

Bioenergien

# Analyse af bioenergi i Danmark



# Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	4	Bilag 1: Kommissorium for analyse af bioenergi fastlagt i energiaftalen af 22. marts 2012	120
1. Indledning	10	Bilag 2: Energiafgifter (inkl. SO <sub>x</sub> og NO <sub>x</sub> )	124
2. Miljømæssig bæredygtighed og effektivitet	14	Bilag 3: Supplerende beskrivelse af rammevilkår	134
3. Fremskrivning og scenarier for den fremtidige biomasseanvendelse	16	Bilag 4: Blå biomasse	146
4. Nuværende rammebetingelser for anvendelse af biomasse	24	Bilag 5: Træ fra danske skove	150
5. Biomassepotentialer	38	Litteraturliste	154
6. Global og regional efterspørgsel efter biomasse og fremtidig prisudvikling	48	Ordliste og anvendte forkortelser	158
7. Centrale teknologier til anvendelse og konvertering af biomasse	58		
8. Miljømæssig bæredygtighed og anvendelse af biomasse til energi og transport	74		
9. Resultater fra livscyklusvurdering af bioenergi	98		
10. Udfordringer vedrørende miljømæssig bæredygtighed og effektivitet	116		





## Sammenfatning

Det indgår i energiaftalen af 22. marts 2012, at der skal udarbejdes en analyse af anvendelsen af bioenergi i Danmark: "Analysen skal fokusere på, om der er de rette vilkår for en effektiv og miljømæssig bæredygtig anvendelse af biomasseressourcer i den danske energiforsyning. Analysen skal endvidere belyse CO<sub>2</sub>-fortrængningen".

Andelen af vedvarende energi i Danmark vil forventeligt udgøre ca. 35 pct. i 2020 og over halvdelen heraf vil være produceret på baggrund af biomasse. Samlet set stiger anvendelsen af alle typer af biomasse fra 132 PJ i 2012 til 166 PJ i 2020.

På længere sigt vil en endnu større del af det danske energisystem være baseret på vedvarende energi, og der kan opstilles en række scenarier for forbruget af biomasse i 2050, hvor forbruget varierer mellem ca. 200 og 700 PJ.

## Potentialer, efterspørgsel og priser

Biomasse er en internationalt handlet ressource. I 2050 forventes en global realiserbar mængde til bioenergi at ligge i intervallet 100 til 300 EJ årligt, heraf skønnes det danske potentiale i 2050 at ligge i størrelsesordenen 205 til 245 PJ. Dertil kommer energiproduktion fra organisk affald.

Den globale efterspørgsel på biomasse til energi og transport forventes at stige fra 53 EJ i 2010 til 78 EJ i 2035. Det er imidlertid forbundet med store usikkerheder at estimere udviklingen i biomasseforbruget frem mod 2050. Forbruget vil afhænge af befolkningstilvæksten, den globale politiske og økonomiske udvikling med afledte effekter på den teknologiske udvikling, efterspørgslen efter fødevarer og foder samt udviklingen i land- og skovbrug.

En prisfremskrivning udført for Energistyrelsen, indikerer moderate prisstigninger på biomasse frem til 2050 under en række forskellige scenarier for global udvikling, herunder graden af global regulering af klimapolitikken.

## Teknologier

Biomasse kan anvendes direkte eller konverteres til andre typer brændsler. Der kan f.eks. produceres flydende brændsler og gas, der efterfølgende kan anvendes til flere forskellige formål; brændstof i transportsektoren eller til produktion af el og varme. Der er mulighed for både traditionel opgradering af gas samt tilsætning af brint. De forskellige former for konverteringer kan således bidrage til at øge mængden af brændsler samt gøre forskellige typer af restprodukter mere tilgængelige for energi- og transportsektoren.

## Miljømæssig bæredygtighed

Biomasse er en væsentlig faktor i det globale kulstofkredsløb og dermed central for udviklingen i niveauet af drivhusgasser i atmosfæren.

Det fremgår af IPCC's seneste hovedrapport, at der findes mange forskellige udfaldsrum for udledninger fra arealanvendelse i diverse scenarier for stabilisering af niveauet af drivhusgasser. I nogle scenarier antages arealanvendelse at medvirke til betydelige reduktioner på grund af øget kulstoflagring i forhold til referencen. I andre scenarier regnes med nettoudledninger fra arealanvendelse over perioden.

De vidt varierende bidrag fra arealanvendelse skyldes primært, at der i scenarierne med lille eller negativt bidrag til reduktioner fra arealanvendelse antages stor anvendelse af bioenergi og i forlængelse heraf antages massiv ekspansion af bioenergiplantager og øget afskovning i forhold til referencescenariet. Biomasse er en betydelig del af energimixet i langt hovedparten af scenarierne for stabilisering drivhusgasser.

En livscyklusvurdering (LCA) udført for Energistyrelsen viser, at anvendelsen af tyndingstræ, hugst rester, halm, husdyrgødning og andre rest- og affaldsprodukter er forbundet med en lav drivhusgasudledning set over en 20- eller 100-årig perio-

de. Dette er ikke tilfældet, hvis eksisterende skov, produktive jorde eller kulstofrige savanneområde konverteres til energitræsplantager eller beplantes med andre afgrøder med henblik på anvendelse til energi og transport. Hvis tidsperspektivet forlænges udover en 100-årig periode, vil der derimod også her være gevinster i forhold til drivhusgasudledning.

LCA'ens resultater kan anvendes til at sætte en række forskellige anvendelser af biomasser og størrelser af forbrug af biomasse i relation til hinanden, men er forbundet med så store usikkerheder på en række parametre, at de konkrete værdier skal tages med forbehold.

Herudover kan resultaterne under ingen omstændigheder sammenlignes med de udledninger, lande anvender i forbindelse med deres nationale drivhusregnskaber. Her anvendes principper om, at alene udledninger, der finder sted i det pågældende land, tæller med. Herudover er udledningerne i de nationale drivhusgasregnskaber sektoropdelt. Dvs. at den udledning, der henføres til energisektoren alene henføres til f.eks. den konkrete afbrænding af kul, men ikke til udledningerne forbundet ved at fragte kullet hen til kraftværket eller med opførslen af selve kraftværket.

