

Notat



POWER BIO

Halm i højværdi-produkter

Udarbejdet af Roskilde Universitet



Interreg



Medfinansieret af
Den Europæiske Union

Øresund-Kattegat-Skagerrak

REGION
Sjælland
- vi er alle på

Halm - højværdige Bio Produkter

Del-undersøgelse af halm i Bio Power projektet

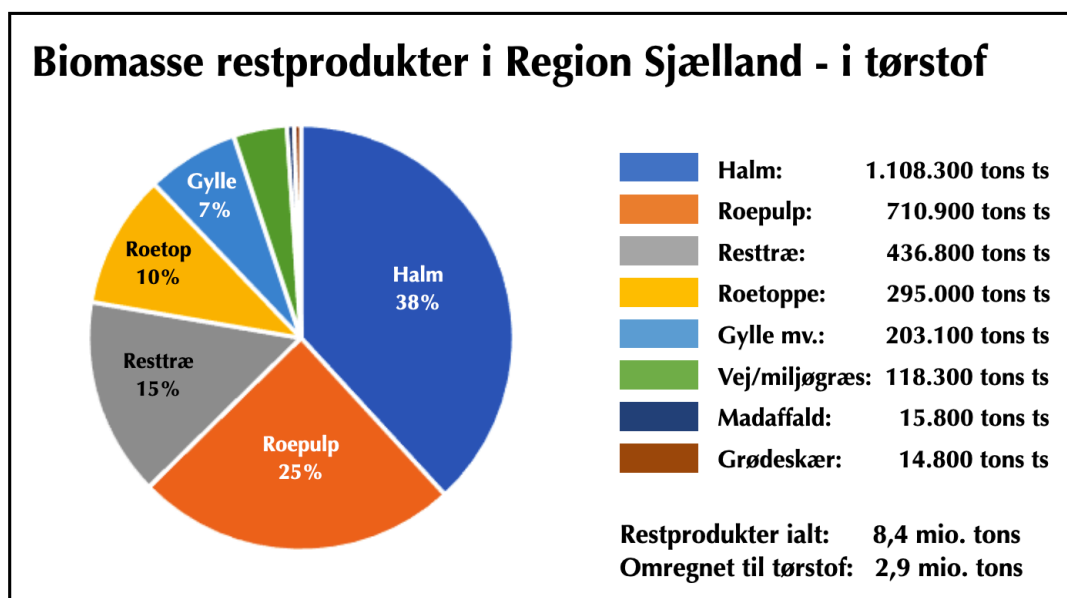
Tyge Kjær
Roskilde Universitet
Den 12. januar 2024.

1. Introduktion

Papiret skal primært handle om anvendelse af halm til højværdige produkter, men indledningsvist skal der introduceres til de tilgængelige mængder biomasse, til forskellige metoder til anvendelse af biomasse-restprodukterne og til, hvordan forskellige processer kan kobles sammen og dermed bidrage til en højværdig udnyttelse af halmressourcerne.

I Arbejdspakke 5 i Bio Power projektet arbejdes der med udviklingen af højværdiprodukter - herunder anvendelse af halm. Det er der flere grunde til: Dels er der en række potentialer for højværdi anvendelse af halm, og dels hører halmen til blandt de største biomasse-restprodukter. Det gælder ikke mindst for Region Sjællands vedkommende, som kan belyses med nedenstående oversigt.¹

Figur 1: Estimat af biomasse restprodukter i Region Sjælland; mængderne angivet i tons tørstof.



