



Produktion af biomasse til bioraffinering

Dansk landbrug kan levere ekstra biomasse til bioraffinering – også under hensyn til den nuværende produktion af fødevarer og foder og under hensyn til miljøkrav. [Promilleafgiftsfonden for landbrug](#)

Indhold:

- [Indledning](#)
- [Halm](#)
- [Efterafgrøder](#)
- [Roer](#)
- [Flerårige græsser](#)
- [Andre afgrøder/nicheafgrøder](#)
- [Konklusion](#)

Indledning

Bioraffinering er en raffinering af biomasse til produkter til en række forskellige formål, f.eks. farmaceutiske produkter og kemikalier, fødevarer og fødevaringredienser, biomaterialer, foder, biobrændstof og biobrændsel m.m. Bioraffinering kan derfor dække over et vidt spekter af processer og produkter, som kan spænde fra højt avancerede processer og dyre produkter til mere enkle processer og produkter af relativt lav værdi. Allerede på nuværende tidspunkt raffineres biomasse til en række produkter til f.eks. levnedsmidler. På længere sigt forventes der at blive udviklet mange nye og forbedrede bioraffineringsprocesser, hvilket vil skabe nye forretningsmuligheder og øget efterspørgsel efter biomasse af en kvalitet, der er tilpasset de forskellige raffineringprocesser.

Det er oplagt, at dansk landbrug kan levere biomasse af den nødvendige mængde og kvalitet til fremtidens efterspørgsel til bioraffinering. Det er dog helt afgørende, at den øgede brug af biomasse til nye bioraffineringsformål ikke går ud over den nuværende biomasseproduktion til især fødevarer og foder. Dette kan bl.a. imødekommes ved at øge udbyttet pr. ha, f.eks. gennem dyrkning af mere produktive arter og sorter. Desuden vil en del former for bioraffinering kunne give forskellige fraktioner, som både tilgodeser nuværende og fremtidige behov for biobaserede produkter, f.eks. en proteinfraktion til foder og en kulhydratfraktion til energiformål. En anden grundforudsætning for den fremtidige biomasseproduktion er, at dyrkningen lever op til de fremtidige miljøkrav. I rapporterne “+10 millioner tons planen” (Gylling *et al.*, 2012) og ‘Biomasseudnyttelse i Danmark – Potentielle ressourcer og bæredygtighed’ (Jørgensen *et al.*, 2013) anvises en række muligheder for at øge biomasseproduktionen i Danmark. Nedenfor uddybes nogle af mulighederne for på kort sigt at kunne øge biomasseproduktionen på landbrugsarealer til forskellige former for bioraffinering.

Halm

Halm opfattes ofte som et biprodukt fra kornproduktionen. Af den nuværende halmproduktion bruges en del til foder og strøelse og en del til energiformål i form af forbrænding på f.eks. fjernvarmeværker. Resten af halmen efterlades og nedmuldes i jorden til gavn for jordens kulstofpulje. Halm kan også bruges til produktion af biogas og bioethanol, og flere biogasanlæg er begyndt at anvende halm som supplerende biomasse. Ved anvendelse af halm i biogasproduktionen ‘raffineres’ halmen til metan samt en restfraktion, som tilbageføres til marken. I Danmark er der endnu ikke fuldskala-anlæg til produktion af bioethanol baseret på halm (2. generations ethanol), men der er planer om at bygge et anlæg ved Holstebro (Maabjerg Energy Concept). Ved denne produktion raffineres halmen til bioethanol til brændstof, en melassefraktion med C5-sukker til foderformål samt en ligninfraktion, der kan bruges til forbrænding eller på længere sigt til raffinering af kemiske produkter.

Hvis der i fremtiden skal anvendes større mængder halm til f.eks. biogas og bioethanol, så vil produktionen af halm også kunne øges væsentligt ved at vælge kornsorter med højere halmudbytte. Forsøg med vinterhvedesorter har f.eks. vist, at halmudbyttet var op til 37-57 % større i nogle sorter end i andre sorter, selvom sorterne havde omtrent samme kerneudbytte (Larsen *et al.*, 2012). Ved valg af mere halmrige sorter skal der dog også tages hensyn til sorterens evne til at undgå lejesæd. Derudover vurderes det, at halmudbyttet kan øges med 15 % ved at ændre høstteknologien, således at avner og andre mindre partikler også opsamlles. Der er således et stort potentiale for at øge ressourcen af halm biomasse til bioraffinering, også på meget kort sigt og uden ændringer i sædskiftet i øvrigt.