En optimering i forhold til kulstofregnskabet i forbindelse med anvendelse af biomasse fra skov kan trække i retning af dyrkningssystemer med relativt korte omdriftstider og en høj udnyttelse af den samlede producerede biomasse. Optimering i forhold til biodiversitet kan trække i den modsatte retning med længere omdrifter, mere dødt ved og flere gamle træer i skovene

### **Udfordringer frem mod 2020**

Udviklingen frem til 2020 indebærer en række udfordringer vedrørende miljømæssig bæredygtighed.

Der vil fra hovedparten af de forventede hovedeksportlande til Danmark kunne købes træpiller og træflis baseret på forskellige typer af restprodukter og tyndingstræ samt fra miljøoptimeret skovdrift. Herudover vil der formentlig være træbrændsler på markedet, hvor skove er høstet alene med det formål at levere til energi.

De større danske energiselskaber arbejder målrettet med at indkøbe træ med potentielle klimagevinster og med fokus på at minimere effekten i forhold til påvirkninger af miljø og biodiversitet.

Ovenstående risici er primært relateret til eksisterende værkers anvendelse af biomasse. For så vidt angår opførsel af nye, større biomasse kraftvarmeværker og varmeværker i perioden er det på grund af lange levetider nødvendigt samtidig at forholde sig til udfordringerne vedrørende bæredygtigheden af biomasse på længere sigt.

Vendes blikket mod transportsektoren må det forventes, at der frem mod 2020 især vil blive anvendt importeret bioetanol produceret på sukkerrør og majs. Der er en række klimarelaterede risici ved brugen af disse typer af biobrændstoffer, herunder især mulige indirekte arealændringer

Produktionen af bioenergi kan true fødevarerforsyningsikkerheden, når produktionen foregår på basis af fødevarer. Hvis bioenergien derimod produceres på basis af landbrugets rest- og biprodukter som halm og husdyrgødning samt husholdningsaffald, vurderes det muligt at fastholde fødevarerforsyningen og levere bioenergi på samme tid.

På afgiftssiden kan der også opstå udfordringer. Hvis der således sker en større omlægning til biomasse til kraftvarme samt etablering af kedler til øget varmebehov i forbindelse med bortfaldet af grundbeløbet til decentrale kraftvarmeværker, vil det isoleret set give et tabt afgiftsprodukt.



### Udfordringer i perioden efter 2020

Den globale kontekst vil spille en stor rolle for den miljømæssige bæredygtighed af brugen af biomasse til energi og transport i Danmark efter 2020, herunder realiseringen af regeringens målsætninger for 2035 og 2050.

Der kan således være en risiko for indirekte effekter forbundet med den danske efterspørgsel i takt med en forventet stigende global og regional efterspørgsel efter træ til energi. Andre kunder kan, givet det begrænsede, kortsigtede udbud af tyndingstræ, rester og lignende, blive "skubbet" i retning af køb af træ produceret på mindre bæredygtig vis.

I en situation, hvor der ikke er gennemført en stærk global regulering, må det ud fra de gennemførte modelleringer foretaget for Energistyrelsen forventes, at der er en risiko for, at produktiv jord anvendes til bioenergi afgrøder samt for konvertering af eksisterende skov og kulstofrige savanneområder til energitræsplantager eller lignende, som en konsekvens af dansk efterspørgsel efter biomasse.

Omvendt peger modelleringerne på, at der i en situation med stærkere regulering i højere grad sker en udnyttelse af marginaljorde, græsland og kulstoffattige savanneområder. Selv under en stærk regulering vil der dog mod slutningen af perioden være en risiko for, at kulstoffrige savanneområder konverteres til produktion af træ og græsagtige afgrøder.

I en situation med stærkest mulig global regulering, hvor alle lande er underlagt bindende målsætninger for udledningen af drivhusgasser, herunder forskydninger i kulstoflagre som led i efterstræbelsen af en 2-graders målsætning, vil Danmarks forbrug af biomasse ikke påvirke realiseringen af en sådan målsætning i negativ retning.

I fraværet af etableringen af en sådan global ramme vil der være en øget risiko for en negativ klimapåvirkning desto større volumen af biomasse, der på længere sigt anvendes i forbindelse med den danske klima- og energipolitik. Hertil kommer andre mulige negative miljøpåvirkninger, herunder især effekter på biodiversitet, som på sigt kan være truet, hvis der for at opnå øget biomasseproduktion sker en intensivning af skovdriften og konvertering af skove og savanne til plantageagtige dyrkningsformer.

Forbruget af biomasse i et VE-baseret energisystem minimeres mest effektivt ved anvendelse i de sektorer, hvor der ikke findes andre alternative til fossile brændsler som f.eks. tung transport og visse former for procesenergi.

Omfanget af biomasseanvendelse vurderes ikke at have en signifikant betydning for de samlede omkostninger forbundet med de forskellige fremtidige scenarier for det samlede energi- og transportsystem i 2035 og 2050. Der er dog betydelige usikkerheder knyttet til dette skøn, jf. separat analyse om energiscenarierne.

For så vidt angår brændselsforsyningsikkerhed vil et forbrug på over ca. 200 PJ biomasse gøre det nødvendigt til stadighed at kunne importere biomasse. Da der er mange potentielle leverandører, er dette ikke nødvendigvis et problem for forsyningsikkerheden, men det vil øge følsomheden for høje biomassepriser. Omvendt er scenarier med mindre forbrug af biomasse til gengæld udfordret på elforsyningsikkerheden i kraft af en øget anvendelse af vind.

I forhold til energieffektivitet er det en central pointe, at en begrænset brug af biomasse ud fra f.eks. hensyn til forsyningsikkerhed eller risici i forhold til klima peger i retning af høj effektivitet i udnyttelsen af biomasse i det samlede energi- og transportsystem.







# 1. Indledning

Andelen af vedvarende energi i Danmark vil forventeligt udgøre ca. 35 pct. i 2020 og over halvdelen heraf vil være produceret på baggrund af biomasse. På længere sigt vil en endnu større del af det danske energisystem være baseret på vedvarende energi.