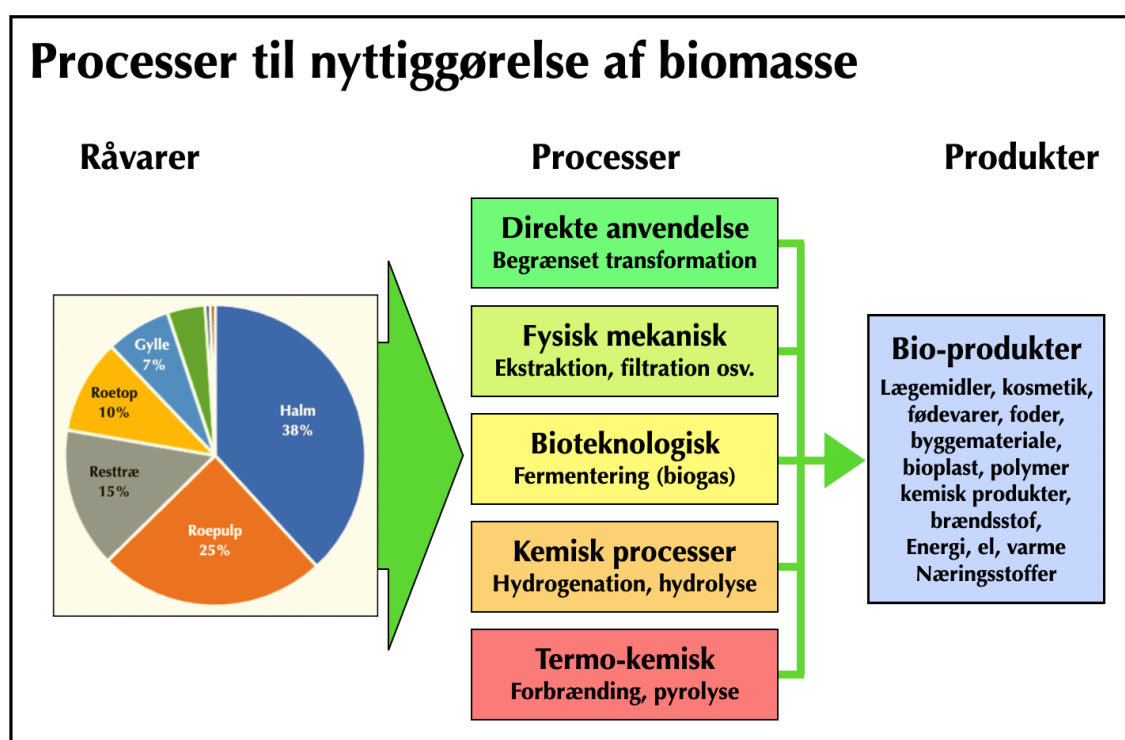
¹⁾ Data'erne er baseret på opgørelsen *Biomasse-Region Sjælland*, se *bilag 2*. Disse data er dels baseret på opgørelse i det biomassevurderingsværktøj, der er udarbejdet i projektet (Arbejdspakke 2), og dels suppleret med yderligere data. Det bemærkes, at dataoversigten bl.a. ikke indholder data fra madffald fra virksomheder (catering, restauranter mv.), gartneriaffald, haveaffald, tang og ålegræs og tilsvarende. Omregningen til tørstof er baseret på de specifikke tørstof-procenter for de pågældende fraktioner. Skønsmæssigt løber de samlede biomasse restprodukter op i ca. 10 mio. tons. Det bemærkes, at dele af de anførte biomasser allerede anvendes, primært til energiformål.

Figur 1 viser, at de to store fraktioner - halm og roepulp fra sukkerproduktionen - er de helt domineret restprodukter, svarende til 2/3 (63%) af de restprodukter, der er registreret i bilag 2. Mange af restprodukterne vil med fordel kunne anvendes til direkte eller indirekte erstatning for fossil baserede processer og produkter.

2. De bioøkonomiske produkter og processer

De forskellige typer af biomasse kan gøres anvendelig ved en række forskellige processer og teknologier, som transformerer biomasserne, så de kan indgå og erstatte de fossile råvarer og produkter. Nedenfor er et forsøg på at skitsere de vigtigste processer, som kan transformere biomasse-restprodukter til nyttige og i nogle tilfælde også til højværdige produkter.²

Figur 2: Hovedoversigt over de vigtigste processer til transformation af biomasse til forskellige produkter.



De fem hovedprocesser kan være mere eller mindre velegnet for de forskellige biomasse restprodukter, som er til rådighed. Det skal belyses med en kort introduktion til de fem processer, relateret til de biomasser, som er i særlig fokus i Bio Power projektet:

- 1) **Direkte anvendelse** (råvare type: rene fraktioner): Der er her tale om at begrænse transformationsprocesser, idet biomassen primært anvendes, sådan som den er. Et eksempel er anvendelse af ålegræs til produktion af byggemateriale, hvor materialets renhed kan være afgørende. Lignende eksempel er anvendelse af halm som isolering eller byggemateriale.³

²⁾ Inspireret af oversigter, udarbejdet af *Nova Institute for Ecology and Innovation*, GmbH, Hürth, Tyskland, jvf. adressen: www.nova-institute.eu

³⁾ Indsamling og sortering af ålegræs indgår som vigtig element i Bio Power projektet, jvf. arbejdspapiret *Ålegræs, mængder og indsamling*, januar 2024. For halmens vedkommende er der gennemført en række forsøg med anvendelse af halm som byggemateriale (isolering, klimaskærm, mv.). Se eventuelt <https://www.bæredygtigbyggeri.dk/isolering-halm>.

De fire efterfølgende processer kan kaldes for bioraffineringsprocesser, hvor prioriterede bio-produkter kan ekstraheres, oparbejdes bioteknologisk, kemisk eller termokemisk:

- 2) **Fysiske, mekanisk processer** (råvare type: veldefinerede råvarer, som kan dekomponeres). Her er en række forskellige processer, hvor man udskiller de særligt efterspurgte materialer f.eks. gennem filtration, destillation, ekstraktion, fragmentering eller krystallisering - eller kort sagt: ekstraktion.⁴ Ekstraktion af lignin og furfural fra halm er et eksempel på en fysisk mekanisk proces, som indgår i Bio Power projektet. Ligninen, som ekstraheres fra halmen, fungerer som en *building block* for en række produkter, som kan anvendes til erstatning for fossil belastede produkter (opløsningsmidler, plast), og som viser lovende egenskaber til erstatning af de sjældne, såkaldt kritiske mineraler.⁵
- 3) **Biotechnologiske processer** (råvaretype: blandede, våde biomasser). Hovedprocessen er fermentering, som er fordelt på to typer af hovedprocesser:
 - a) Produktion af biogas, hvor mikroorganismer nedbryder det biologiske materiale uden tilstedeværelse af ilt.
 - b) Produktion af kompost, som også er en mikrobiel proces, men med tilstedeværelse af ilt. Formålet med kompostering har historisk været at reducere den affaldsmængden, der skal deponeres. Den aktuelle relevante anvendelse er som jordforbedring på økologiske jordbrugsarealer.

