

## Protein i biomasser – udvinding ved bioraffinering

### Indledning

Aarhus Universitet har undersøgt forskellige afgrøders indhold af protein. I forbindelse med undersøgelsen af proteinindholdet i afgrøderne, blev der analyseret for vandopløselige og ikke-vandopløselige proteiner. De vandopløselige proteiner kan gennem bioraffinering ekstraheres ud til en proteinpasta.

Denne artikel er et resume og præsentation resultaterne fra denne videnskabelige artikel: **Crude protein yield and theoretical extractable true protein of potential biorefinery feedstocks.** / Solati, Zeinab; Manevski, Kiril; Jørgensen, Uffe; Labouriau, Rodrigo; Shahbazi, Shima; Lærke, Poul Erik. I: *Industrial Crops and Products*, Bind 115, 22.02.2018, s. 214-226.

### Dyrkningssystemer

Der er set på en lang række afgrøder, som er blevet dyrket i forsøgspareller hos Foulumgård i tre forskellige scenarier, der repræsenterer følgende dyrkningssystemer/markplaner:

- Optimeret sædskifte
  - Marker, der dyrkes med det formål at opnå et højt biomasseudbytte.
- Flerårige græsser
  - Marker med flerårige græsser.
- Traditionelt dansk sædskifte
  - Marker, der dyrkes med traditionel dansk sædskifte.

I Tabel 1 er afgrøderne i sædskifterne anført og Figur 1 viser forsøgene med de forskellige sædskift.

*Tabel 1: Markplaner for dyrkningssystemerne optimeret rotationer, flerårige græsser og traditionelt system. \* Hampprøven manglede i 2014. <sup>1</sup>DLF36 mix med følgende indhold: *Trifolium repens* cv. *Silvester*, *Festuca arundinacea* cv. *Tower*, *Lolium multiflorum* cv. *Humbi*, *Phleum pratense* cv. *Winnetou* and *Festuca arundinacea* cv. *Laura*. <sup>2</sup>SLU mix med følgende indhold: *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum*, *Galega orientalis*, *Phalaris arundinacea* cv. *Bamse*, *Festuca arundinacea* cv. *Hykor*, *Dactylis glomerata* cv. *Donata* and *Medicago sativa*.*

|                                     | 2013  | 2013-2014           | 2014  |
|-------------------------------------|---|---------------------|---|
| <i>Optimeret sædskifte</i>          |   |                     |   |
| 1                                   | Majs (Amagrano)   | Vinterrug (Mantros) | Roer (Gerty)  |
| 2                                   | Roer (Gerty)  |                     | Hamp (Santhica 24)*   |
| 3                                   | Hamp (Santhica 24)  | Triticale (Ragtac)  | Kløvergræs (Trocadero-Rajah)                                  |
| 4                                   | Triticale (Ragtac)  | Vinterrug (Kapitän) | Majs (Amagrano)   |
| <i>Flerårige græsser</i>            |   |                     |   |
| 1                                   | Rajsvingel (Hykor)  |                     | Rajsvingel (Hykor)  |
| 2                                   | Strandsvingel (Kora)  |                     | Strandsvingel (Kora)  |
| 3                                   | Rørgræs (Bamse)   |                     | Rørgræs (Bamse)   |
| 4                                   | Hundegræs (Donata)  |                     | Hundegræs (Donata)  |
| 5                                   | Bælgplanter bl.a. lucerne og rød kløvergræs DLF <sup>1</sup>  |                     | Bælgplanter bl.a. lucerne og rød kløvergræs DLF <sup>1</sup>  |
| 6                                   | Bælgplanter bl.a. lucerne og hvid kløvergræs SLU <sup>2</sup> |                     | Bælgplanter bl.a. lucerne og hvid kløvergræs SLU <sup>2</sup> |
| 7                                   | Elefantgræs X giganteus                                       |                     | Elefantgræs X giganteus                                       |
| 8                                   | Elefantgræs sacchariflorus                                    |                     | Elefantgræs sacchariflorus                                    |
| <i>Traditionelt dansk sædskifte</i> |   |                     |   |
| 1                                   | Majs (Amagrano)   |                     | Majs (Amagrano)   |
| 2                                   | Vinterhvede (Hereford)  |                     |   |
| 3                                   | Vårbyg (Simba)  |                     | Vinterbyg (Matros)  |



Figur 1: Forsøgsmarker ved Foulumgård, hvor afgrøderne blev dyrket i felter af ca. 0,5 ha. Kilde: Kiril Manevski, Århus universitet.