Biomasse kan, i modsætning til fluktuerende energikilder som vind og sol, lagres og anvendes til regulerkraft. Dette er en fordel i et energisystem med meget vedvarende energi. Biomasse er også det umiddelbart eneste alternativ til fossile brændsler ved tung transport.

Biomasse adskiller sig herudover på en række øvrige punkter fra andre kilder til vedvarende energi. Det er den eneste vedvarende energikilde, hvor der kræves en løbende anvendelse af et brændsel, hvilket gør brændselsforsyningsikkerhed til en relevant problemstilling. Og der er omkostninger knyttet til leveringen af dette brændsel.

Dette står i modsætning til sol og vind, der er frit tilgængelige, og hvor omkostningerne og forsyningsikkerhed alene er knyttet til teknologier, produktionskapacitet, distribution og netforbindelser.

Samtidig er biomasse, og de arealer den stammer fra, også begrænsede ressourcer, der efterspørges fra en række forskellige sektorer og til en række forskellige formål; mad, natur, materialer, kemikalier, energi og transport.

I sammenhæng hermed er der kommet stigende fokus på, at biomasse kan fremstilles og anvendes på måder, der er til gavn for miljø og klima, men at brugen af biomasse også kan udgøre en risiko i forhold til global opvarmning, miljø og fødevarerforsyningsikkerhed, hvis der tages forkerte beslutninger.

Analysens formål er at give det bedste mulige beslutningsgrundlag ved tilrettelæggelse af den fremtidige regulering af anvendelsen af biomasse til energi og transport i Danmark.

Biomasse defineres bredt. Dvs. at der er fokus på alle former for biomasse, herunder vegetabilsk biomasse (halm, træ, alger etc.), animalsk biomasse (f.eks. husdyrgødning), spildevand og spildevands slam samt andet bionedbrydeligt affald.

Analysen beskæftiger sig med anvendelsen af biomasse til energi og transport i Danmark. Men biomasse er en internationalt handlet ressource, hvorfor en vurdering af såvel de danske som internationale biomasseressourcer indgår i analysen.

Analysen er udarbejdet i en styregruppe og en arbejdsgruppe med deltagelse af Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, Miljøministeriet, Fødevareministeriet, Erhvervs- og Vækstministeriet, Transportministeriet, Skatteministeriet og Finansministeriet.

Der er i forbindelse med analysen udarbejdet en række baggrundsrapporter:

**”Imported wood fuels, A regionalised review of potential sourcing and sustainability challenges”**

*(Bentsen og Stubak, Københavns Universitet, 2013).*

**“Analysis of biomass prices, Future Danish Prices for straw, wood chips and wood pellets”**

*(Bang et al, EA Energianalyse, 2013).*

**“Life Cycle Assessment of bioenergy pathways for the future Danish energy system”**

*(Frier et al, COWI og Syddansk Universitet, 2014).*

**“Technology data for advanced bioenergy fuels”**

*(Evald et al, Force Technology, 2013).*

Der er herudover afholdt en række konferencer og workshops i forbindelse med projektet.

Kommissoriet for analysen findes som bilag 1 til denne rapport.





## **2. Miljømæssig bæredygtighed og effektivitet**

Rammevilkårene for anvendelsen af biomasse til energi og transport i Danmark skal sikre miljømæssig bæredygtighed og effektivitet.

En miljømæssig bæredygtig anvendelse af biomasse til energi og transport sigter efter:

- › At anvendelsen af biomasse understøtter egentlige reduktioner af udledningen af drivhusgasser med henblik på stabilisering af det globale udledningsniveau i 2050 og opnåelse af en to graders-målsætning i år 2100.
- › At biodiversiteten opretholdes eller forbedres, herunder påvirkningen af artsvariationen i de områder, der berøres af produktionen af biomasse.
- › At jordkvaliteten bevares eller forbedres, herunder indflydelsen på jordens bonitet, indhold af næringsstoffer, struktur og kulstofindhold.
- › At vandkvalitet bevares eller forbedres, herunder påvirkningen af denne gennem udledning af pesticider og kvælstof samt vandforbrug.
- › At luftkvaliteten bevares eller forbedres, herunder påvirkningen af denne gennem udledning af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler.
- › At der tages behørig landskabelige hensyn.

Det er samtidig centralt, at udnyttelsen af biomasse til energi og transport ikke påvirker fødevarerforsyningsikkerheden i negativ retning.

I henhold til energiaftalen fokuseres i nærværende analyse alene på miljømæssig bæredygtighed og ikke på f.eks. sociale aspekter af bæredygtighedsbegrebet<sup>1</sup>.

En effektiv anvendelse af biomasse til energi og transport er karakteriseret ved:

- › At biomassematerialer og teknologier anvendes på en måde og i et omfang, der medfører de lavest mulige omkostninger ved gennemførelsen af dansk energipolitik.
- › En understøttelse af fortsat høj dansk forsyningssikkerhed. I denne analyse fokuseres på to aspekter af forsyningssikkerheden:

*Elforsyningsikkerhed.* Dvs. sandsynligheden for, at der er el til rådighed, når den efterspørges.

*Brændselsforsyningsikkerhed.* Denne vurderes primært ud fra graden af geografisk koncentration af en internationalt handlet energiressource sat i forhold til omfanget af anvendelsen af denne i et givent energi- og transportsystem.

- › Høj energi- og ressourceeffektivitet. Herved forstås den nyttiggjorte energi sat i forhold til det samlede energiinput samt en stor grad af nyttiggørelse af samtlige fraktioner af en given type biomasse til en række formål.

1. Det skal bemærkes, at regeringen har offentliggjort en vejledning om offentlig indkøb af bæredygtigt træ, hvor der i fastlæggelsen af kriterier for bæredygtighed tillige indgår andre hensyn, herunder opretholdelse af skovressourcerne og deres produktion og en række hensyn til den sociale bæredygtighed. Vejledningen er under revision og opdatering, og vil fremadrettet komme til at ligge til grund for bindende regler for sikring af bæredygtigt træ i statens indkøb af træbaserede varer og tjenesteydelser, jf. regeringens strategi for intelligent, offentligt indkøb.

