

# Anvendelsesmuligheder for halm til energiformål

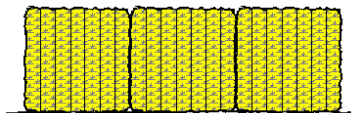
Udarbejdet for Region Midtjylland



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



## Danske Halmleverandører



*Notat udarbejdet af:*

*Lars Elsgaard, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet  
Uffe Jørgensen, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet  
Morten Gylling, Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet  
Thomas Holst, Landbrug & Fødevarer og Danske Halmleverandører  
Henrik Andersen, Dansk Fjernvarme  
Lars Nikolaisen, Teknologisk Institut*

*Marts 2011*

## Indledning og sammendrag

### *Formål*

Danske Halmleverandører og Regionsrådet i Region Midtjylland har aftalt, at der skal udarbejdes et fælles notat, som objektivt beskriver mulighederne for at anvende halm til energiformål. Baggrunden er DONG Energys beslutning om at gå bort fra fyring med halm til fordel for importerede træpiller på bl.a. Studstrupværket ved Aarhus. Der vil være tale om, at DONG Energy aftager 25% svarende til 120.000 tons/år mindre halm end i øjeblikket. I alt vurderer Danske Halmleverandører, at der er et halmoverskud på 2,0 – 2,4 mio. tons/år i Danmark, som ikke anvendes til energiproduktion, til foder eller til strøelse.

Regionsrådet i Region Midtjylland og Danske Halmleverandører er enige om, at:

- indenlandske vedvarende energiresourcer som f.eks. overskudshalm bør anvendes i den danske energiforsyning i størst mulige omfang
- anvendelse af halm til højværdige energiprodukter såsom ethanol som brændstof til biler er ønskelig, men ligger et stykke ud i fremtiden i stor skala
- overskudshalmen i den mellemliggende periode bør anvendes til fremstilling af el og varme på varme- og kraftvarmeværker.

### *Baggrund*

Den primære grund til en forventet reduktion af halmforbruget i kraftværker er samfundets krav om udskiftning af fossile brændsler til vedvarende brændsler som halm og træ. Det betyder, at der planlægges omstilling til træpiller. Der kan ikke samfyres halm og træpiller i de eksisterende kraftværkskedler, som der samfyres halm og kul, hvilket primært skyldes, at katalysatoren til NO<sub>x</sub>-reduktion i røggasserne ødelægges, og at der sker øgede tilslagningsproblemer i kedlerne.

### *Sammendrag*

Danmarks Statistik angiver, at der benyttes 1,7 millioner tons halm til energi, mens Energistyrelsen angiver 1,2 millioner tons. Forskellen ligger i opførelsesmetoderne og i en tidsforskyning på grund af lagring. Der kan anvendes 1 mio. tons halm (14,5 Peta Joule) mere til energiformål end i dag, men samtidig skal virkningen på jordens frugtbarhed løbende vurderes. 1 mio. ton halm svarer til 1,8% af Danmarks samlede energiforbrug til el, varme, industri og transport på 809 Peta Joule i 2009 (*Kilde: Energistyrelsens statistik 2009*). Potentielt kan mellem 2,2 og 2,7 millioner tons halm udnyttes til energiformål og industriel brug i fremtiden.

Nedmuldning af halm vil medvirke til at øge kulstofindholdet i dansk landbrugsjord, da kornarealet udgør en stor del af det samlede landbrugsareal. Vurderet over en 20-årig periode vil 15% af det tilførte halmkulstof blive ophobet i normalt dyrket jord. I forhold til jordens indhold af organisk stof er der muligheder for at kompensere for fjernelsen af halm ved tiltag såsom efterafgrøder eller flerårige afgrøder. Desuden forventes en reduceret jordbearbejdning at kunne nedsætte omsætningshastigheden af det organiske stof i jorden. På kort sigt kan fjernelse af halm øge udvaskningen af nitrat, men på lang sigt vil der være en modsatrettet tendens.

Hel eller delvis erstatning af naturgas med halm som brændsel i naturgasfyrede kraftvarmeværker er et effektivt samfundsøkonomisk CO<sub>2</sub>-besparelsesinstrument kun overgået af biogas. 1 ton halm kan her ved fuld substitution give anledning til en potentiel CO<sub>2</sub>-reduktion på 821 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Den samfundsøkonomiske reduktionsomkostning svarer til omkring 111 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent, hvis der ikke tages hensyn til reduceret kulstoflagring i jorden ved fjernelse af halmen.

Hvis de centrale kraftværker helt stopper anvendelsen af halm, er der basis for en øget anvendelse af 1,2 til 1,4 mio. tons halm, der skønsmæssigt vil kunne skabe blivende dansk beskæftigelse i størrelsesordenen 2.400 – 2.500 arbejdspladser. Heraf vil omkring 30% være drift og vedligeholdelse af anlæg, mens omkring 70% vil være halmfremskaffelse. Hertil vil komme en øget beskæftigelse i bygge- og anlægsbranchen ved opførelse/ombygning af produktionsanlæggene i størrelsesordenen 300 beskæftigede i anlægsperioden.

Det er gavnligt at se på, hvad der tidligere er arbejdet med for at øge afsætningen af halm. I de sidste 50 år er der oparbejdet mange erfaringer med anvendelsen. Biotechnisk Institut har arbejdet med proteinfremstilling, produktion af halmplader og emballage samt ludning af halm til foderbrug. Fredericia Cellulosefabrik har produceret cellulose af halm. BIORAF Danmark Fonden har produceret råvarer til papir- og spånpladeproduktion. Forskningscenter Risø har udviklet teknikken til 2.generations ethanol på halm, som nu benyttes af Inbicon.