Billede 1. Forsøg halm- og kerneudbytte i vinterhvedesorter i 2008 og 2009. På billedet af et af forsøgene i 2009 ses til venstre den kortstråede sort Oakley og til højre den længere sort Inspiration. Som gennemsnit af de to år gav Inspiration 10,7 hkg mere halmtørstof pr. ha (35 %) men 1,5 hkg kernetørstof pr. ha (2,0 %) mindre end Oakley. Forskellen i kerneudbytte var ikke statistisk sikker. Fotograferet 4/8 2009. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

[Til top](#)

Efterafgrøder

Efterafgrøder dyrkes i betydeligt omfang i Danmark pga. lovkrav om en vis andel af efterafgrøder på bedriften. Generelt nedmuldes efterafgrøderne

til gavn for jordens frugtbarhed og den efterfølgende afgrøde. Biomasse fra efterafgrøderne kan dog også høstes og anvendes til biogasproduktion, hvorved biomassen raffineres til metan og en restfraktion, som kan føres tilbage til marken den efterfølgende vækstsæson (Larsen, 2014). På længere sigt forventes det også muligt at udvinde proteinfoder af denne grønne biomasse. Udnyttelse af efterafgrøder til bioraffinering vil ikke umiddelbart have nogen indflydelse på sædskiftet og den øvrige biomasseproduktion.

Udbyttet af efterafgrøder er dog meget svingende, bl.a. afhængig af tidspunktet for etableringen af efterafgrøderne, nedbør og næringsstofforsyningen. Når næringsstofforsyningen er den begrænsende faktor for efterafgrødernes vækst, kan gødskning øge biomasseproduktionen, og i en del forsøg er der opnået merudbytte ved gødskning af efterafgrøder, bl.a. for italiensk rajgræs udlagt om foråret i vårbyg (se Oversigt over Landsforsøgene 2011, 2012 og 2014a, hhv. s.235-237, 234-236 og 370-372). Det tyder derfor på, at en forårsudlagt efterafgrøde af f.eks. italiensk rajgræs, der gødskes moderat, kan give en pæn biomasseproduktion og dermed øge den samlede biomasseproduktion. Efterafgrøden må dog ikke blive så kraftig, at den reducerer udbyttet af dæksæden.

Hvis dæksæden ribbehøstes 2-3 uger før modenhed vil det formodentlig give efterafgrøden bedre vækstbetingelser og mulighed for at øge udbyttet. I forsøg i 2014 med italiensk rajgræs som efterafgrøde i vårbyg er der dog ikke opnået højere udbytte af efterafgrøden, når kornet blev ribbehøstet op til 22-24 dage tidligere end alm. mejetærskning ved modenhed (Oversigt over Landsforsøgene 2014a, s.370-372). Det er dog tænkeligt, at der kan opnås et merudbytte i andre år, hvor kornhøsten er senere end tilfældet var i 2014.

Da både halm og efterafgrøde kan bruges til biogasproduktion, er det muligt at lade strået stå på marken efter kornhøsten og i stedet høste halmen sammen med efterafgrøden om efteråret (Fog, 2014; Oversigt over Landsforsøgene 2013 og 2014a, hhv. s.204-208 og 370-372). Dette kan enten gøres ved at mejetærsk kornet med høj stub eller ved at ribbehøste kornet. Dette system giver næppe en større samlet biomasseproduktion pr. ha, og forsøg i 2014 tyder på, at det samlede udbytte af halm og efterafgrøder kan være noget større ved separat høst af halm i august og efterafgrøder i oktober end ved samlet høst om efteråret (Oversigt over Landsforsøgene 2014a, s.370-372). Til gengæld kan samlet høst af halm og efterafgrøde medvirke til at opnå så stort et udbytte pr. ha, at det bliver rentabelt at høste biomassen, hvilket ellers kan knibe ved høst af ren efterafgrøde. Desuden kan halmen i blandingen være med til at sikre, at der ikke forekommer saftafløb ved ensilering af blandingen.



Billede 2. Forsøg i 2014 med ribbehøst af vårbyg med italiensk rajgræs som efterafgrøde. På billedet ses parceller, hvor vårbyggen er ribbehøstet 8/7 2014, og hvor strået enten er fjernet 31/7 2014 eller efterladt. I parcellen til venstre uden strå er der ikke gødsket, mens der i parcellen til højre er gødsket med 50 kg N pr. ha 7/8 2014. Fotografert 28/8 2014. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

[Til top](#)

Roer

Roer har et stort udbyttepotentiale, og der er ikke umiddelbart andre enårige afgrøder, der under danske forhold kan give lige så højt udbytte som roer. I to artsforsøg med roer og majs har roer f.eks. givet 33-40 % højere tørstofudbytte end majs, når både roens rod og top høstes (Oversigt over Landsforsøgene 2009, s.189-191). Udover anvendelse til foder kan roer bruges til produktion af sukker, biogas eller bioethanol. Med den rette separeringsteknik vil roeroden også kunne fraktioneres i en sukkerfraktion til f.eks. produktion af energi eller kemikalier og en fiberfraktion til foder. På sigt vil der også kunne udvindes en proteinfraktion fra roetoppen.