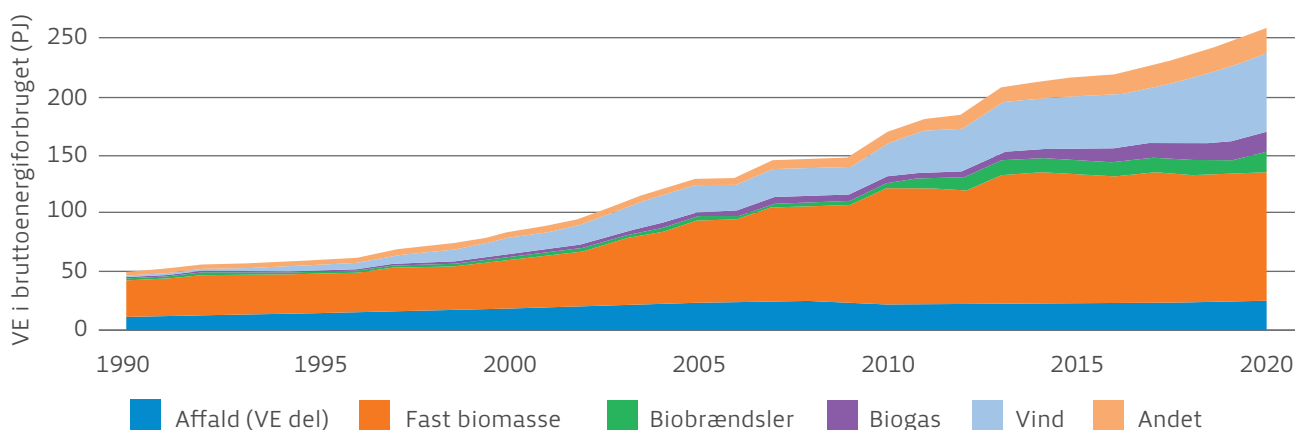


### **3. Fremskrivning og scenarier for den fremtidige bio- masseanvendelse**



## 3.1 Fremskrivning til 2020

På baggrund af den gældende regulering og gennemførte tiltag på energi- og transportområdet forventes i følge den seneste basisfremskrivning en forøgelse af forbruget af vedvarende energi med ca. 80 PJ i perioden frem til 2020.



Figur 1. Forventet udbygning med vedvarende energi frem mod 2020. Kilde: Basisfremskrivning 2012.

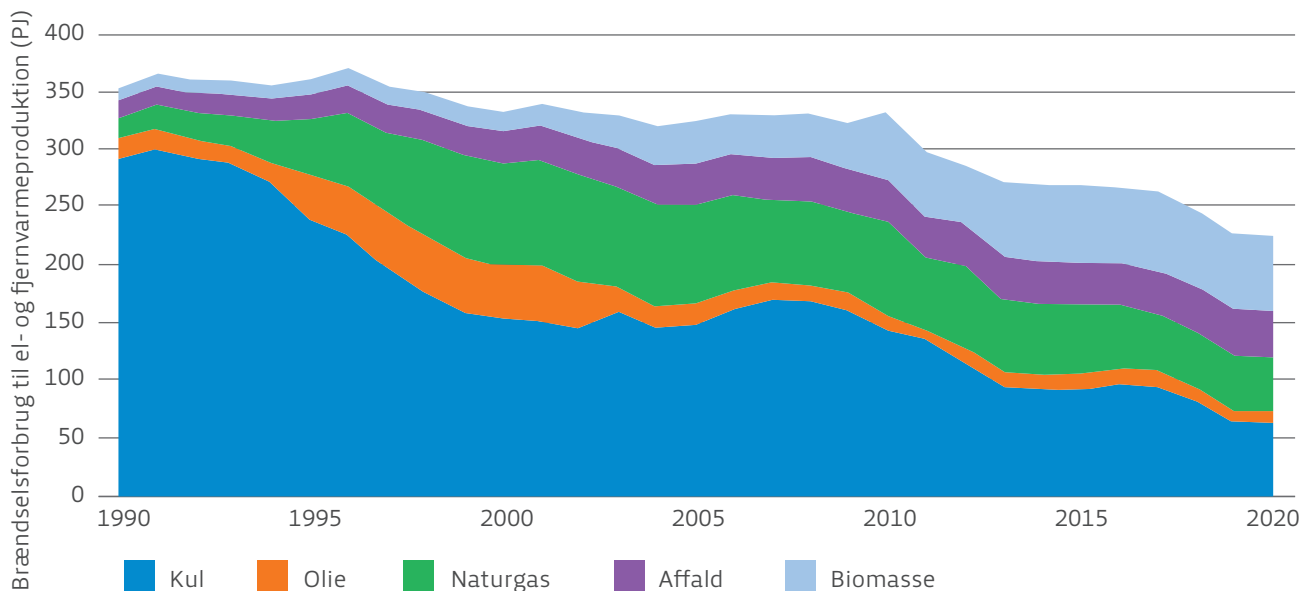
Som det fremgår af figur 1 kommer det største bidrag til stigningen fra udbygning med vindkraft, især udbygningen på havet, mens anvendelsen af alle typer af biomasse stiger fra 132 PJ i 2012 til 166 PJ i 2020. Samlet set er biomasse den mest anvendte vedvarende energikilde i 2020.

For så vidt angår transportsektoren er det i basisfremskrivningen antaget, at der som led i indfrielsen af det særskilte EU-mål om en VE-andel på 10 pct. i transportsektoren i 2020 i årene 2012-2019 anvendes biobrændstof svarende til 5,75 pct. af brændstofforbruget og 10 pct. af forbruget i 2020.

Det svarer til en stigning fra ca. 9 PJ i 2012 til ca. 17 PJ i 2020.

Husholdningernes anslås at have et næsten uændret forbrug af træ, der i 2020 estimeres til ca. 32 PJ.

I el- og fjernvarmesektoren er den overordnede trend, som det fremgår af figur 2, at biomasseforbruget til el og fjernvarme udviser en betydelig stigning. I alt stiger forbruget af biomasse fra ca. 72 PJ i 2012 til ca. 89 PJ i 2020. Størstedelen af denne vækst skyldes en vækst i anvendelsen af træ fra ca. 33 PJ i 2012 til ca. 48 PJ i 2020.