På baggrund af tidligere erfaringer, nye teknologier og aktuelle politiske forhold er der i nedenstående tabel opstillet en liste over konkrete muligheder for ny halmanvendelse med angivelse af et forventet tidsperspektiv for realisering.

<b>Nyt halmforbrug 2010-2020</b>	<b>Forventet tons</b>	<b>Perspektiv Kort/langt</b>
Inbicon. Pilotanlæg, Kalundborg	40.000	Startet 2010
Inbicon. Fuldskala i Jylland	400.000	Langt
Ring af KV værker om Aarhus	200.000	Mellem
Ring af KV værker om by 2	100.000	Langt
Ring af KV værker om by 3	50.000	Langt
Frit brændselsvalg på små NG-værker	60.000	Kort
Halmpladeproduktion	50.000	Langt
Halmderivater til den kemiske industri	50.000	Mellem
Eksport af halmpiller	100.000	Langt
Renset halm til strøelse	50.000	Kort
Halm i eksisterende biogasanlæg	50.000	Kort
Halm i nye biogasanlæg	50.000	Langt
Fluid Bed forgasser DONG Energy	200.000	Langt
<b>SUM</b>	<b>1.400.000</b>	

## Halmressourcens størrelse og anvendelse

### *Danmarks Statistik og Energistyrelsens statistik*

Tabel 1 viser, at der i 2006-2009 i gennemsnit blev produceret 5,1 mio. tons kornhalm på markerne samt 0,5 mio. tons rapshalm. Af kornhalmen blev 31% anvendt til fyring, 22% til foder, 14% til strøelse, mens 33% ikke blev bjerget. Af rapshalmen blev kun 16% anvendt til fyring, mens langt størsteparten blev på marken. Andelen af halm til fyring er større i perioden 2006-2009 end i perioden 2002-2005 (Jørgensen et al., 2008). Ligeledes viser tallene fra Danmarks Statistik, at andelen af halm, der anvendes til fyring, stiger gennem årene 2006 til 2009 fra 26% til 32%. Det billede afviger dog fra Energistyrelsens energistatistik (2009), der angiver en stagnerende tendens i anvendelsen af halm til energi i 2006-2009 (Tabel 2). Forskellen mellem de to statistikker skyldes muligvis, at Danmarks Statistik opgør de mængder, landbruget presser med henblik på udnyttelse til energi, mens Energistatistikken bygger på indmeldinger fra energianlæggene reelle anvendelse. Der kan således være en forskydning i tid mellem de to statistikker (pga. halmlagring) samt en reel forskel som følge af ændrede markedsforskelhold og forskellige opgørelsesmetoder.

Halm fra	Anvendelse	2006	2007	2008	2009	Gns. 2006-2009	% af i alt
Korn	Halm i alt	4828	4606	5089	5695	5054	100
	Til fyring	1336	1362	1666	1900	1566	31
	Til foder	986	1059	1271	1211	1132	22
	Til strøelse mv.	629	585	764	790	692	14
	Ikke bjerget	1878	1600	1388	1794	1665	33
Raps	Halm i alt	391	530	566	574	515	100
	Til fyring	43	50	128	118	85	16
	Til foder	2	3	13	7	6	1
	Til strøelse mv.	9	11	25	23	17	3
	Ikke bjerget	338	466	400	426	407	79

*Tabel 1. Mængden af halm (i 1000 tons) og dens anvendelse i perioden 2006-2009 for hele Danmark. Kilde: Danmarks Statistik.*

Energistyrelsens statistik over halmforbruget til energi fordeler forbruget på forskellige anlægstyper: centrale kraftværker, kraftvarmeværker, fjernvarmeværker, landbrug, skovbrug og enfamiliehuse. I forbindelse med udfasning af kul og dermed samfyret halm er det mængderne på de centrale kraftværker, der vil blive reduceret. De decentrale kraftvarmeværker er alle bygget til biomassefyring uden kul (Haslev, Masnedø, Maribo-Sakskøbing, Odense m.fl.).

<b>Halmforbruget til energiformål</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Anvendt energi fra halm (Peta Joule, PJ)	18.62	18.33	15.36	17.34
Omregnet til tons halm <sup>a</sup>	1.284.000	1.264.000	1.060.000	1.196.000
På centrale kraftværker, tons	480.000	482.000	276.000	363.000
På decentrale kraftvarmeværker, tons	217.000	216.000	214.000	216.000
På fjernvarmeværker, tons	254.000	233.000	236.000	283.000
På landbrug, skovbrug, enfamiliehuse, tons	333.000	333.000	334.000	334.000

<sup>a</sup>Omregnet ved brug af en faktor på 1 Peta Joule = 69.000 tons halm med 15% vandindhold.

*Tabel 2. Forbrug af halm til vedvarende energi ifølge Energistatistik 2006 til 2009 fordelt på fire anlægstyper. Kilde: Energistyrelsen.*

#### *Hvor meget halm kan bjerges?*

Andelen af halm der ikke bjerges, er betydelig, men det er vanskeligt at sige, hvor stor en del af denne halm, der kan udnyttes til energi. Nogle landmænd ønsker ikke at fjerne halm fra deres marker, idet nedmuldning af halmen medvirker til at opretholde jordens indhold af organisk stof (og dermed jordens frugtbarhed). Hertil kommer, at nogle arealer vil være for ukurante til indsamling, ligesom regn efter høst kan vanskeliggøre halmpresning. Det vurderes derfor, at anvendelse af 80% af halmen er et absolut maksimum rent teknisk. Dertil kommer, at så stor en udnyttelse formentlig vil betyde stigende priser.