Hovedkravene til disse biomasser er forholdsvis begrænset, idet hovedkravet til råvarerne primært er, at det organiske materiale skal indeholde letomsættelige kulstofforbindelser for at sikre et tilstrækkeligt gasudbytte. De biotechnologiske processer kan fungere som indgangsproces i de to efterfølgende processer.

- 4) **Kemisk processer** (råvaretyper: restprodukter fra de foregående processer). De kemiske processer består bl.a. af hydrogenation, oxidering, hydrolyse, estificering, polymering, hvor disse processer under ét handler om at forædle givne restprodukter. Eksempelvis ved omdannelse af afgasset restprodukter (fra den biologiske proces) til højværdige produkter.

Som eksempel kan nævnes hydrogenation processen, der kan anvendes til produktion af black carbon, som kan fungere som *building block* for en række byggematerialer, som kan substituere de eksisterende byggematerialer med høj drivhusgasemission.

- 5) **Termo-kemiske processer** (råvaretyper: restprodukter fra de foregående processer). De termokemiske processer består af forbrænding, forgasning og pyrolyse, hvor formålet med forbrænding og forgasning er energiproduktion, medens pyrolyseprocessen udover energi kan anvendes til at producere nogle nyttige *building block* til udvikling af forskellige, højværdige produkter.

⁴) Potentialerne for ekstraktion afhænger af, at den pågældende plantetype er veldefineret. Det belyses ved eksemplet med brunagler. Fra brunalger kan man udvinde stoffer fucosan, som har mange sundhedsfremmende egenskaber (øjensygdomme, regenerativ medicin, kosmetik), jvf. **Fucosan. Afsluttende rapport**: Interreg Danmark-Tyskland, September 2020. Proces-forudsætningen er tangtypen brunalger, og ikke bare tang. Ved denne type ekstraktion vil der være store restprodukter, hvis anvendelsesmuligheder bør indgå i en efterfølgende - måske ny - anvendelsesproces.

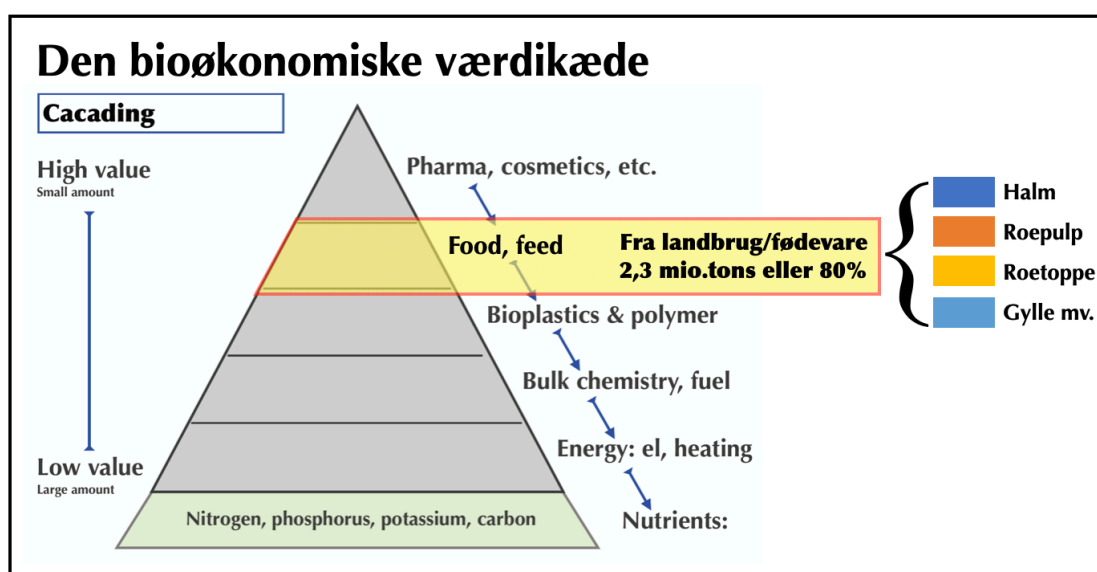
⁵) Ligninen har særlige kemiske egenskaber, som rummer en række anvendelsesmuligheder. Forsøg har vist, at lignin kan anvendes til metalfrie redox-flow celler til energilagring, jvf. **Metal-Free Aqueous Flow Battery with Novel Ultrafiltered Lignin as Electrolyte**, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, March 2018. Andre forsøg peger også på, at lignin kan anvendes til at øge stabilitet og levetid af de såkaldte biologiske solceller.