Figur 2. Forventet brændselsforbrug til el- og fjernvarmeproduktion.  
Kilde: Basisfremskrivning 2012. Note: Biomasse inkluderer biogas.

En stor del af biomassen anvendes på centrale værker, som er, eller vil blive, ombygget til at kunne anvende 100 pct. biomasse eller en kombination af kul og biomasse. I basisfremskrivningen er det antaget, at fire større anlæg før 2020 ombygges til at kunne anvende biomasse. Samlet anslås det, at de centrale værkers forbrug af træ vokser fra ca. 23 PJ i 2012 til ca. 41 PJ i 2020.

De decentrale værkers biomasseforbrug antages i basisfremskrivningen at være nogenlunde stabile i perioden (ca. 10 PJ årligt). Der vil dog formentlig ske en større anvendelse af biomasse på de decentrale værker end estimeret i den seneste basisfremskrivning, jf. Energistyrelsen fjernvarmeanalyse, der offentliggøres parallelt med bioenergianalysen. I denne analyse vurderes det, at de største naturgasbaserede fjernvarmeverker, som fra 2018 mister grundbeløbet som følge af ændringer i tilskuddet til elproduktion på decentral kraftvarme, skal finde alternative produktionsformer og derfor formentlig

vil finde det fordelagtigt at omlægge til biomassebaseret kraftvarmeproduktion.

Fjernvarmeverkernes forbrug af biomasse vurderes i basisfremskrivningen til at være svagt faldende fra ca. 14 PJ til ca. 12 PJ i 2020.

Halmforbruget til energi anslås at være svagt faldende fra 14 PJ til 11 PJ i 2020.

Anvendelse af biogas øges i fremskrivningen. Den forventede udbygning med biogas baserer sig på de økonomiske rammebetingelser efter energiaftalen af marts 2012. Det forudsættes, at en del af biogassen anvendes andre steder end i forsyningssektoren.

I 2020 anvendes i basisfremskrivningen godt 5 PJ biogas til produktion af el og fjernvarme mod godt 3 PJ i 2010. Samlet set anvendes ca. 17 PJ biogas i 2020 ifølge basisfremskrivningen.

## 3.2 Scenarier for biomasseanvendelsen i 2035 og 2050

På nuværende tidspunkt vurderes det dog, at produktionen af biogas formentlig højst vil nå 10 PJ i 2020. Udbygningen er blevet forsinket af en række forhold, herunder at det har taget tid at få en statsstøttegodkendelse af energiaftalens støtte til biogas i EU.

Det vurderes, at ca. halvdelen af biogasproduktionen vil blive opgraderet og tilført naturgasnettet i 2020. Resten forventes primært at blive brugt til produktion af el og varme, mens direkte anvendelse til transport og industriformål forventes at blive meget begrænset.

Der sker en forøgelse af anvendelsen af affald til el og fjernvarme med omkring 10 pct. fra 2010 til 2020.

Energistyrelsen har lavet en række stiliserede scenarier for det samlede energisystem i 2035 og 2050, jf. separat scenarieanalyse. Ved scenarier forstås her teknisk konsistente modeller eller billeder af den fremtidige energiforsyning i Danmark inkl. transport, der overholder givne politiske målsætninger. Scenarierne skal ikke forstås som detaljerede prognoser eller "facitlister" for, hvordan fremtidens energisystem kommer til at se ud eller bør se ud. Desuden er der ikke taget stilling til, hvilke virkemidler der skal til for at realisere scenarierne.

Der er taler om fire scenarier, der er i overensstemmelse med regeringens målsætning om 100 pct. vedvarende energi i 2050 samt regeringens mål om fossilfri el og varme 2035. Det antages samtidig i disse fire scenarier, at transportsektoren har ca. 25 pct. VE i 2035. Det samme gælder procesenergiforbruget.

Desuden belyses et scenarium hovedsagelig med anvendelse af fossil energi.

Scenarie	Vind	Biomasse	Bio+	Brint	Fossil
2035					
Brændselsforbrug	458 PJ	526 PJ	631 PJ	443 PJ	680 PJ
Bruttoenergiforbrug	594 PJ	606 PJ	634 PJ	590 PJ	653 PJ
2050					
Brændselsforbrug	255 PJ	443 PJ	710 PJ	192 PJ	483 PJ
Bruttoenergiforbrug	575 PJ	590 PJ	674 PJ	562 PJ	546 PJ

Figur 3. Scenarier 2035 og 2050. Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

**Vindscenariet** har en massiv elektrificering i transport, industri og fjernvarme og en kraftig udbygning med havmøller. Der gøres brug af brint i et vist omfang, bl.a. til opgradering af biomasse og biogasse, så den rækker længere. Der er ingen centrale kraftvarmeværker.

I **biomassescenariet** transportsektoren også elektrificeret, og der er et stort bidrag fra vindenergi. Der anvendes ikke brint. Der er centrale kraftvarmeværker, men med en væsentligt lavere kapacitet end i dag.

**Bio+ scenariet** indebærer et brændselsbaseret system, der minder om det nuværende energi- og transportsystem. Blot erstattes kul, olie og naturgas med bioenergi, herunder benzin og diesel på bio-brændstoffer.

**Brintscenariet** har et meget lille bioenergiforbrug. Det indebærer en betydelig anvendelse af brint – især til opgradering af biogas og biomasse – og en del mere vindkraft end i vindscenariet. Der er ingen centrale kraftvarmeværker.

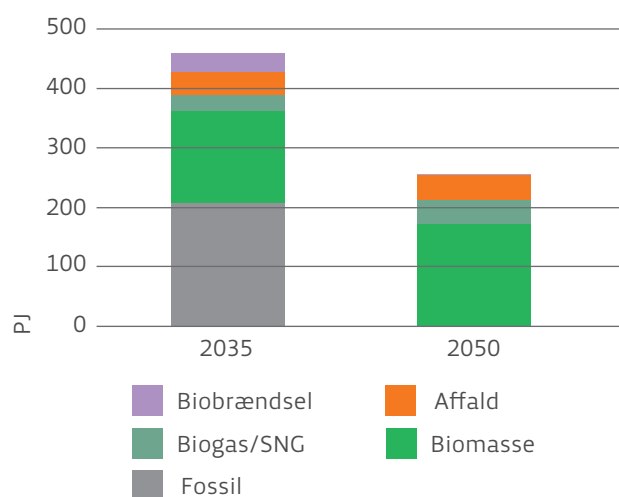
**Fossilsценariet** beskriver en teoretisk situation, hvor hovedsageligt fossile brændsler anvendes, og hvor der ses bort fra alle målsætninger. Scenariet illustrerer et alternativ, hvor hovedfokus er lavest mulige omkostninger.