Der kan læses mere om de forskellige sædskifter i den videnskabelige artikel: *Biomass productivity and radiation utilisation of innovative cropping systems for biorefinery* af Manevski, K., Lærke, P.E., Jiao, X., Santhome, S., Jørgensen, U., 2017.

### Gødning

Gødning blev tilført efter retningslinjerne under dansk lovgivning. I Tabel 2 er vist eksempler på tilført kvælstof.

Tabel 2: Anvendt kvælstofgødning for afgrøderne i dyrkningsforsøgene hos Foulum.

| Afgrøder                            | Gødningsmængde [kg N/ha] |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Majs                                | 160-200                  |
| Roer                                | 130-180                  |
| Hamp                                | 120-130                  |
| Triticale                           | 130                      |
| Vinterrug                           | 50-120                   |
| Bælgplanter inkl. kløver og lucerne | 30 ved såning            |
| Rørgræs og strandsvingel            | 425-500                  |
| Kløvergræs                          | 30                       |

## Resultater og vurdering

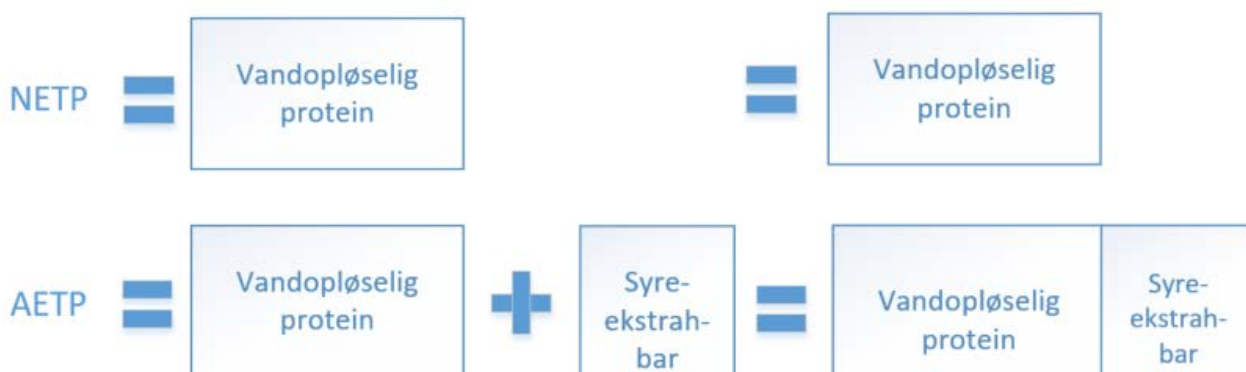
Proteinindholdet for afgrøderne blev målt som råprotein og den andel af protein, der kan ekstraheres/udvindes (på engelsk Theoretical Extraxtable True Protein (TETP)).

Grunden til at man ikke ser alene på råprotein skyldes at man ikke alene ud fra råprotein kan vurderer muligheden for at ekstraher proteinerne fra afgrøderne.

Mængden af råprotein ikke siger noget om, hvor opløselig proteinerne er og deraf muligheden for at ekstraher dem.

Opløseligheden kan udtrykkes ved:

- Neutral ekstraherbar protein (NETP), på engelsk Neutral Extractable True Protein. Det er denne andel, der forventes nemt at kunne ekstraheres vha. mekanisk/fysisk forbehandling. Disse kan også forenklet benævnes som vandopløselige proteiner.
- Syre ekstrah-bar protein AETP, på engelsk Acid Extractable Protein. Denne fraktion kan associeres til plante celledæggene og kan kræve ekstra forbehandling, hvis de skal ekstraheres. I denne fraktion indgår andelen NETP dvs. er NETP 50 g protein/kg tørstof og kan der udvindes 5 g protein/kg tørstof vha. syre er AETP 55 g protein/kg tørstof.



