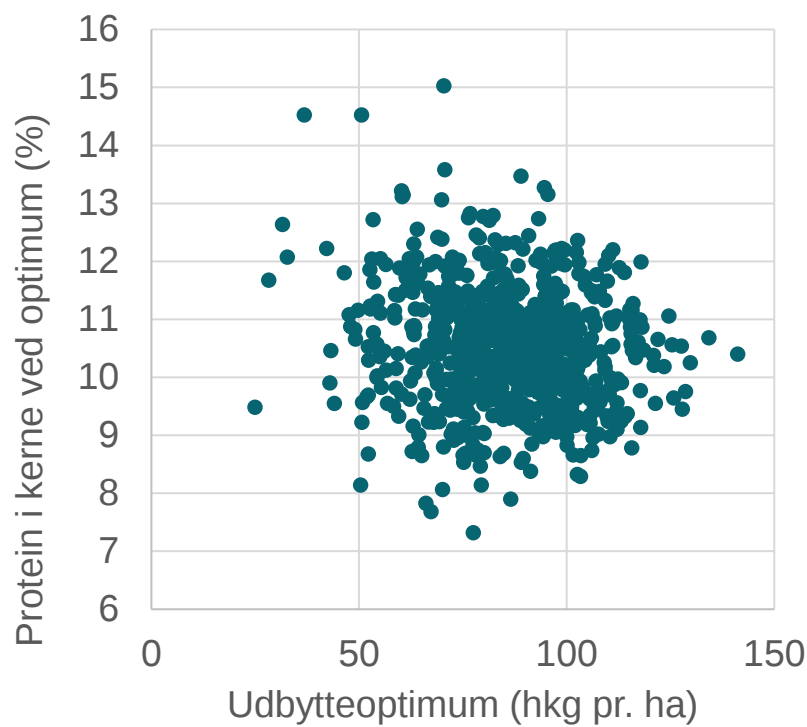
Figur 5. Protein-% ved det optimale N niveau som funktion af det optimale N-niveau.

Er protein-procenten ved tilpas kvælstofforsyning afhængig af udbyttetiveauet?

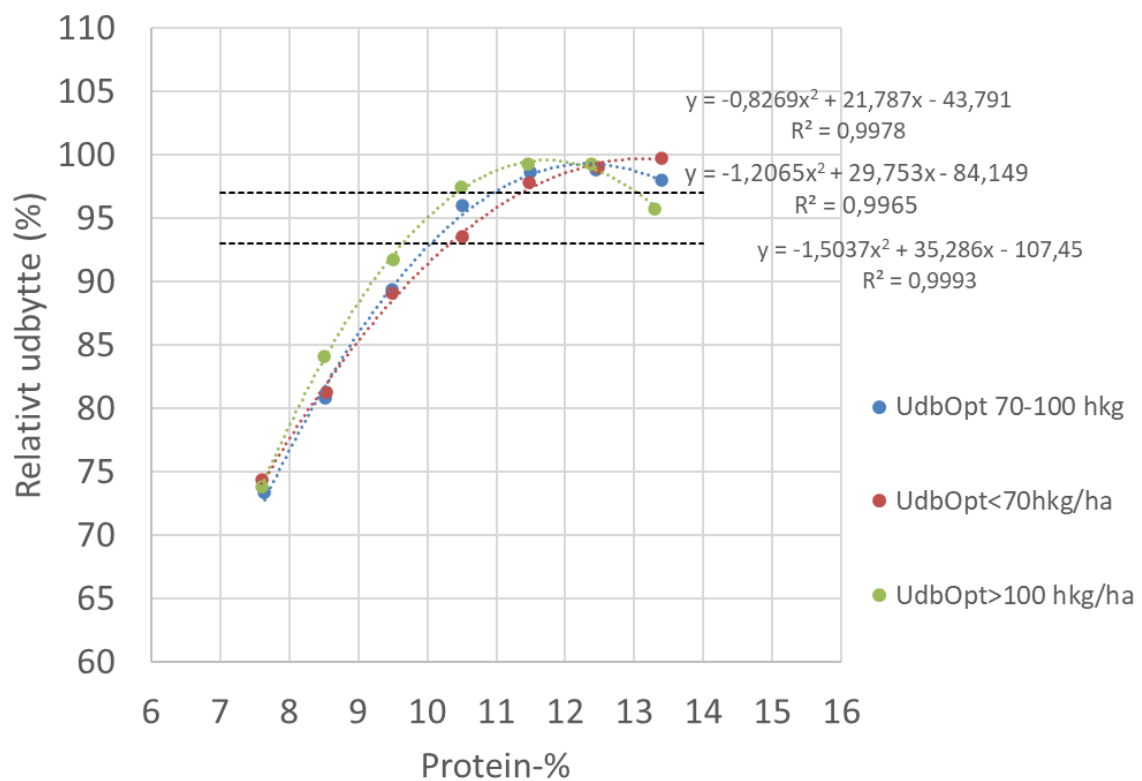
Det kunne forventes, at et højt udbyttetiveau, alt andet lige, vil betyde en lavere proteinprocent i kernen. Og omvendt, at et lavt udbyttetiveau ville betyde en højere proteinprocent i kernen. Og at anbefalinger vedr. proteinprocent i kernen skulle være afhængige af udbyttetiveauet.