Figurerne 4-8 nedenfor viser udviklingen i brændselsforbruget, herunder det fossile brændselsforbrug i de fire scenarier i 2035 og 2050.

Det antages i scenarierne ud fra en least-cost tankegang, at det anvendte ”græsagtige” afgrøde-over-skud, affald og husdyrgødning er dansk produceret, da der er tale om relativt billige restprodukter, mens logistikken forbundet med længere transport

af sådanne typer af biomasse vil være voldsomt fordyrende<sup>2</sup>.

For så vidt angår træ til energi antages dette, som i dag at være en internationalt handlet ressource. I alle hovedscenarier antages biobrændstoffer produceret i Danmark på baggrund af halm og træ. I nogen scenarier antages endvidere import af yderligere biobrændstoffer.



Figur 4. Brændselsforbrug i vindscenariet. Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

I **vindscenariet** i 2035 anvendes halm og træ primært til en begrænset central kraftvarme produktion (ca. tre større kraftværker) og en vis biobrændstofproduktion. Affaldet anvendes til kraftvarmeproduktion og biogassen til decentral kraftvarmeproduktion.

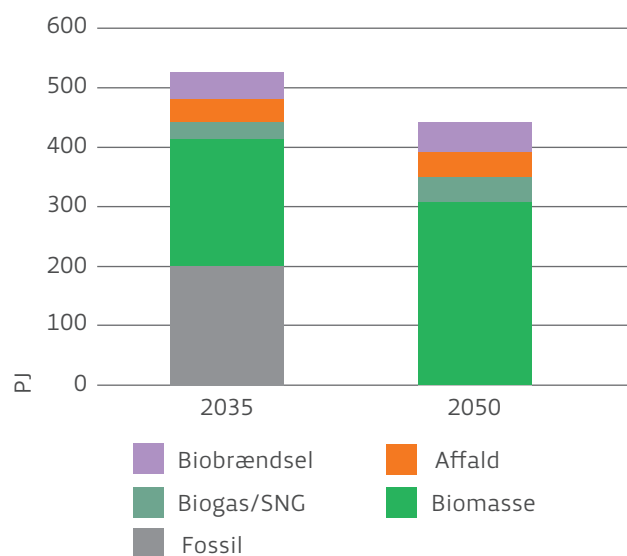
I **vindscenariet** i 2050 anvendes træ og halm alt overvejende til biobrændstofproduktion (til tung transport) inkl. spildvarme. Der anvendes herudover mindre mængder til fjernvarme (spidslast) samt til industriel kraftvarme og kedler.

2. Hvis torrefactionsteknologien får et teknologisk og kommercielt gennembrud, kan international handel med græsagtige typer af biomasse dog blive relevant.

Biobrændstoffabrikkerne producerer primært biokerosen og 2G biodiesel med tilsætning af brint (opgradering).

Affald og biogas anvendes som i 2035, omend al biogassen opgraderes med brint og en mindre del af biogassen nu anvendes til transport.

I en **variant af vindscenariet** produceres alle biobrændstoffer uden for Danmark. Dette betyder behov for mindre vindkapacitet til produktion af brint og biobrændstoffer. Spildvarmen fra produktion af brint og biobrændstoffer, der i hovedscenariet anvendes som fjernvarme, erstattes af varmeproduktion ved hjælp af store eldrevne varmepumper. Affald, biogas og træ anvendes som i hovedscenariet, mens halm stort set ikke anvendes. Dette scenarie anvender også ca. 250 PJ bioenergi, når de udenlandske konverteringstab medregnes.

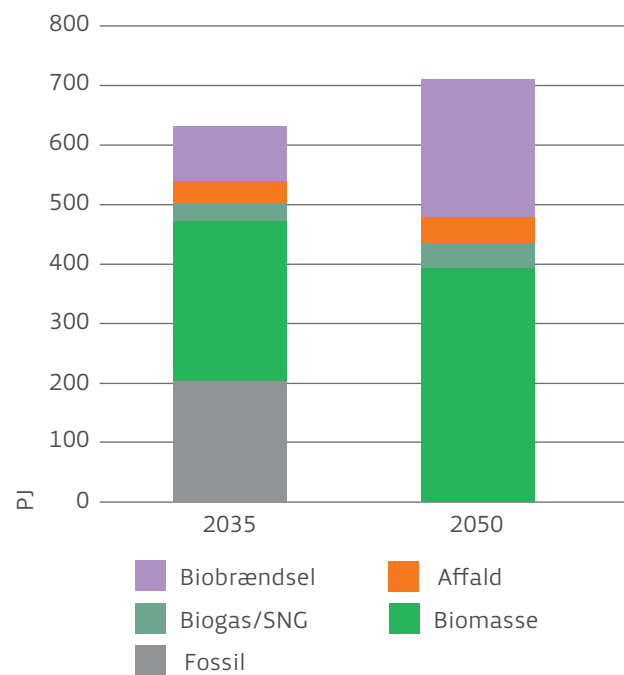


Figur 5. Brændselsforbrug i biomassescenariet. Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

I **biomassescenariet** i 2035 anvendes træ og halm især til kraftvarme og kondensproduktion (kun el) og i nogen udstrækning til biobrændstofproduktion. Affald anvendes til central kraftvarme og biogas til decentral kraftvarme.

I 2050 i **biomassescenariet** anvendes træ og halm fortsat til kraftvarme og kondensproduktion samt til en forøget biobrændstofproduktion til tung transport samt til industriel kraftvarme og kedler. Biobrændstoffabrikkerne producerer primært biokerosen og 2G biodiesel uden opgradering med brint.