Med hensyn til diskussionen om den absolutte mængde der er til rådighed, må det påregnes, at dette varierer fra år til år som f.eks. vurderet i rapporten ”Halmressourcer i Damark på længere sigt” af ELSAM og ELKRAFT juni 1994. Her blev det vurderet, at der over en 10-årig periode vil være: 4 normalår, 2 år med +15%, 2 år med -15%, 1 år med +30% og 1 år med -30% halmmængde.

Baseret på Danmarks Statistiks gennemsnit fra 2006-2009 var der knap 1,7 mio. tons korn- og rapshalm, der anvendtes til fyring, mens 2 mio. tons ikke blev bjerget. Det vurderes, at halvdelen af denne ikke-bjergede mængde (1 mio. ton) vil være vanskelig at udnytte (svarende til 20% af den samlede halmmængde). Dermed vurderes der som et teknisk potentiale at være knap 2,7 mio. tons halm til rådighed til energi og industriel udnyttelse (1,7 + 1 mio. tons). Hvis Energistyrelsens tal benyttes (Tabel 2) er tallet for halm anvendt til fyring omkring 1,2 mio. ton. Sammenlægges dette tal med et yderligere potentiale på 1 mio. ton, bliver det samlede estimat for halm til energiformål og industriel udnyttelse på 2,2 mio. tons. 1 mio. ton halm svarer til 1,8% af Danmarks samlede energiforbrug til el, varme, industri og transport på 809 Peta Joule i 2009 (*Kilde: Energistyrelsens statistik 2009*).

**Det antages derfor, at det tekniske potentiale ligger mellem 2,2 og 2,7 millioner tons halm til energiformål og industriel udnyttelse, inklusive hvad der benyttes i dag.**

### *Den fremtidige halmproduktion*

Strukturelle og tekniske ændringer i jordbruget kan påvirke de fremtidige mængder af halm til rådighed for produktion af energi. Dette er dog vanskeligt at kvantificere, ligesom effekterne kan være modsatrettede. Som eksempler kan nævnes, at økologisk jordbrug typisk giver lavere udbytte end konventionelt jordbrug, hvorved en øget omlægning til økologi vil reducere halmmængderne. Ligeledes anvender økologiske besætninger ofte en større andel af halmen til strøelse for at tilgodese specifikke hensyn til dyrevelfærden.

En faldende husdyrproduktion i Danmark vil reducere behovet for halm til foder og strøelse (Larsen & Haastrup, 2009) men vil samtidig reducere behovet for foderkorn og reducere incitamentet til produktion af foderkorn i landbruget. På den anden side kan der generelt være muligheder for at øge halmudbyttet ved ændret sortsvalg, uden at det behøver at reducere kerneudbyttet (Jørgensen et al., 2007; Larsen et al., 2010). Endelig kan en fremtidig omlægning af arealer i omdrift til natur eller flerårige energiafgrøder blive aktuel med henblik på at opfylde målene i Vandrammedirektivet. Denne udvikling vil kunne medføre en reduktion i produktionen af halm.

## **Miljømæssige konsekvenser/muligheder**

### *Kulstofindholdet i landbrugsjorden*

Halm medvirker til at øge kulstofindholdet i dansk landbrugsjord, da kornarealet udgør en stor del af det samlede landbrugsareal. Vurderet over en 20-årig periode vil 15% af det tilførte halmkulstof blive ophobet i normalt dyrket jord (Christensen, 2004). Dette medfører en kulstoflagring svarende til 210 kg CO<sub>2</sub> pr. ton nedmuldet halm. Hvis halmen fjernes, vil der være en tilsvarende nettoudledning af CO<sub>2</sub>. Fjernelse af halm påvirker dog også emissionen af lattergas gennem en mindsket N-tilførsel i planterester. Dette giver en reduktion i udledningen af lattergas svarende til 31 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per ton fjernet halm af korn. Samlet betyder dette, at fjernelse af halm øger emissionen af klimagasser fra marken med 179 kg CO<sub>2</sub> pr. ton halm.

Ud over effekten på klimaregnskabet har organisk stof i jorden betydning for jordens frugtbarhed bl.a. gennem gavnlige effekter på rodvækst, stabil jordstruktur, vandholdende evner, næringsstoffastholdelse og mikrobiel aktivitet. Det er dog vanskeligt at angive klare grænseværdier for, hvor meget organisk stof der bør være i en jord for at sikre en god frugtbarhed (Jensen, 2010). Det generelle billede for Danmark er, at kulstofindholdet hyppigst kan være kritisk lavt på lerede jorder i områder med meget korn og lidt græs (Schjønning et al., 2009). Denne kombination findes typisk i det østlige Danmark, mens det meste af Jylland har mere sandede jorder, hvor der tilføres husdyrgødning, og der er mindre problemer med kulstofindholdet.

I forhold til jordens indhold af organisk stof er der muligheder for at kompensere for fjernelsen af halm ved andre tiltag såsom efterafgrøder eller flerårige afgrøder. Desuden forventes en reduceret jordbearbejdning at kunne nedsætte omsætningshastigheden af det organiske stof i jorden (Chatskikh et al., 2008). På længere sigt kan kulstofindholdet måske øges gennem udspreddning af "biochar", der dog er en inaktiv kulstofform, hvis

effekt i jordens økosystem endnu ikke er veldokumenteret (Fødevarerministeriet, 2008a; Skøtt, 2008; Lehmann & Joseph, 2009).