Det høje udbytte fra roer gør, at den samlede biomasseproduktion vil kunne øges betydeligt ved at dyrke roer fremfor andre enårige afgrøder. En større andel af roer i sædskiftet vil dog fortrænge andre afgrøder og kan dermed påvirke den øvrige biomasseproduktion. Desuden trives roer bedst på relativt god jord, og selv på god jord kan der af hensyn til sygdomsforebyggelse kun dyrkes roer i samme mark med nogle års mellemrum.



Billede 3. Artsforsøg med roer, majs, hamp og jordskok i 2008 og 2009. Som gennemsnit af to sorter pr. art gav roer hhv. 33 og 40 % højere tørstofudbytte end majs i de to år. På billedet ses parceller med roer og majs i forsøget i 2009. Fotografert 19/8 2009. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

[Til top](#)

Flerårige græsser

Flerårigt slætgræs af f.eks. strandsvingel eller rajsvingel kan give stort udbytte. I forsøg ved Aarhus Universitet i Foulum har rajsvingel f.eks. givet mere end dobbelt så stort udbytte som vårbyg, selv når både halm og kerne høstes (Skøtt, 2014). Slætgræs kan dyrkes på mange jordtyper, men et højt udbytte forudsætter en god næringsstofforsyning inkl. en stor tilførsel af kvælstof. Selv ved kraftig gødskning ser der dog ud til at være en meget lille udvaskning af kvælstof fra rodzonen, bl.a. fordi der også fjernes en stor mængde næringsstoffer med biomassen (Skøtt, 2014; Oversigt over Landsforsøgene 2014b, s.184-188). Anvendelse af bælplanter såsom rødkløver i græsblandingen kan medvirke til at sikre kvælstofforsyningen med væsentlig mindre tilførsel af gødning.

Udover til foder kan slætgræs anvendes til biogasproduktion. På længere sigt er der store perspektiver for at raffinere biomassen til proteinfoder af forskellig kvalitet, som kan erstatte importeret soja. (Skøtt, 2014). Dyrkning af en større andel af græs i sædskiftet kan øge den samlede biomasseproduktion betydeligt. Men ligesom ved en øget andel af roer i sædskiftet kan en øget andel af græs også have konsekvenser for den øvrige produktion af biomasse. Slætgræs kan dog formodentlig dyrkes på visse arealtyper, som kun er moderat egnet til bl.a. korndyrkning, f.eks. fugtige sandjorde (Oversigt over Landsforsøg 2014b), og hvis der kun er begrænsede alternative anvendelsesmuligheder af arealet, vil en øget dyrkning af græs have mindre betydning.



Billede 4. Forsøg med gødskning af strandsvingel og røgræs dyrket på fugtig sandjord. På billedet høstes 1. slæt i strandsvingel i 1. brugsår. Fotograferet 5/6 2012. (Foto: Søren Ugilt Larsen, AgroTech).

[Til top](#)

Andre afgrøder/nicheafgrøder

Der kan også være behov for biomasse fra bestemte afgrøder, som kan anvendes til produktion af højværdiprodukter f.eks. kosttilskud eller kosmetik. F.eks. produceres der allerede ekstrakt af mælkebøtte og rødkløver som kosttilskud (www.herrens-mark.dk) og ekstrakt af pil til kosmetiske naturprodukter (www.salixin.dk). Selvom der ikke er tale om så store biomasse-mængder til disse formål, så er der i kraft af den høje salgsværdi sammenlignet med f.eks. produktion af energi tale om et vigtigt forretningsområde.

Hamp er et godt eksempel på en plante, hvor udnyttelse af de forskellige fraktioner af planten kan give merværdi. Hamp kan anvendes til et utal af produkter, lige fra biomaterialer til højværdifødevarer. Således kan den ofte 3 meter høje plante give lange, stærke fibre til brug i fiber-forstærkede kompositter, f.eks. bil-kompositter, men også i form af kompositter i byggeriet, f.eks. paneller, loftsplader m.v. Hamp er ikke mindst kendt for brug til isolering, i form af isoleringsbats til varme- og lydisolering. Fraktionen af hampeskæver kan anvendes til byggematerialer i form af hampebetonprodukter. Hamp indeholder endvidere en række højværdistoffer, der kan anvendes til fødevarerformål m.m., bl.a. proteinfraktionen og oliefraktionen i frøene. Proteiniet har højt indhold af aminosyrerne methionin, cystein, threonin, og hampeolien indeholder høje andele af højværdifedtsyrer som omega 3 og 6 m.fl., som gør olien interessant til human ernæring, og regnes for en af de bedste koldpressede spiseolier overhovedet.