Udover NETP og AETP er der lille andel tilbage af råproteinet, der ikke er let opløselig.

Nedenfor viser Figur 2, at de flerårige græsser udmærker sig ved at både have et højt udbytte af protein samtidigt med, at de har et højt biomasseudbytte. Dette kan blandt andet tilskrives at de har fået tilført en stor mængde kvælstof end de øvrige biomasser.

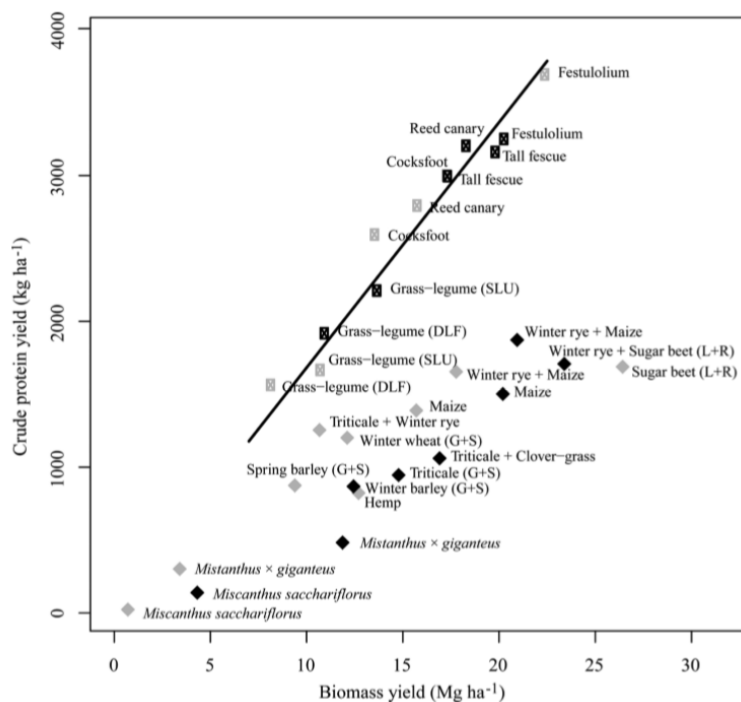


Fig. 1. Relationship between annual biomass yield and annual crude protein yield for the studied crops in 2013 and 2014 at Foulum site, Denmark. Each symbol represents a mean of 4 replicates. Correlation line represents a linear relationship ( $p < 0.0001$ ) between annual biomass yield and annual crude protein yield of pure grasses and grass-legume mixtures (square symbols). Grey and black symbols represent data for 2013 and 2014, respectively. G = grain, S = straw, L = leaf, R = root.

Figur 2: Sammenhæng mellem årlige afgrødeudbytte og årlig råprotein i 2013/2014 hos Foulumgård. Grå og sorte symboler repræsenter henholdsvis data for 2013 og 2014 med hver 4 gentagelser. Den sorte linje præsenter den lineære sammenhæng. G=korn, S=strå, L=blade og R=rødder.

Data for udbyttet af råprotein er ligeledes vist i Figur 3, hvor det ses at sædskifte med flerårige græsser samlet set giver det højeste proteinudbytte.