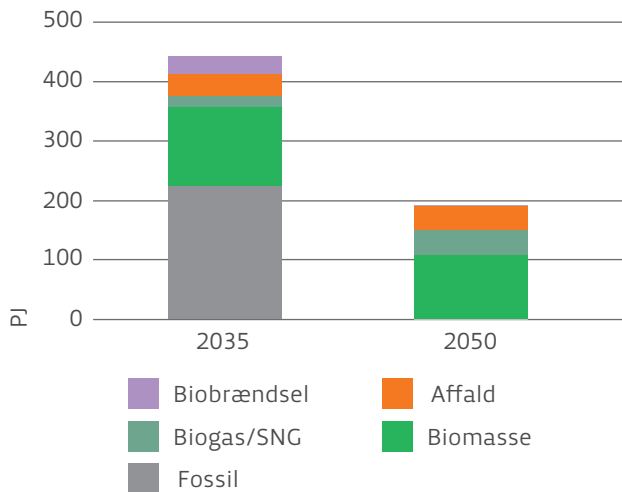
Affald anvendes til central kraftvarme og biogas til decentral kraftvarme. Der anvendes samtidig biogas/SNG til tung transport.



Figur 6. Brændselsforbrug i bio+scenariet. Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

I 2035 i **bio+scenariet** anvendes træ, halm, affald og biogas primært til kraftvarme og varme i stedet for kul og gas. Vind står dog for ca. 50 pct. af elproduktionen.

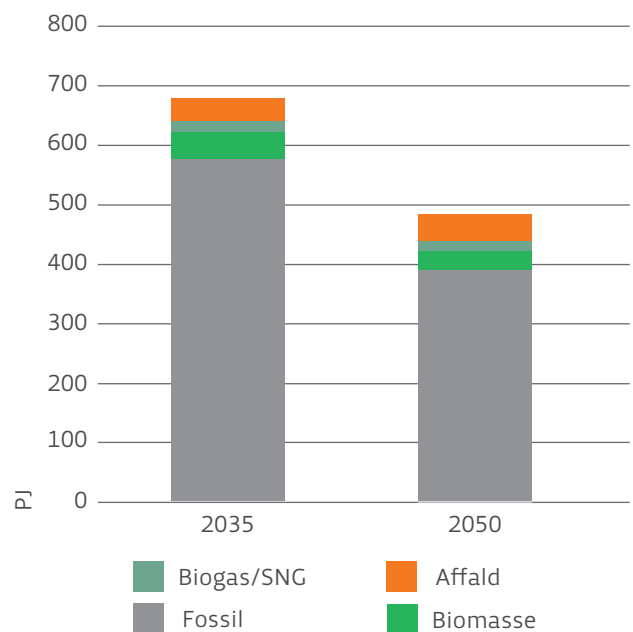
I 2050 er transportsektoren omstillet næsten fuldt ud til biobrændstoffer, hvilket indebærer en betydelig import af disse (2G bioetanol og 2G biodiesel) samt af træ til egenproduktion af sådanne brændstoffer. Biobrændstoffabrikkerne producerer primært biokerosen og 2G biodiesel uden opgradering.



Figur 7. Brændselsforbrug i brintscenariet.  
Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

**Brintscenariet** søger at minimere anvendelsen af biomasse. I 2035 anvendes halm primært til kraftvarme. Det samme gælder biogas og affald. I 2050 anvendes halm næsten udelukkende til produktion af biobrændstoffer. Biobrændstoffabrikkerne producerer primært biokerosen til fly og 2G biodiesel med tilsætning af brint (opgraderet).

Affald og biogas opgraderet med brint anvendes til kraftvarme. Herudover anvendes noget af biogassen til transport. Der anvendes kun en meget lille mængde træ i scenariet (primært til procesenergi).



Figur 8. Brændselsforbrug i fossils scenariet.  
Kilde: Scenarieanalyse, 2014.

I **fossil scenariet** anvendes biomasse kun i meget lille udstrækning med affaldsforbrænding som det dominerende element.





**4.  
Nuværende  
rammebetingelser  
for anvendelse  
af biomasse**



I dette afsnit gives en beskrivelse af de nuværende rammevilkår for anvendelsen af biomasse til energi- og transportformål med fokus på den direkte regulering af energi- og transportsektoren. En uddybende beskrivelse af rammevilkårene, herunder relevante rammevilkår i øvrige sektorer, findes i bilag 2 og 3.

## 4.1 EU-regulering

### Bæredygtighedskriterier og VE-mål for transport

Det fremgår af direktivet til fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder (VE-direktivet), at mindst 10 pct. af transportenergiforbruget i 2020 skal være baseret på vedvarende energi.

VE-direktivet fastsætter en række bæredygtighedskriterier, som skal være overholdt for at kunne modtage offentlig støtte eller for at kunne medtage anvendelsen i de nationale mål for den vedvarende energi og biobrændstoffer, der anvendes i EU. Kriterierne gælder biobrændstoffer til transport (inkl. biogas til transport) samt flydende biobrændsler til energi.

For biobrændstofferne skal bæredygtighedskriterierne derfor være overholdt, hvis anvendelsen skal indregnes i opfyldelsen af målet om 10 pct. VE i transport i 2020. For 2. generation af biobrændstoffer, der fremstilles på basis af restprodukter og affald m.v., tæller anvendelsen dobbelt ved opgørelsen af, om 10 pct. målet er opfyldt.

EU's bæredygtighedskriterier indeholder krav til biobrændstoffernes drivhusgasfortrængning og krav til biobrændstoffernes oprindelse, herunder forhold ved dyrkningen af råstoffet til produktion af biobrændstof. Kravet til drivhusgasfortrængning er i dag på 35 pct., men dette krav skærpes i 2017 til 50 pct. for eksisterende faciliteter og til 60 pct. for faciliteter, hvis produktion påbegyndes fra 2017 og frem. Bæredygtighedskriterierne indeholder også bestemmelser om, at råmaterialet til biobrændstofferne som udgangspunkt ikke må dyrkes i våd- og skovområder samt områder med en høj biodiversitet.