Halmfjernelse kan også have andre effekter på agroøkosystemet, men dog mindre entydige end kulstofeffekten. På kort sigt kan fjernelse af halm øge udvaskningen af nitrat, men på lang sigt vil der være en modsatrettet tendens. Halmfjernelse kan have en positiv indflydelse på kornsygdomme (bl.a. bygbladplet og fusarium) i kornrige sædskifter, specielt ved reduceret jordbearbejdning. Jordmidler til ukrudtsbekæmpelse (fx Boxer og Stomp) kan bindes af halm på eller nær jordoverfladen, hvilket kan medføre behov for større dosering. Omvendt kan reduceret indhold af organisk stof i jorden, som følge af halmfjernelse, medføre en reduceret dyrkningssikkerhed og behov for øget sprøjtning (Fødevarerministeriet, 2008a).

## **Samfundsmæssige konsekvenser/muligheder**

### *Halmmarked og priser*

Markedet for halm er kendetegnet af mange udbydere og relativt få aftagere. Halm kan ikke betragtes som en egentlig handelsvare, der er enkel at lagre og transportere som eksempelvis træpiller. Selvom der både regionalt og på landsplan er et væsentligt overskud af halm, bliver der stort set kun bjerget, hvad der svarer til det forventede forbrug. Det er også karakteristisk for halmmarkedet, at der skal træffes beslutninger om, hvor meget halm der skal bjerges inden for et meget kort tidsinterval. Samtidig bliver der på grund af de store omkostninger til bjergning og lagring kun i yderst behersket omfang produceret til lager.

Markedet for halm kan deles op i handel mellem landmænd internt i landbruget, hvor halmen skal anvendes på bedrifterne, og salg til anvendelse uden for landbruget. Uden for landbruget anvendes halm stort set kun i energisektoren, se Tabel 2. De største enkeltaftagere er DONG Energy og Vattenfall.

Fjernvarmeværkerne indgår typisk kontrakter med lokale halmleverandører om levering af halm på værket, mens de to store energiselskaber anvender licitation, hvor de enkelte leverandører kan byde ind på leverancer til fast pris på kontrakter, der typisk løber i 1 – 5 år. Betingelserne i de enkelte kontrakter kan være forskellige, men der kan være tale om en pris enten ab.gård eller an.værk. Prisen på halm ab.gård ligger i størrelsesordenen 420 – 430 kr./ton afhentet i storballer over året, hvilket stort set svarer til bjergnings- og lageromkostningerne uden værdi af råvaren og avance. Det skal dog understreges, at denne vurdering bygger på *gennemsnitlige omkostninger* baseret på reelle marker af en rimelig størrelse og et gennemsnitligt halmudbytte samt effektiv maskinanvendelse og logistik. Der er derfor ud fra en gennemsnitsberegning ikke den store fortjeneste for landmanden, men der kan være andre fordele/motiver som beskrevet nedenfor. Tallene dækker således over relativt store variationer, hvor især markstørrelse og niveau af halmudbyttet/ha har stor betydning for de samlede bjergningsomkostninger. Transportomkostningerne ligger i størrelsesordenen 156 til 187 kr./ton med de laveste omkostninger for decentrale kraftvarmeværker og de højeste for de centrale kraftværker. Den samlede pris leveret på værk kommer derfor op i størrelsesordenen 610 – 620 kr./ton.

### *Landmandens overvejelser*

I forbindelse med den enkelte landmands vurdering af omkostninger og værdi af halm vil der også indgå en række vanskeligt kvantificerbare forhold. Der kan være tale om fordele ved snitning/nedmuldning i stedet for fjernelse af halmen i form af bedre rettidighed, sparede næringsstoffer og forbedret jordstruktur. Ønsket om at undgå øget færdsel med tunge maskiner kan også have betydning på visse jordtyper. Disse forhold kan for enkelte landmænd betyde, at de for at udbyde halm vil kræve en relativt høj pris eller uanset prisen ikke vil udbyde halm. Der er i en gennemsnitsberegning ikke et egentligt overskud til landmanden, men salg af halmen er en forretning, hvor der er flere motiver til, om der skal bydes eller ej. Landmanden får ikke statstilskud til halmsalget. Men der er en begrænset mængde halm, hvor kraftværkerne modtager 100 kr./tons for at afbrænde halmen.

Omkostningerne til halmbjergningen må forventes at kunne holde sig nogenlunde konstant fremover som følge af løbende effektiviseringer i bjergning og håndtering. Dog må der forventes at være øgede omkostninger til diesel som følge af en stærkt stigende oliepris. Dette vil påvirke omkostningerne både til bjergning og transport af halmen; den olieafhængige andel af de samlede bjergnings- og transportomkostninger udgør 9 – 10%. Det vil kun i meget begrænset omfang være muligt at imødegå disse olieprisafhængige stigninger gennem yderligere effektiviseringer i bjergning og logistik.

### *CO<sub>2</sub>-besparelser og samfundsøkonomiske omkostninger*

Hel eller delvis erstatning af naturgas med halm som brændsel i naturgasfyrede kraftvarmeværker er et effektivt samfundsøkonomisk CO<sub>2</sub>-besparelsesinstrument kun overgået af biogas. 1 ton halm kan her ved fuld substitution give anledning til en potentiel CO<sub>2</sub>-reduktion på 821 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Den samfundsøkonomiske reduktionsomkostning svarer til omkring 111 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent, hvis der ikke tages hensyn til reduceret kulstoflagring i jorden ved fjernelse af halmen. Etablering af efterafgrøder (undersåning af græsser eller kløver i kornmarkerne) vil kunne kompensere for den reducerede kulstoflagring men vil samtidig hæve den samfundsmæssige reduktionsomkostning til 147 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent (Landbrug og Klima, Fødevarerministeriet 2008).