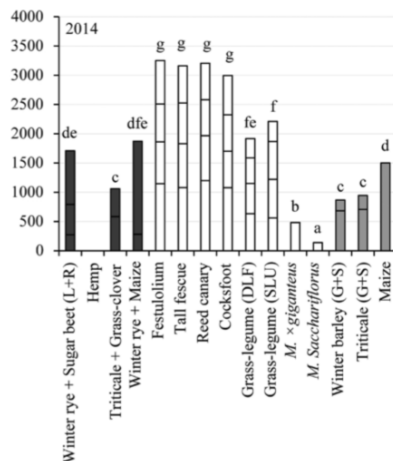
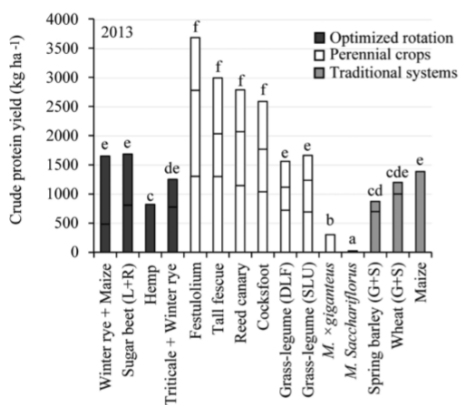


Fig. 2. Annual crude protein yield for annual crops in optimized rotations, perennial crops and traditional systems in 2013 and 2014 at Foulum site, Denmark. Bars indicate Gamma-model estimated mean values. Stacked bars for optimized rotations show double crops, for perennial crops correspond to cuts and for traditional systems correspond to grain (G) and straw (S). L and R is leaf and root, respectively. Hemp sample in 2014 was missing, hence was not analyzed. Equal lower case letters show absence of statistical significant differences at a 5% significance level.

Figur 3: Udbyttet af råprotein for de forskellige sædskifte.

Ser man alene på indholdet af vandopløseligt protein), ses det, at bælglplanter har samme indhold af NETP. Resultaterne for indholdet af NETP er vist på Figur 4.

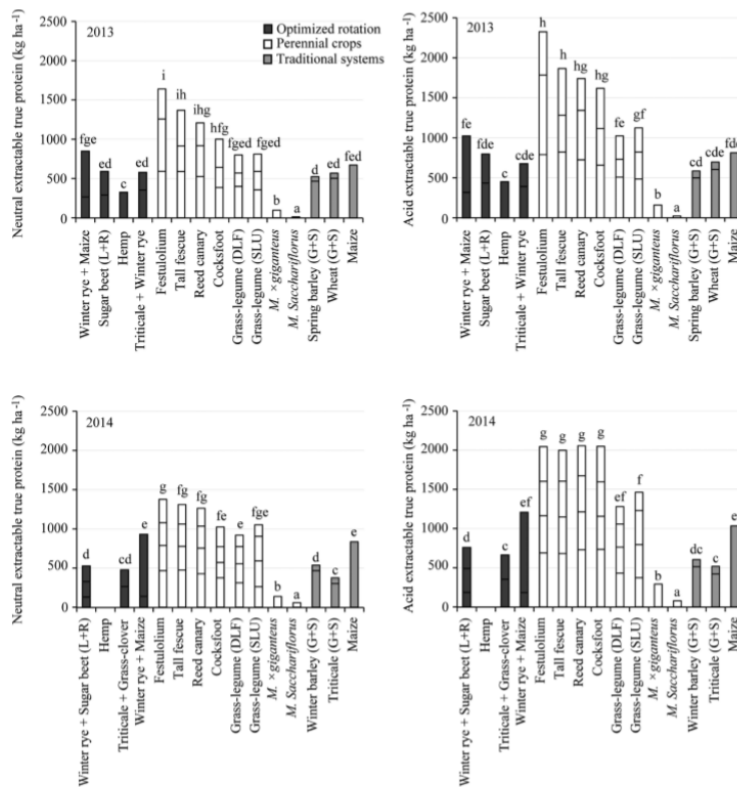
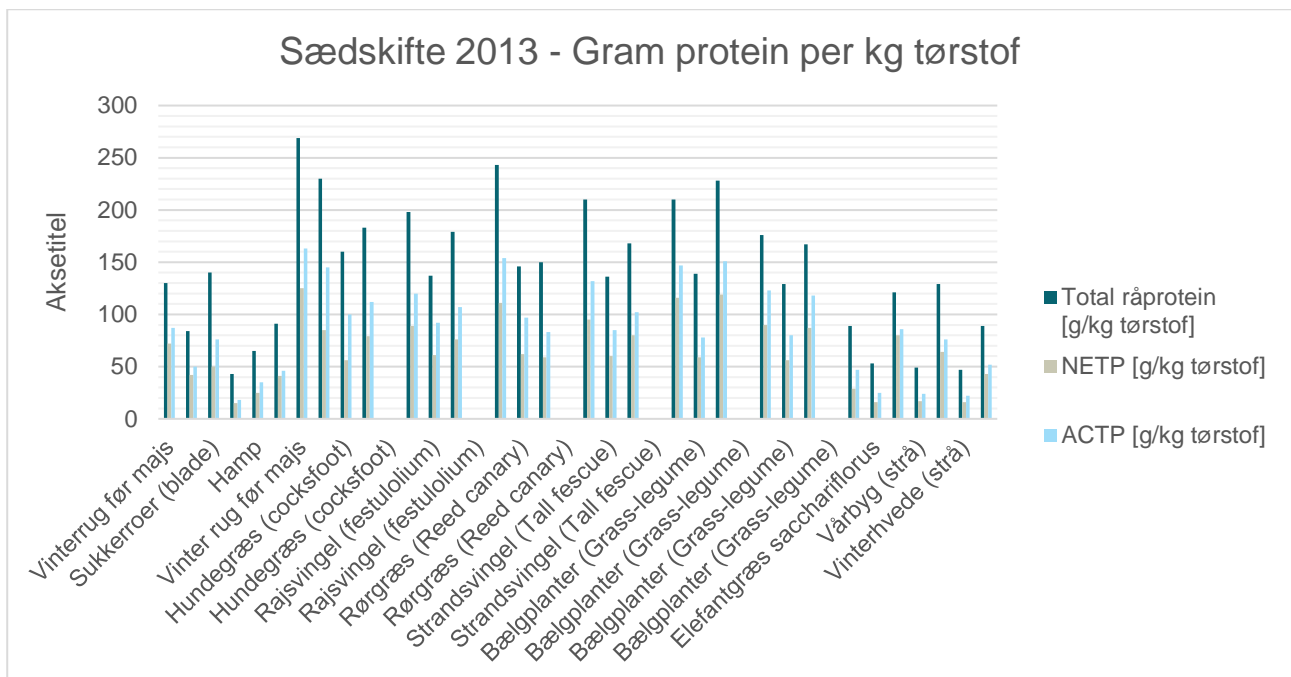