Denne korte oversigt over processer til nyttiggørelse af biomasse viser, at der er en række forskellige processer (selvom de er gennemgået meget kortfattet). De fem hovedprocesser stiller forskellige krav til biomasse restprodukterne. Hertil kommer, at de forskellige processer med fordel kan kobles, så man får en maksimalt udbytte ved at anvende en symbiotisk tankegang via de koblede processer: Biomasse restprodukterne anvendes i én proces. Restprodukterne fra denne proces (altså rester fra restprodukterne) anvendes i en ny tilkoblet proces. Det handler om biomasse rest-kaskader, som kort skal belyses i efterfølgende afsnit.

3. De højværdige

Hvad er højværdige biomasse produkter? Begrebet indgår i den ofte anvendte beskrivelse af biomasse-kaskaden eller den bioøkonomiske værdikæde, illustreret med nedenstående figur 3.

Figur 3: Den bioøkonomiske værdikæde angivet som en materiale kaskade ⁶



Figuren til venstre repræsenterer en meget udbredt forståelse af en bioøkonomiske værdikæde. Værdikæden består af et hierarki, som starter med produktion af medicin og kosmetik. Hvis det skal opfattes som en kaskade betyder det, at restprodukterne fra produktion af medicin og kosmetik anvendes til produktion af fødevarer og foder. Restprodukterne herfra bruges til produktion af bioplast og polymer, osv.

Denne opfattelse af den bioøkonomiske værdikæde hænger på ingen måde sammen med realiteterne. Figurens venstre side, viser - som belyst i det foregående - at 80% af rest biomasserne, målt i tørstof, er restprodukter fra landbrug og fødevarerproduktion i Region Sjælland. Der er tydeligvis heller ingen sammenhæng mellem det, der på figuren karakteriseres af høj og lav værdi, og slet ikke hvis der med værdi menes økonomisk værdi.

Hovedsynspunktet er her, at den meget udbredte opfattelse af den såkaldte bioøkonomiske værdikæde er en *direkte hindring* for forstå og skabe grundlag en udnyttelse af de biologiske restprodukter. Vi skal et andet sted hen.

⁶) Figuren findes i mange varianter, både i engelske, svenske og danske publikationer. Her kan henvises til den gængse fremstilling, udarbejdet af organisationen Dansk Miljøteknologi: *Bæredygtig bioraffinering og grøn omstilling*; Dansk Miljøteknologi, juni 2018.

3.1. Hvordan kan højværdige bio-produkter defineres?

Biomasse-restprodukterne indeholder som et væsentligt substans kulstof - biogent kulstof. En højværdig udnyttelse må nødvendigvis handle om udnyttelse af det biogene kulstof til produkt- og serviceformål på en sådan måde, at de fortrænger fossile produkter og energikilder. Det højværdige kunne måske derfor defineres således:

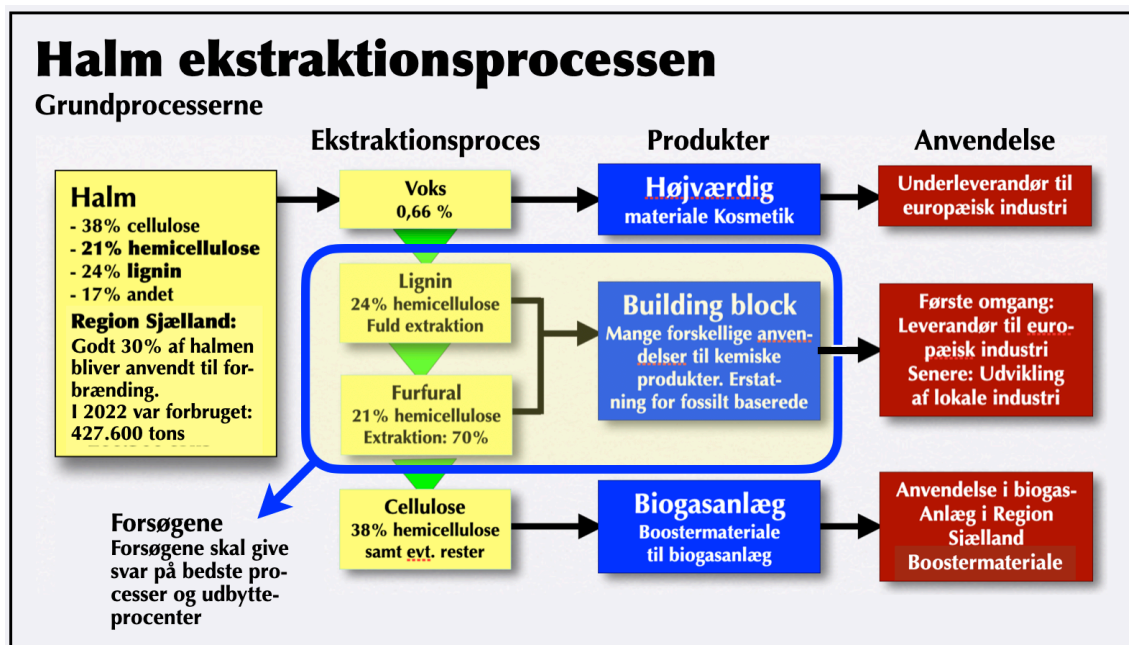
- **Størst mulig fortrængning af fossile drivhusgasser:** Det er et selvstændigt mål, at den biogene carbon i biomasserne udnyttes til at fortrænge fossile drivhusgasudledninger ved at erstatte produkter og services, som i dag er baseret på fossile råvarer.
- **Størst mulig nytteeffekt af biomasserne:** Biomasserne tilstræbes nyttiggjort ved at anvende og sammenkoble de forskellige processer til nyttiggørelse af biomasserne (jvf. oversigten i figur 2 og den efterfølgende figur 5).