Den samfundsmæssige reduktionsomkostning pr. ton CO<sub>2</sub>- ækvivalent vil naturligvis afhænge af forskellen på brændselsomkostningerne mellem halm og naturgas og udviklingen i de relative priser. Til sammenligning ligger de samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger på 98 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent for biogas og på 270 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent for pileflis (marginaljord) til brændsel. Ved anvendelse af raps til biodiesel ligger CO<sub>2</sub>-besparelsesomkostningerne i størrelsesordenen 226 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent, mens reduktionsomkostningerne ved anvendelse af hvede til bioethanol (1. generation) ligger på 1.400 kr./ton CO<sub>2</sub>-ækvivalent.

### *Beskæftigelsesmæssige effekter ved halmanvendelse*

Anvendelse af halm til energiformål og i fiberindustrien har væsentlige beskæftigelsesmæssige effekter i landbruget, hos maskinstationer, i transportsektoren samt ved drift og vedligehold af produktionsanlæg. Den samlede beskæftigelseffekt vil naturligvis afhænge af produkt og slutanvendelse. Beskæftigelseffekten kan deles op på bygning/opførelse af et givent anlæg og drift og vedligeholdelse inklusive fremskaffelse af



råvarer, hvor råvarefremskaffelsen typisk vil udgøre den væsentligste del af beskæftigelseseffekten.

Tages som eksempel driften af et nyopført decentralt kraftvarmeværk med årligt halmforbrug på 30.000 tons, vil dette give anledning til 60 beskæftigede, hvoraf 18 vil være beskæftiget med drift og vedligeholdelse af værket, og 42 vil være beskæftiget med brændselsfremskaffelse. Nettobeskæftigelseseffekten vil være størst ved nyopførte værker. Er der alene tale om et skift af brændsel fra eksempelvis naturgas til halm, vil beskæftigelseseffekten ved drift og vedligeholdelse være mindre, da der her kun vil være tale om en øget beskæftigelse til drift af selve halmfyrdelen, mens en del af driften og vedligeholdelsen af det oprindelige anlæg vil være den samme. Beskæftigelseseffekten af brændselsfremskaffelsen vil derimod slå fuldt igennem. Beskæftigelseseffekten ved drift og vedligeholdelse samt brændselsfremskaffelse (bjergning, lagring og transport af halm) kan forventes hovedsageligt at være lokal beskæftigelse.

En øget anvendelse af 1,2 til 1,4 mio. ton halm vil skønsmæssigt kunne skabe blivende dansk beskæftigelse i størrelsesordenen 2.400 – 2.500 arbejdspladser. Heraf vil omkring 30% inden for være drift og vedligeholdelse af anlæg, mens omkring 70% vil være halmfremskaffelse. Heril vil komme en øget beskæftigelse i bygge- og anlægsbranchen ved opførelse/ombygning af produktionsanlæggene i størrelsesordenen 300 beskæftigede i anlægsperioden.

### **Tidligere og fremtidige anvendelsesmuligheder**

Det er gavnligt at se på, hvad der tidligere er arbejdet med for at øge afsætningen af halm. I de sidste 50 år er der oparbejdet mange erfaringer med anvendelse af halm.

*Bioteknisk Institut* i Kolding m.fl. arbejdede fra 1967 intensivt med at udnytte halm, fx: proteinfremstilling af halm, tørludning af halm til foder og til papir- og emballageindustrien, halm som råvare til den kemiske industri i form af furfuraler og cellulosederivatet og halmplader som byggemateriale.

*Fredericia Cellulosefabrik* producerede i 40 år cellulose på basis af halm. Erfaringerne herfra viser, at der er nogle særlige miljømæssige udfordringer ved at producere cellulose fra halm. Et restprodukt – sortlud – skal håndteres/behandles, således at det ikke giver miljøproblemer. Teknologi fra ”traditionel” celluloseproduktion (fra træ) kan ikke umiddelbart anvendes. I forbindelse med forsøget på at reetablere Fredericia Cellulosefabrik, blev det i 2000 erkendt, at det ikke ville lykkes at tilvejebringe en økonomisk gennemførlig løsning på problemet. Det skal i givet fald undersøges, om der er udviklet teknologier (eller om sådanne teknologier kan udvikles), der kan løse dette.

*BIORAF Danmark Fonden* opbyggede i 1991 et pilotanlæg i Åkirkeby til fraktionering og opgradering af landbrugsafgrøder til anvendelse som industrielle råvarer. Anlægget der fungerede som pilotanlæg i godt 10 år, havde blandt andet en linje til fraktionering og behandling af halm og fiberafgrøder. Her blev der udviklet proces og teknologi til at opdele strået i stængeldele (internodier) og knæ(nodier)/blade. Stængeldelen blev mekanisk behandlet til chips, der kunne anvendes som råvare i eksempelvis papirproduktion og til spånpladeproduktion. Disse anvendelser blev testet med gode resultater i semi-industriell skala.

*Forskningscenter Risø* stod for den mest markante udvikling i 1990'erne med udvikling af en hydrotermisk enzymatisk proces, hvor sukkeret i halmen blev gjort tilgængeligt for forgæring og dermed gav mulighed for ethanolproduktion til transportsektoren. Dette udviklingsarbejde er basis for DONG Energys bioraffinaderi i Kalundborg, Inbicon.

#### *Fremtidige muligheder*

Når vi ser fremad i det politiske landskab mod 2020, kan vi både inddrage nogle af de ovenstående erfaringer fra de sidste 45-50 år og foreslå nye koncepter for halmudnyttelse, der ikke var mulige for 15-20 år siden. Et af de snærende bånd fra Varmeforsyningsloven af 1990, nemlig det tvungne brændselsvalg, ser ud til at være på vej ud. Prisen for det kan være en afgift på biomasse. I regeringens nye Energistrategi 2050 er der forslag om, at hvile i sig selv-princippet for varmeproduktion svækkes, så der er basis for mere kommerciel aktivitet på markedet. Det vil også kunne tiltrække investorer, hvilket ikke er muligt i dag, og det vil gøre en afgift på halm nemmere at håndtere. Der foreslås også *partnerskaber om strategisk energiplanlægning* mellem kommuner, lokale virksomheder og energiselskaber med henblik på en samlet udvikling af energibehov og energiforsyning i en ikke-fossil kontekst.