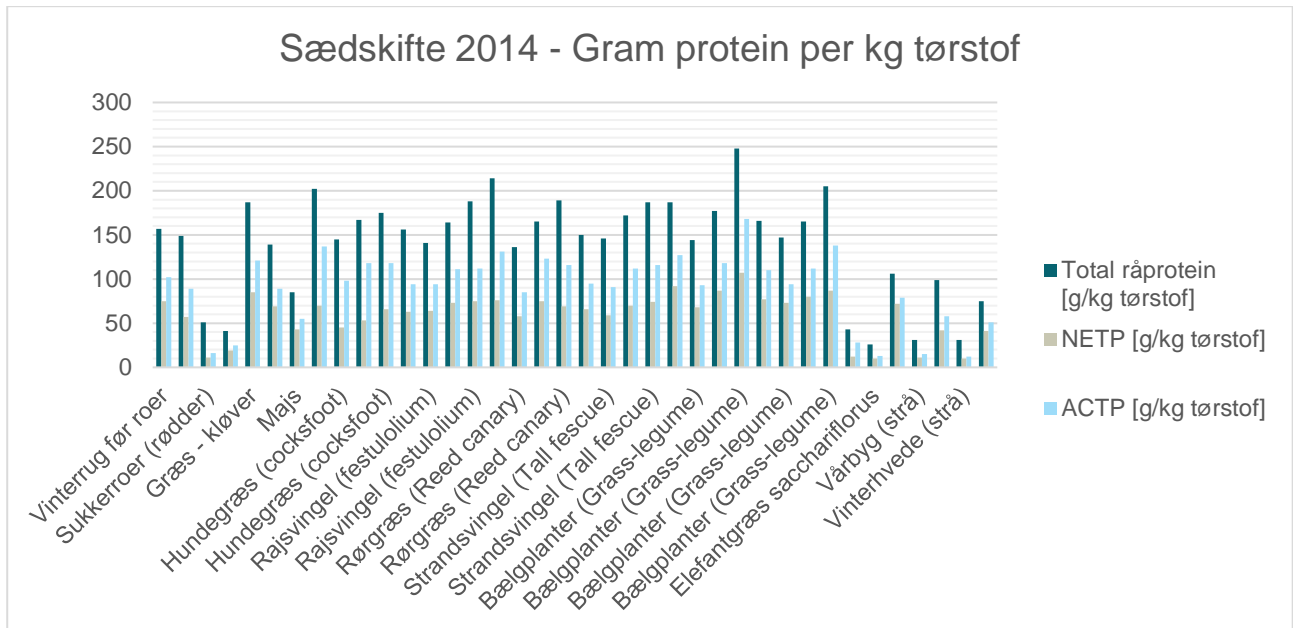
Fig. 3. Annual theoretical extractable true protein for annual crops in optimized rotations, perennial crops and traditional systems in 2013 and 2014 at Foulum site, Denmark. Bars indicate Gamma-model estimated mean values. Stacked bars for optimized rotations show double crops, for perennial crops correspond to cuts and for traditional systems correspond to grain (G) and straw (S). L and R is leaf and root, respectively. Hemp sample in 2014 was missing, hence was not analyzed. Equal lower case letters show absence of statistical significant differences at a 5% significance level.