I 2022 blev 30% eller 427.600 tons af al halm i Region Sjælland anvendt til fyringsformål (kraftvarme, fjernvarme og individuel fyring) med en nettoproduktion på ca. 1,5 mio. MWh energi, som - hvis det beregnes i forhold til naturgas - betyder en drivhusreduktion på godt 305.000 tons.⁷ Det simple spørgsmål er: Vil man ikke kunne opnå en større effekt ved at koble forskellige processer sammen? Vil man kunne opnå en mere **højværdig udnyttelse** af biomasse restprodukterne?

5. Halm udnyttelse og halmforsøg

Hvordan kan man opnå en mere alsidig udnyttelse af halmressourcerne. Mulighederne er skitseret i figur 2, nemlig direkte anvendelse, ekstraktion, fermentering, hydrogenation, forbrænding eller pyrolyse. Der gennemføres forsøg med halm, hvor der er valgt **ekstraktion** af lignin og furfural, som illustreret på nedenstående figur 4.

Figur 4: Ekstraktionsprocesserne ved en højværdig anvendelse af halm.



⁷⁾ Kilde til 2022-tallene er: *Statistikbanken, tabel HALM 1: Halmudbytte og halm anvendelse efter område, afgrøde, enhed og anvendelse*: 30% af halmen anvendt til fyring, 59% er i dag ikke bjerget, medens 11% er anvendt i landbruget. Kriterierne for en højværdig anvendelse af biomasse harmonerer med tanker om CCUS (med focus på Carbon Capture and Utilisation/CCU). Tankegangen underbygges eksempelvis af EU-dokumentet *Sustainable Carbon Cycles*; COM(2021), 800 final.

Halm indeholder fire hovedingredienser: Voks, cellulose, hemicellulose og lignin. Sammensætningen varierer efter halmtype. Procentfordelingen på figur 4 refererer til sammensætningen for hvedehalm, der er udgangspunktet for forsøgene. Hvedehalm er regionens største halmfraktion, idet den i 2022 udgjorde knap 45% af alle halmfraktioner. Den næststørste fraktion er bygghalm (vinter- og vårbyg) på 33%, ibid.

Ekstraktionsprocessen beskrevet i figur 4 udføres over flere trin: I første trin produceres der lignin/hemicellulose koncentrat, hvorefter hemicellulose og lignin separeres i næste trin; i et efterfølgende trin omdannes hemi-cellulose koncentratet til furfuralforbindelser. Forsøgsprocessen er beskrevet nærmere i bilag 1.

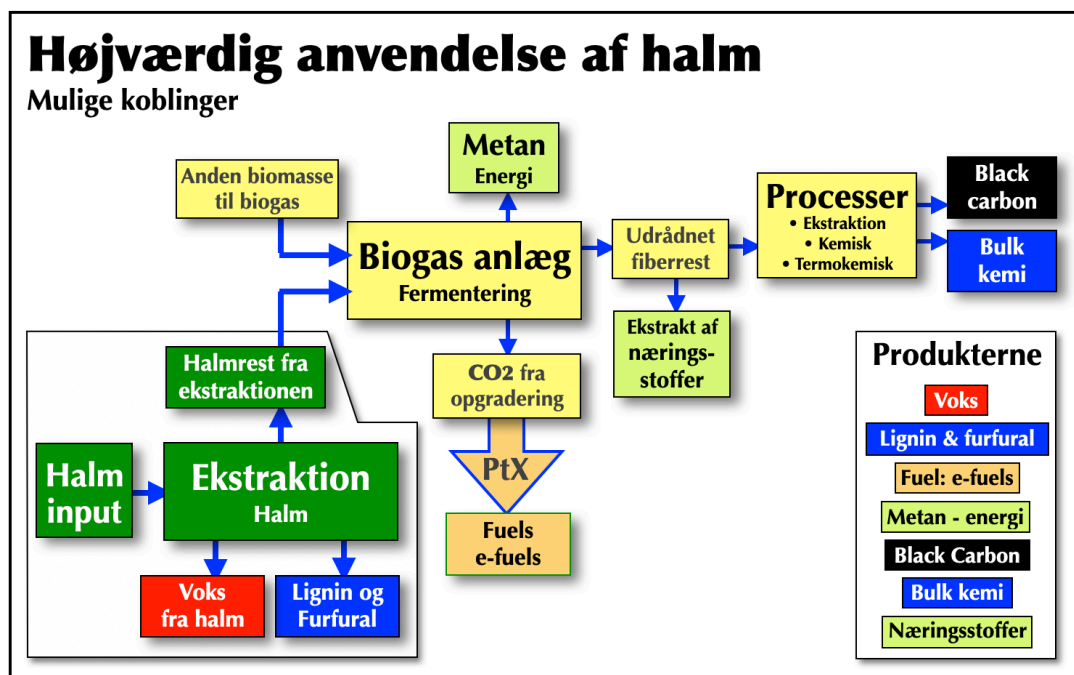
Det fremgår af figur 4, at der fra ekstraktionsprocesserne vil være et restprodukt på mindst 38%. Restproduktet består helt overvejende af cellulose, som vil være et eftertragtet restprodukt som råvarer til biogasanlæg.