#### **Konkrete forslag til ny halmanvendelse**

På baggrund af tidligere erfaringer, nye teknologier og aktuelle politiske forhold kan der opstilles en liste over konkrete muligheder for ny halmanvendelse.

#### *Ring af decentrale kraftvarmeværker omkring de store byer*

Med en udfasning af kul og halm på Studstrupværket ved Aarhus vil spørgsmålet blive, hvordan elproduktionen som grundlast skal erstattes. Og selvfølgelig også varmeproduktionen til det store transmissionsnet i Aarhus. Et bidrag til både el- og varmeproduktion kan komme fra en ring af decentrale kraftvarmeværker rundt om Aarhus, som leverer grundlast til elnettet og sender varme ind i Aarhusnettet "bagfra". Der kan være værker i Odder, Skanderborg, Harlev, Lisbjerg og Hornslet. Med en maksimal størrelse på 20 MW som foreslået af regeringen, er det størrelsesmæssigt et "Haslevværk", nemlig 5 MW el og 13 MJ/s varme. Værket i Haslev har et maksimumforbrug af halm på 25.000 tons/år baseret på en traditionel varighedskurve for et fjernvarmeværk (Halm til energiformål. 1998). Hvis et værk i den størrelse får lov til at køre grundlast i 8000-8500 timer/år, er halmforbruget op til 40.000 tons/år. Med fem ens værker vil der kunne afsættes op til 200.000 tons halm/år. Grundlast er formodentlig en forudsætning for, at der er økonomi i værkerne. Fordelen ved den decentrale placering er, at halmtransporten på landevej begrænses. Investeringen for værker i denne størrelse er 30-32 millioner kr. pr. installeret MW elektricitet, dvs. en samlet investering på 750-800 millioner kroner. Med en ordentlig planlægning kan der bygges fem ens værker, hvilket vil reducere både pris og byggetid. Samme koncept kan laves for Aalborg, Odense, Esbjerg og trekantsområdet ved Lillebælt. Her er en god opgave for de eventuelt nye kommende partnerskaber (nævnt ovenfor), som skal lave strategisk energiplanlægning.

### *Øget forbrug grundet frit brændselsvalg for de mindre kraftvarmeværker*

Det er i dag et stort ønske fra mange mindre naturgasfyrede kraftvarmeværker at få lov til at etablere en biomassekedel. Erfaringsmæssigt har biomasseværkerne væsentligt lavere varmepriser. Dette skyldes hovedsageligt, at biomasse er fritaget for energiafgift. Der er i Grøn Vækst lagt op til et frit brændselsvalg, ligesom det indgår i regeringens netop offentliggjorte udspil for værker op til 20 MW.

Eventuelle nye anlæg der etableres som konsekvens af et frit brændselsvalg, vil udelukkende være varmeproducerende, idet det ikke vil være rentabelt at etablere biomassebaserede kraftvarmeanlæg i denne størrelse. I regeringens udspil opereres der med en ny afgift, kaldet forsyningssikkerhedsafgift, der pålægges alle brændsler oven i de eksisterende afgifter. I oplægget ligger den nye tillægsafgift på ca. 17 kr./GJ for biomasse og ca. 9,5 kr./GJ for fossile brændsler i 2020. Træflis handles i dag til 50-45 kr./GJ og halm til 41-34 kr./GJ, så det er væsentlige prisstigninger, der foreslåes. De præcise sats og takten for indfasningen er ikke nærmere fastlagt i forslaget. På trods af denne nye afgift vil biomasse fortsat være afgiftsmæssigt begunstiget i forhold til fossile brændsler. Det vil derfor stadig være attraktivt for en række værker at erstatte eller supplere forsyningen med biomasse.

Det vil formodentlig i første omgang være de mindre værker (barmarksværker) med meget høje varmepriser, der vil være klar. De vil nok typisk etablere anlæg under 1 MW, da dette er grænsen for, om man er omfattet af en række fordyrende miljøkrav og godkendelser. For de større kraftvarmeværker vil muligheden for frit brændselsvalg medføre, at værkerne lader denne mulighed indgå i deres strategiplan for kommende moderniseringer og udbygninger, og for enkelte værker vil man fremrykke investeringer.

Det er umuligt at sige noget om, hvor hurtigt og hvor stort omfanget vil blive. Et forsigtigt gæt kunne være, at der inden for 1-3 år etableres 40 MW (20 x 1 MW + 4x5 MW) og på 3-8 års sigt etableres yderligere 200 MW (25 x 1 MW + 35x5 MW). Det er ligeledes umuligt at vide, i hvor høj grad det bliver halm-, flis- eller træpilleværker. Hvis vi antager, at det bliver maksimum 25 % halm, vil halmforbruget på landsplan i de nævnte scenarier være:

På 1-3 år års sigt: 0 – 8.500 tons/år  
På 1-8 års sigt: 0 - 52.000 tons/år

Halmen er ikke nødvendigvis førststevalget, når et værk skal vælges. Halmanlæg er typisk dyrere og mere arbejdskrævende sammenlignet med flis- og træpilleanlæg. Ud over prisen vil halmens lokale tilgængelighed og forsyningssikkerhedsforhold spille ind i valget. Også her vil de eventuelle nye partnerskaber og den strategiske energiplanlægning fremme processen.