I figur 6 er vist protein i kernen ved optimum som funktion af det optimale (maksimale) udbytte og resultaterne tyder på, at proteinindholdet ikke er afhængigt af udbyttetiveauet. Opdeles data i 3 grupper afhængigt af udbyttetiveauet (udbytteoptimum) i tre grupper <70 hkg/ha, 70-100 hkg/ha og >100 hkg/ha fås også relativt små forskelle i den gennemsnitlige proteinprocent ved optimum på hhv. 10,8, 10,5 og 10,3.

Med opdeling af data i "kurvetilgangen" fås forskellige funktioner, afhængigt af udbyttet, og der er også små forskelle i, hvor kurverne rammer et givent relativt udbytte, se figur 7. Opdelingen i de tre grupper på <70 hkg/ha, 70-100 hkg/ha og >100 hkg/ha rammer f.eks. 95% relativt udbytte ved hhv. 10,7, 10,4 og 10,0% protein.



Figur 6. Protein kernen ved optimum (udbyttemaks) som funktion af udbytteoptimum (det maksimale udbytte).



Figur 7. Gennemsnitligt relativt udbytte som funktion af gennemsnitlig proteinprocent for tre forskellige udbytteniveauer baseret på udbytteoptimum.

Opsummering og foreløbig konklusion

I nedenstående tabel er opsummeret hovedresultater for tre forskellige tilgange til at finde det proteinniveau i kernen, som udtrykker en "tilpas" kvælstofforsyning. Resultaterne peger på, at området for tilpas kvælstofforsyning ligger **ca. fra 9,5 til 11,5 % protein**, når der *ikke* tages højde for udbytt niveau. Fælles for alle tilgange er dog, at resultaterne er meget afhængige af, hvordan man vælger at definere grænserne.

	Metode	Nedre grænse		Øvre grænse	
		Definition	Protein-%	Definition	Protein-%
Kurvetilgang	2.gradspol. tilpasset relativt udbytte vs. protein%	90 % relativt udbytte	9,7	97 % relativt udbytte	11,3
Sandsynligheds-tilgang	Beregning af sandsynlighed for et vist relativt udbytte for en given proteinprocent.	50% sandsynlighed for 90% relativt udbytte	9,5	Ingen øget sandsynlighed for at øge det relative udb. over denne grænse	11,5
Sylvester-Bradley tilgang	Protein% ved det optimale N-niveau, under antagelse af uafhængighed.	Gns. ÷ spredning	9,5	Gns. + spredning	11,5

Der er en tendens til at grænserne vil være påvirket af udbytt niveauet, hvor "midten" af intervallet for "tilpas" kvælstofforsyning er øges med ca. 0,3 procentenheder fra højt udbytt niveau (> 100 hkg/ha) til mellem udbytt niveau (70-100 hkg/ha) og igen med ca. 0,3 procentenheder til lavt udbytt niveau (<70 hkg/ha). Kigger man imidlertid på et plot af protein i kernen ved optimum (udbytt maks) som funktion af udbytteoptimum (det maksimale udbytte), så ser der ikke ud til at være nogen sammenhæng (se figur 6).