6. Koblingen af processerne

De forskellige procesmuligheder skal sammenkobles for at sikre den højværdige udnyttelse af halmbiomassen. De fem mulige processer er: Direkte anvendelse, ekstraktion, fermentering, hydrogenation, forbrænding eller pyrolyse. Processerne kan sammenkobles på mange forskellige måder.

I figur 5 er foreslået en sammenkobling, som har udgangspunkt i de i forvejen eksisterende udviklingstendener og muligheder, nemlig ønsket om i stigende grad at bruge halmen som råvare til såvel eksisterende som nyplanlagte biogasanlæg.⁸

Figur 5: Koblingerne mellem forskellige processer i højværdig anvendelse af halm.



Figuren viser, at de mange koblede processer bidrager til en række biogene produkter, samt energi og recirkulering af næringsstoffer. Hvis halmen blot blev brændt, som det i dag er tilfældet for 30% af halmen, vil man kun få energi og askestoffer.

⁸⁾ Halm indgår som prioriteret råvare i en række af de eksisterende 8 biogasanlæg i Region Sjælland og i en række af de 7 nyplanlagte biogasanlæg. Umiddelbart opgjort nærmere efterspørgslen sig et forbrug på én million tons, som næppe er realistisk ved en nødvendig hensyntagen til miljø og jordkvalitet.

På figur 5 kan man se de forskellige koblinger: Ekstraktionsprocessen (til venstre på figuren) leverer fire output: Voks, lignin, furfural samt restprodukter (cellulose) til biogasanlæg. Fra de tilkoblede biogasanlæg leveres metan som energi og CO₂ som råvare til f.eks. metanol. Endvidere leveres afgasset restprodukter, som både indeholder næringsstoffer (kvælstof og fosfor) og restprodukter, som kan danne grundlag for de efterfølgende kemiske og termokemiske processer og deres produkter, bl.a. black carbon, som kan danne grundlag for biogene byggematerialer, og den CO₂-lagring, som en sådan anvendelse repræsenterer.

Det omtalte halmforsøg skal danne grundlag for at vurdere de præcise materialestrømme gennem koblingen af de processer, som er anført i figur 5, og til en vurdering af de økonomiske potentialer for den skitserede højværdig anvendelse af halm.

7. Efterskrift

Opgørelsen i bilag 2 viser, at der er mange biomasse restprodukter i regionen. Størrelsen af de forskellige restprodukter er ikke tilfældigt. I de fleste tilfælde er det ikke økonomisk fordelagtig at anvende dem, tværtimod. Forventningerne til potentialerne i den cirkulære bioøkonomi er blandt af denne grund endnu ikke indfriet.

Vi må nødvendigvis arbejde med et bredere perspektiv, inddrage flere muligheder såsom direkte anvendelse, ekstraktion, fermentering, hydrogenation, forbrænding eller pyrolyse samt optimere og kombinere de forskellige processer, således som det er beskrevet i det foregående.

Tankegangen her er endvidere, at man ikke skal starte den bioøkonomiske rejse fra toppen af den såkaldte bioøkonomiske værdikæde; men starte der, hvor muligheder og efterspørgsel findes.⁹

⁹) Se eksempelvis artiklen: *Biogas technology as an 'engine' for facilitating Circular Bio-Economy in Denmark - The case of Region Zealand and Lolland & Falster Municipalities*; Rikke Lybæk & Tyge Kjær, *Frontiers in Energy Research*; August 2021, vol 9, Article 695685.

Bilag 1: Forsøg med ekstraktion af furfural og lignin

Arbejdspakkens hovedformål er at undersøge mulighederne for en optimal anvendelse af halm, herunder særligt til produktion af biogas frem for afbrænding. Arbejdspakken vil undersøge, hvordan halm gøres lettere anvendelig i biogasanlægget, og om der kan trækkes stoffer som fx. furfural og lignin ud af halmen, før cellulosedelen tilføres biogasanlægget. Furfural kan anvendes til bl.a. produktion af bioplast, mens lignin både kan anvendes til isoleringsmateriale, tekstiler og batterier.

For at trække stofferne furfural og lignin ud af halmen gennemføres der følgende forsøg, som skal give et præcist billede af mulige processer samt mængder for forskellige halm-typer.