### *Fluid Bed-forgasser hos DONG Energy*

DONG Energy's LT-CFB-forgasser (Lav Temperatur Cirkulerende Fluid Bed), der benytter halm eller energiafgrøder som brændsel, kan producere en brændbar syntetisk gas fra biomasse og affald. Gassen kan bruges til afbrænding i et kraftværk eller efter rensning til andre formål. Et demonstrationsanlæg på 6 MW er netop indviet i Kalundborg. I

kraftværksskala vil et anlæg være i størrelsen 50 – 150 MW. Et 100 MW anlæg til halm med en årlig driftstid på 8000 timer vil forbruge ca 200.000 tons halm.

#### *Fabrik der laver ethanol af halm i Jylland*

Der har været politiske følere ude om muligheden for at bygge et fuldskala ethanolanlæg i Jylland efter Inbiconkonceptet til 2. generations biobrændstof. Et fuldskala ethanolanlæg er et meget stort projekt med en investeringsramme på 1,5-2 milliarder kroner og med en årlig halmomsætning på 400.000 tons. Det må forventes at ligge nogle år ude i fremtiden.

For EU landene gælder, at der i transportsektoren skal opnås en andel vedvarende energi på 10% i 2020. I opfyldelsen af dette mål tæller 2. generations biobrændstoffer dobbelt. I Danmark er VE-direktivets transportmålsætninger gennemført i Lov om Bæredygtige Biobrændstoffer. Her opstilles et iblandingskrav på 5,75% biobrændstoffer. Også her tæller 2. generations biobrændstof dobbelt.

#### *Produktion af halmplader og råvarer til den kemiske industri*

Der er ikke gennem arbejdet med notatet fundet igangværende initiativer til industriel udnyttelse af halm. Der foreligger som nævnt erfaringer fra Bioteknisk Institut m.fl., som kan udnyttes, så det er et vigtigt punkt at have med i et idékatalog.

#### *Halm i biogasanlæg*

På Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet i Foulum forsøges der med halmtilførsel til biogasanlæg. Der er behov for neddeling af halmen, under 1 cm og gerne mindre. Forsøg har vist, at methanproduktionen kan komme op på 150 m<sup>3</sup> pr. ton halm. Dette skal sammenlignes med ren grise- og kvæggylle, hvor methanproduktionen er 12-13 m<sup>3</sup> pr. ton. Forbehandlingen består i en oprivning af halmballen og en efterfølgende neddeling i en hammermølle. Økonomien i forbehandlingen er afgørende for konceptets succes. En årlig halmmængde på op til 100.000 tons tilført biogasanlæg i 2020 betragtes som realistisk. Denne vurdering bygger på, at Grøn Vækst forudsætter en øgning af gyllemængden i biogasanlæg fra nuværende 5% til 50% af den nationale ressource, altså en tidobling gennem nybyggeri af anlæg. I de nuværende 23 biogasfællesanlæg behandles der ca. 100.000 tons gylle m.m. pr. år pr. anlæg. I dag vil der kunne tilføres 50.000 tons halm til de eksisterende anlæg eller 2-2.500 tons halm pr. anlæg. Derved vil tørstofindholdet øges fra 7% til 9%, og gyllen vil stadig være pumpbar og samtidig få et højere biogaspotential. Det bemærkes, at i tyske biogasanlæg til majs benyttes en teknologi, hvor tørstofindholdet kan gå op til 30%

#### *Ny avanceret halmlogistik og halmbank*

Der er behov for yderligere modernisering af halmlogistikken. Allerede i midten af 1990'erne foreslog Teknologisk Institut og Aalborg Universitet i nogle forskningsansøgninger, at der skulle etableres en EDB-baseret halmbank, hvor alle producerede storballer blev registreret med information om lokalitet, vægt, halmart, vandindhold, m.m. Registreringen var baseret på GIS, Geografisk Informations System samt placering af en plastikbrik med strekkode på hver halmballe. Herved vil der være fuldt overblik over halmressourcens placering, kvalitet og mængde. En helt afgørende fordel er, at man kan handle halm uden at flytte det fysisk, og man kan optimere transportafstande. Dette har – i langt større skala – været anvendt i olie- og kulbranchen i mange år. I 2010 lancerede

halmpresseproducenten CLAAS en presser, der kan forsyne hver halmballe med de nødvendige informationer.

#### *Eksport af halmpiller*

Eksport af halmpiller er en mulighed med et langt perspektiv, der rækker frem mod 2020. Medlemslandene i EU har i løbet af 2010 udarbejdet National Renewable Energy Action Plans, hvor landene skal redegøre for, hvordan vejen mod et fossilt frit energisystem ser ud. I 2020 vil der mangle flere hundrede millioner tons træ til energiformål i Europa, hvis planerne iværksættes. Priserne på træ vil stige, og det giver økonomisk mulighed for at gøre halm til en eksportvare. Forudsætningen for at halm kan handles regionalt og internationalt, er, at det er en bulkvare som grus, sand, kul, korn og træpiller. Danmark har logistiksystemet til transport, lagring og håndtering, ligesom pellete-ringsteknologien beherskes. Konkurrence fra Østeuropa må dog forventes.

#### *Renset halm til strøelse*

Der er allerede en produktion i gang med rensning og snitning af halm og pakning i små og store emballager til strøelse for mindre kæledyr, heste o.l. Der er eksport med mulighed for ekspansion.

### **Konklusioner**

Hvis der i det kommende tiår frem mod 2020 skal bruges mere halm, viser ressourceopgørelsen i notatets første afsnit, at der vil være over 2 millioner tons halm ledigt til energi og industriel anvendelse. Hvis vi i Tabel 2 *helt fraregner* kraftværkernes forbrug, var der i 2009 et eksisterende halmforbrug på ca 800.000 tons. Det betyder, at der kan foreslås nye anvendelser for mindst 1,2 millioner ton. Tabel 3 nedenfor angiver en mulig fordeling og udnyttelse for 1,4 mio. ton med en vurdering af, om det er på kort sigt eller langt sigt. Det lange sigt rækker frem til 2020 og derefter.