Der er dog en lang række udfordringer indenfor de mange typer af hampeprodukter, som gør at produkterne ikke har haft store markeds gennembrud endnu, f.eks. opbygning af markeder, teknologiske udfordringer, dokumentation af egenskaber og CE-mærkning samt EU-regulativer. Men bl.a. EU-direktiver omkring bæredygtighed kan bruges som en driver til at få disse grønne produkter foran på markedet.

Hampen dyrket til modenhed kan også være en udfordring på danske breddegrader. Der er dyrkningsmæssige udfordringer mht. at bjerge frøvaren og opnå højere udbytter, og for at få økonomi i det for landmanden skal man samtidig fremme anvendelse af hele hampeplanten. Til gengæld har hamp en positiv effekt på sædskiftet, som forfrugt til f.eks. korn. Rødderne går dybt ned, og skaber liv i jorden, og hamp dyrkes uden brug af pesticider og kan udnytte husdyrgødning optimalt pga. den hurtige vækst i planten.



Billede 5. Dyrkning af hampeplanten til højværdiprodukter som isolering, hampebeton, proteinpulver og olier kræver specialudstyr og raffinering af biomassefraktionerne. (Foto: Bodil E. Pallesen, AgroTech).

[Til top](#)

Konklusion

Allerede på nuværende tidspunkt er der flere muligheder for at øge produktionen af biomasse til bioraffinering, enten helt uden eller med begrænset betydning for den øvrige biomasseproduktion og biomasseanvendelse. Hvor vidt produktionen i praksis vil blive øget af hensyn til forsyningen til bioraffinering afhænger primært af, om det er økonomisk attraktivt at producere biomasse til bioraffinering. Dette afhænger igen af udviklingen af nye og forbedrede teknologier til bioraffinering.

Kilder:

Fog, E. (2014). *Halm og efterafgrøde til biogas*. Sammendrag af indlæg på Plantekongres 2014, s.246-247.

Gylling, M., Jørgensen, U., Bentsen, N.S., Kristensen, I.T., Dalgaard, T., Felby, C. & Johannsen, V.K. (2012). *+10 mio. tons planen: muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier*. Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Jørgensen, U., Elsgaard, L., Sørensen, P., Olsen, P., Vinther, F.P., Kristensen, E.F., Ejrnæs, R., Nygaard, B., Krogh, P.H., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Johansen, A., Jensen, S.K., Gylling, M. & Bojesen, M. (2013). *Biomasseudnyttelse i Danmark – Potentielle ressourcer og bæredygtighed*. DCA Rapport, nr. 033, december 2013. 127 s.

Larsen, S.U. (2014). *Efterafgrøder til biogas – landbrugsmæssig vurdering*. Rapport vedr. ForskEl-projektet Catchcrops2biogas, 2011-2014. AgroTech, februar 2014. 20 s.

Larsen, S.U., Bruun, S., and Lindedam, J. (2012). *Straw yield and saccharification potential for ethanol in cereal species and wheat cultivars*. Biomass and Bioenergy, 45, 239-250.

Oversigt over Landsforsøgene (2009). *Sammenligning af udbyttepotentiale i højtstående, vårsåede afgrøder til energi*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.189-191.

Oversigt over Landsforsøgene (2011). *Efterafgrøder til biogas*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.235-237.

Oversigt over Landsforsøgene (2012). *Efterafgrøder til biogas*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.234-236.

Oversigt over Landsforsøgene (2013). *Efterafgrøder og halm til biogas*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.204-208.

Oversigt over Landsforsøgene (2014a). *Ribbehøst i vårbyg giver større udbytte og lavere foderværdi*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.370-372.

Oversigt over Landsforsøgene (2014b). *Stor gødningsrespons i strandsvingel og røgræs*. I: Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning. Videncentret for Planteproduktion, Planteproduktion. S.184-188.

Pallesen, B.E., 2013. *Dansk produktion af hampeolie og proteinpulver* LandbrugsInfo nyhed 1487; okt. 2013.

Pallesen B. E. (2011). *Isolering fremstillet af naturfibre som hamp og hør*.

Skøtt, T. (2014). *Dyrk græs i stedet for korn*. Forskning i Bioenergi, 49, september 2014, s.10-11.