Forsøgsplan februar 2024

1. Produktion af testbatcher af lignin/hemicellulose (L/HC) koncentrat på virksomhedens demoanlæg.

Afvokset halm er nedbrydes ved hjælp af virksomhedens patenterede teknologi på deres demo-anlæg. Den L/HC-holddige væske opkoncentreres derefter til 32 % tørstof ved hjælp af en foramper.

2. Separation af hemicellulose fra lignin i L/HC (lignin/hemicellulose):

Dette vil i første omgang blive opnået ved at anvende syrebaseret udfældning af ligninkomponenten og filtrering fra den resterende HC-rige opløsning. Sammenligninger af den opnåede spaltning eller separation vil blive foretaget ved pH-værdier fra 5 ned til 2,5 ved at anvende to forskellige syrer (fosforsyre og svovlsyre) til pH-sænkning.

3. Karakterisering af fraktionerne:

HPLC vil blive brugt til at karakterisere HC-komponenten med hensyn til sukkerarter, lignin efter masse, men også HPLC. Dette vil være iterativt og føres tilbage til opgave 2 med samspil mellem aktiviteterne. Derved optimeres opdelingen og udbyttet af HC til konvertering.

4. Første test (lab-skala; 10g - 100g mængder):

Første test af omdannelsen af xylose og arabinose sukker til forbindelser af furfural-typen, der er, fremkommet ved separeret og hydrolyseret HC. Scoping-tests på mindst 4 varianter af reaktionsbetingelser, der kendt fra den videnskabelig litteratur, vil blive testet.

5. Optimering af udvalgte reaktionsparametre til omdannelse af HC-sukkerer til furfuralforbindelser:

Optimeringen indebærer iterative forsøg for at omdanne sukkerarterne (især xylose), sideløbende med HPLC-analyse af restsukker og identifikation af biprodukter.

6. Maksimering af opnåeligt furfuraludbytte ved hjælp af de optimerede reaktionsprocedurer.

7. Opskalering

Ved at bruge data og information fra fase 1-6 færdiggøres en opskaleringsproces, der vil benytte virksomhedens pilotanlæg i Høng, med eventuelle nødvendige tilføjelser øremærket og prissat. Den indledende procesøkonomi vil også blive estimeret ved brug af antagelser baseret på tidligere erfaringer og på energiforbruget for fuldskala-versioner af det anvendte anlæg. Testprøver (flere kg) vil blive produceret til ekstern prøveudtagnings og vurdering.