Der skal tages politiske initiativer, som understøtter anvendelse af halm fremover. Den teknologi der kunne understøttes mere aktivt, er 2.generations ethanol, hvor der på nuværende tidspunkt er udviklet en teknologi i Danmark og er etableret et demonstrationsanlæg. Understøttelse af et fuldskala anlæg vil sikre en ny anvendelse på ca. 400.000 tons. En måde at understøtte på er ved udvikling af en model så ethanolens literpris til benzinselskaberne ikke ligger over den konkurrerende ethanol fra sukkerroer, majs eller sukkerrør. Alternativt kan der sikres afsætning på markedet, hvor 2.generations ethanol får særlige vilkår i anvendelse, eller der stilles krav om, at halvdelen af ethanolen i solgt benzin skal være fra 2.generations produktion. Eller der skal på anden vis sikres mulighed for, at det er konkurrencedygtigt. Det bemærkes dog, at til opfyldelsen af 2020 målet for brug af vedvarende energi tæller 2. generations biobrændstoffer dobbelt. Så her er der i dag en favorisering.

Det skal også indgå i overvejelserne, at fuld udnyttelse af den resterende halmmængde vil have en negativ effekt på jordens kulstofindhold. I nogle egne af landet er kulstofindholdet allerede så lavt, at en yderligere reduktion kan betyde faldende afgrødeudbytte og stigende dyrkningsproblemer. Det bliver derfor sandsynligvis nødvendigt at undgå halmfjernelse fra visse områder eller at iværksætte andre tiltag, der øger kulstofindholdet.

<b>Nyt halmforbrug 2010-2020</b>	<b>Forventede tons</b>	<b>Perspektiv Kort/langt</b>
Inbicon. Pilotanlæg, Kalundborg	40.000	Startet 2010
Inbicon. Fuldskala i Jylland	400.000	Langt
Ring af KV værker om Aarhus	200.000	Mellem
Ring af KV værker om by 2	100.000	Langt
Ring af KV værker om by 3	50.000	Langt
Frit brændselsvalg på små NG-værker	60.000	Kort
Halmladeproduktion	50.000	Langt
Halnderivater til den kemiske industri	50.000	Mellem
Eksport af halmpiller	100.000	Langt
Renset halm til strøelse	50.000	Kort
Halm i eksisterende biogasanlæg	50.000	Kort
Halm i nye biogasanlæg	50.000	Langt
Fluid Bed forgasser DONG Energy	200.000	Langt
<b>SUM</b>	<b>1.400.000</b>	

*Tabel 3. Liste over mulige halminitiativer i perioden 2010-2020 for 1,4 millioner ton halm med et skøn over tidsperspektivet. Der er i hvert enkelt tilfælde omfattende forudsætninger omkring politik, teknologi, investeringer og markedsforhold, som ikke er beskrevet i dette notat.*

## Referenceliste

Boldt J, (2009). Notat: Fremtidige priser på biomasse til energiformål.

Chatskikh D, Olesen JE, Hansen EM, Elsgaard L & Petersen BM (2008). Effects of reduced tillage on net greenhouse gas fluxes from loamy sand soil under winter crops in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128, 117-126.

Christensen BT (2004). Kulstoflagring ved nedmuldning af halm og efterafgrøder. I: Olesen JE, Petersen SO, Gyldenkerne S, Mikkelsen MH, Jacobsen BH, Vesterdal L, Jørgensen AMK, Christensen BT, Abildtrup J, Heidmann T & Rubæk G. (red). *Jordbrug og klimaændringer - samspil til vandmiljøplaner*. DJF rapport Markbrug nr. 109. s. 157-166.

Fødevareministeriet (2008) : Rapport om Landbrug og Klima

Fødevareministeriet, 2008a. Jorden en knap ressource – Fødevareministeriets rapport om samspillet mellem fødevarer, foder og bioenergi.

Halm til Energiformål. Videncenter for Halm og Flisfyring 1998

Halmressourcer i Danmark på længere sigt. ELSAM og ELKRAFT. Juni 1994

Jensen LS, 2010. Halm til energi eller jord. *Agrologisk* 12, 12-14.

Jørgensen JR, Deleuran LC & Wollenweber B, 2007. Prospects of whole grain crops of wheat, rye and triticale under different fertiliser regimes for energy production. *Biomass & Bioenergy* 31, 308-317.

Jørgensen U, Sørensen P, Adamsen AP & Kristensen IT, 2008. Energi fra biomasse – Ressourcer og teknologier vurderet i et regionalt perspektiv. DJF Rapport Markbrug nr. 134, 74 pp.

Kjær T, (2010) : Beskæftigelsen ved vedvarende energi frem til 2020

Larsen SU, Haastrup M & Knudsen L, 2010. Hvad betyder sortsvalg og gødskning for halm- og kerneudbyttet i hvede? *Plantekongres 2010*, 243-245.

Larsen, SU & Haastrup M, 2009. Hvor meget halm er der i overskud? *Forskning i bioenergi* 29, 12-13.

Lehmann J & Joseph S (eds.), 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London, UK

Schjønning P, Heckrath G & Christensen BT, 2009. Threats to soil quality in Denmark A review of existing knowledge in the context of the EU soil thematic strategy. DJF rapport Markbrug, nr. 143.

Skøtt T, 2008. Kulstof er ligeså vigtig som energi. *Forskning i Bioenergi* 26, 6-7.

Videncentret for landbrug (2010): Landbrugsinfo