Figur 4: Udbyttet af proteinfraktionerne NETP og ACTP.

I tabellerne nedenfor er resultaterne samlet for måling af råprotein og fraktionerne for NETP og ACTP. Tabellerne viser at op til 46 % af råproteinet var NETP for afgrøder, der var rene græsser.



Figur 5: Oversigt for proteinindhold i forskellige afgrøder, baseret på data fra artikel (Crude protein) tabel 5.



Figur 6: Oversigt for proteinindhold i forskellige afgrøder, baseret på data fra artikel (Crude protein) tabel 6.

## Konklusion

Ser man alene på indholdet af råprotein har de flerårige græsser det højeste indhold af protein. Ser man samtidigt på indholdet af vandopløselig protein ligger kløver og kløvergræs ligeledes højt. Samtidigt er det vigtigt at bemærke, at sædplanter og kløvergræs skal have tilført væsentlig mindre gødning sammenlignet med de øvrige flerårige græsser for at opnå samme vandopløselig proteinmængde. Derudover har bælgplanterne og kløvergræsset den fordel, at de beriger jorden med kvælstof. Dette stemmer godt overens med, at man i dag ser meget på muligheden for at anvende kløvergræs til bio-raffinerings med det formål at udvinde proteiner. Her er det væsentlig at proteinerne relativt nemt kan udvinde ved enkle processer, hvilket for kløvergræsset vandopløselige proteiner.

## Fakta

Definition af råprotein:

Råprotein (på engelsk benævnt crude protein) repræsenterer det totale indhold af kvælstof i fodret. Det indbefatter både ren/sand-protein og også ikke-protein kvælstof (eksempelvis urea og ammoniak som foder, men ikke nitrat). Grunden til at man i princippet har kvælstof med, som ikke er protein i råprotein er pga. ikke-protein kvælstof kan blive anvendt som byggesten til protein ved indtagelse af det som foder.

Helt overordnet for foder kan man sige, at for hvert gram kvælstof man har, kan man antage, at man har 6,25 gram protein. Dette er baseret på, at protein fra blade og stængler generelt indeholder 16% protein. Man skal dog være opmærksom på, at der er tale om blade og stængler, da den for eksempelvis for frø/kerner er 5,70 gram protein per gram kvælstof.

Definition af protein:

Råprotein minus ikke-protein kvælstof.

Kilde/delvis oversat: <http://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1367&title=Common%20Terms%20Used%20in%20Animal%20Feeding%20and%20Nutrition>