Bilag 2: Biomasse - Region Sjælland

Biomasse type	Guldborg-			Kalund-			Lejre	Lolland	Næstved	Ods-			Solrød	Sorø	Stevns	Vording-		TOTALT
	Faxe	Greve	sund	Holbæk	borg	Køge				herred	Ringsted	Roskilde						
Swinegylle	124.189	0	473.523	283.279	311.948	37.537	57.922	317.284	209.795	40.512	96.226	29.440	123.619	0	113.896	73.991	121.896	2.415.057
Seer, gylte og omer	10.925	0	90.943	70.379	57.459	8.119	17.811	63.712	38.156	9.464	14.969	18.121	17.130	0	9.210	19.701	26.913	473.012
Svin over 30 kg	96.337	0	236.025	18.518	184.457	9.823	18.725	154.381	101.411	18.912	57.253	7.197	84.326	0	78.794	27.788	61.685	1.155.632
Smågrise mellem 7 og 30 kg	16.926	0	146.555	94.391	70.032	19.594	21.387	99.191	70.228	12.136	24.005	12.136	22.162	0	25.892	26.502	33.298	686.420
Kvæggylle	5.291	0	64.195	42.204	45.221	3.989	13.134	23.239	41.998	22.525	13.985	3.168	28.454	677	20.307	14.199	85.085	427.671
Handyr	1.290	0	8.661	4.252	5.100	162	1.277	3.744	3.024	2.159	1.360	516	3.524	129	2.716	4.584	6.602	49.100
Kvler	1.827	0	27.891	18.765	20.303	1.841	5.285	8.447	17.509	10.382	5.848	1.249	11.227	209	8.592	4.902	38.721	182.998
Køer	2.175	0	27.643	19.188	19.818	1.986	6.572	11.048	21.465	9.984	6.777	1.403	13.703	339	8.999	4.712	39.762	195.574
Fjerkræ	0	0	6.251	1.551	0	733	51	1.255	9.447	0	931	0	0	0	733	677	727	22.356
Fiskeaffald	0	0	439	0	1.119	0	0	582	128	0	0	0	6	0	0	0	0	2.274
Vejrgræs	3.274	1.584	7.296	5.250	5.308	3.044	2.185	6.059	6.085	5.485	2.527	3.297	5.740	812	2.683	1.993	5.128	67.750
Madaffald Privat	2.097	2.477	3.849	3.781	2.930	2.998	1.505	2.911	4.601	2.159	1.699	4.162	4.201	1.109	1.698	1.370	2.865	46.412
Parcel/Stuehuse	1.455	1.409	2.636	2.395	2.016	1.712	1.089	2.109	2.830	1.368	1.053	2.215	2.281	682	1.181	961	2.016	29.408
Etageboliger	153	359	430	573	247	530	26	239	692	118	350	903	927	146	143	49	326	6.211
Række-, kæde- og dobbelthuse	472	709	669	737	554	748	298	535	1.029	379	292	950	890	279	365	281	431	9.618
Andet	17	1	114	6	112	8	91	25	50	293	3	95	103	1	8	80	91	1.098
Halm	77.268	7.000	186.200	110.231	114.536	39.776	41.560	203.133	133.831	50.972	53.039	32.591	114.789	5.385	50.015	52.618	112.373	1.385.317
Våsned til modenhed	22.407	2.630	63.717	30.076	31.354	23.450	11.484	71.231	38.617	13.186	15.749	9.979	30.091	2.331	13.131	14.124	39.643	433.200
Vintersed til modenhed	40.929	3.098	96.460	66.453	67.518	19.391	22.528	111.400	76.031	32.955	29.069	18.418	66.375	2.467	29.957	28.342	54.918	766.309
Førgræs	8.852	897	19.107	5.103	6.676	4.094	3.278	13.361	10.939	2.026	1.598	9.017	2.026	285	2.995	7.123	11.008	110.888
Oliefrø og bælgæd	5.080	375	6.916	8.599	8.988	2.841	4.270	7.141	8.255	2.804	3.682	2.595	9.306	302	3.932	3.029	6.803	84.918
Sukker roetoppe	35.074	0	208.427	1.169	14.990	3.844	1.149	295.683	43.305	0	12.860	3.659	31.626	1.716	5.517	14.944	63.653	737.615
Sukkerroepulp	0	0	1.182.481	0	0	0	0	1.187.295	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.369.776
Resttræ	63.672	2.736	94.569	58.977	34.652	43.700	27.995	65.208	73.146	32.519	37.554	9.218	51.808	1.280	44.297	19.375	67.342	728.048
Kasseret indsamlet træ	2.226	6.246	3.307	2.062	1.212	1.528	979	2.280	2.558	1.137	1.313	322	1.811	45	1.549	677	2.355	31.607
Stubbe	38.956	4.713	54.890	34.232	20.113	25.364	16.249	37.848	42.495	18.874	21.797	5.350	30.070	743	25.711	11.245	39.086	427.736
Trærest	24.489	2.664	36.373	22.684	13.328	16.808	10.767	25.080	28.133	12.507	14.444	3.545	19.926	492	17.037	7.452	25.901	281.630
Høslæt	55.254	8.668	82.088	146.350	130.150	38.118	77.539	56.044	116.994	94.523	52.994	48.524	81.497	9.774	79.800	31.853	138.566	1.248.736
Græs, permanent	11.224	2.091	19.150	34.947	22.498	6.322	14.801	8.841	20.810	22.861	10.935	10.321	14.107	2.012	16.606	6.073	20.438	244.037
Græs, permanent omlagt	7.501	844	5.624	9.508	5.907	5.494	6.072	3.101	11.837	6.968	6.758	5.742	8.262	497	8.339	4.573	8.009	105.036
Græsmarksplanter, omdrift	23.211	4.020	31.526	68.387	45.874	20.511	39.777	19.066	48.818	43.818	26.943	24.408	28.565	5.885	40.907	18.181	54.798	544.695
Miljøgræs og -tiltag	9.343	999	16.878	17.151	44.171	2.336	11.545	16.756	23.640	12.429	3.244	5.301	17.779	1.091	5.736	1.854	47.925	238.178
Grødeskær	2.129	387	4.710	3.097	2.581	1.226	1.161	5.677	3.806	1.355	1.677	839	2.258	323	2.258	903	2.645	37.032
Biomasse landbrug:	287.733	14.669	2.186.287	567.633	572.674	121.661	179.810	2.067.177	531.730	196.103	226.791	112.081	362.206	16.461	264.532	186.428	474.375	8.368.350
Biomasse skovbrug:	63.672	2.736	94.569	58.977	34.652	43.700	27.995	65.208	73.146	32.519	37.554	9.218	51.808	1.280	44.297	19.375	67.342	728.048
Biomasse miljø:	14.746	2.970	28.884	25.498	52.060	6.606	14.891	28.492	33.531	19.269	7.448	9.437	25.777	2.226	10.677	4.750	55.698	342.960
Biomasse i øvrigt:	2.097	2.477	4.288	3.781	4.049	2.998	1.505	3.493	4.729	2.159	1.699	4.162	4.207	1.109	1.698	1.370	2.865	48.686
Totalt biomasse:	368.248	22.852	2.314.028	655.889	663.435	174.965	224.201	2.164.370	643.136	250.050	273.492	134.898	443.998	21.076	321.204	211.923	600.280	9.488.044
Heraf restprodukter	326.312	15.897	2.257.728	543.047	589.156	142.638	163.551	2.133.362	561.671	176.403	228.856	94.427	393.064	12.682	255.352	183.096	517.035	8.594.276

I dataoversigten indgår ikke madaffald fra virksomheder (catering, restauranter mv.), gartneriaffald, haveaffald, tang og tilsvarende. Tilsvarende vis er der ikke medtaget biologiske restprodukter fra industrivirksomhederne.