### Brændstofkvalitet

Brændstofkvalitetsdirektivets krav om CO<sub>2</sub>-reduktion går hovedsagligt ud på, at olieselskaberne med udgangen af 2020 skal have reduceret CO<sub>2</sub>-udledningen per energienhed brændstof til transport med mindst 6 pct. i forhold til 2010. Det forventes, at hovedparten af dette 6 pct. reduktionskrav vil blive håndteret ved anvendelse af biobrændstoffer.

### ILUC-forhandlinger og 1. generations biobrændstoffer

Kommissionen har præsenteret et udspil, som vil sætte et loft for 1. generations biobrændstoffer således, at de maksimalt kan udgøre 5 pct. af de 10 pct. VE, som er transportmålet i 2020. Den danske holdning er, at forslaget ikke er ambitiøst nok, og at det kun vil have en lille effekt i forhold til at fremme biobrændstoffers bæredygtighed. Regeringen har derfor arbejdet for at sænke loftet til 4 pct. og samtidig sætte et delmål på 2 pct. for avancerede 2. generations biobrændstoffer, som tæller fire gange mod målet i henhold til Kommissionens forslag.

### Bæredygtighedskriterier for fast biomasse

VE-direktivet indeholder ikke bæredygtighedskriterier for brug af fast og gasformig biomasse til varme, el og køling. I forlængelse af vedtagelsen af VE-direktivet blev det imidlertid aftalt, at EU-Kommissionen skulle rapportere, om der var behov for bæredygtighedskriterier for disse brændsler og til disse anvendelsesformål.

I Kommissionens seneste rapportering fra 2010 om behovet for sådanne kriterier, vurderede Kommissionen dog, at der ikke umiddelbart var behov for yderligere regulering. Medlemsstaterne blev samtidig opfordret til, såfremt de ville udforme eventuelle nationale bæredygtighedskriterier, at gøre det med udgangspunkt i kriterierne for biobrændstoffer og flydende biobrændsler for ikke at skabe unødige hindringer for handlen på det europæiske energimarked. Det vil sige, at eventuelle nationale eller europæiske kriterier ville skulle indeholde forbud mod at anvende biomasse fra områder med høj biodiversitet, udrænedede områder med tørv samt fra

områder med store kulstoflagre. Kriterierne ville samtidig skulle stille krav til drivhusgasreduktion sammenlignet med den tilsvarende anvendelse af fossile brændsler.

Ved opgørelsen af drivhusgasudledninger blev det foreslået, at der indregnes udledninger i forbindelse med produktion, proces og transport samt arealændringer, mens midlertidige ændringer i kulstoflagre i forbindelse med arealanvendelse (land use) – f.eks. når en skov høstes – ikke medregnes.

Kommissionen lagde endvidere op til, at kun operatører med en el- og/el-termisk kapacitet på 1 MW eller derover omfattes af kriterierne.

I samme rapport forpligtede Kommissionen sig endvidere til inden udgangen af 2011 at vende tilbage med en fornyet vurdering af behovet for bæredygtighedskriterier. En sådan vurdering er endnu ikke fremlagt for medlemsstaterne.

Der er blandt medlemsstaterne forskellige holdninger til behovet for kriterier. Den danske regering har arbejdet for, at Kommissionen snarest fremlægger et forslag til kriterier. Generelt er de medlemslande, der forventer at importere store mængder biomasse, positivt indstillede over for et forslag om bæredygtighedskriterier på EU-niveau, mens primært de skovproducerende medlemsstater er modstandere af indførelsen af sådanne kriterier. Belgien og Storbritannien, har allerede indført nationale bæredygtighedskriterier.

Kommissionen har i sin meddelelse om en ny EU-skovstrategi foreslået, at Kommissionen sammen med medlemsstaterne og interessenter fastlægger objektive, ambitiøse og dokumenterbare kriterier for bæredygtig forvaltning af skove med henblik på anvendelse i forskellige politiksammenhænge uafhængig af slutanvendelsen af træet (dvs. uanset om det går til f.eks. energi eller materialer). Regeringen lægger vægt på, at forslaget understøttes i kommende rådskonklusioner. Regeringen arbejder samtidig for, at sådanne kriterier understøtter de

eksisterende pan-europæiske kriterier og indikatorer for bæredygtig skovdrift (jf. afsnit 4.3). Regeringen lægger endvidere i den forbindelse vægt på at skovstrategien er i harmoni med den mulige fremtidige udvikling af fælles bæredygtighedskriterier for fast biomasse til energi og tillige, at de i videst muligt omfang bygger på og understøtter eksisterende certificerings- og mærkningsordninger for bæredygtigt træ i markedet samt udvikling af indkøbspolitikker og vejledning for offentligt indkøb af bæredygtigt træ i medlemslandene.

## 4.2 Frivillige ordninger /certificeringer

### PEFC og FSC – og andre internationale standarder

Der findes private certificeringsordninger, der omfatter krav til bæredygtighedskriterier, der skal være opfyldt for, at man kan fastholde sin certificering.

De to største certificeringsorganer inden for skove er PEFC og FSC, der har certificeret knap 400 mio. ha.

Standarderne har omfattende krav til sikring og dokumentation for en bæredygtig skovdrift, sikring af skovens tilstand, biodiversiteten og miljøet. I en PEFC- eller FSC-certificeret skov bliver der generelt ikke fældet mere træ, end skoven kan nå at reproducere. Ren afdrift af arealer kan dog tillades.

## Sustainable Biomass Partnership

DONG Energy A/S samarbejder med en række af de største europæiske energiselskaber om at udvikle en standard for bæredygtigt biomasse, der kan opfylde alle nuværende nationale krav på de relevante markeder og eventuelle fremtidige europæiske krav. Samarbejdet kaldes Sustainable Biomass Partnership<sup>3</sup>. Partnerskabet forventer, at et certificeringssystem vil være på plads i løbet af 2014.

Udover DONG Energy A/S deltager Drax Power Ltd, Eggborough Power Ltd, E.ON, GDF SUEZ, RWE og Vattenfall i samarbejdet. Deltagerne i samarbejdet står for mellem 70 pct. og 90 pct. af de industrielle træpiller, der anvendes til energiproduktion globalt set.

Certificeringsordningen er endnu ikke færdigudviklet, men vil formentlig indeholde krav om såvel arealanvendelse som krav om fremlæggelse af data, der tillader beregning af CO<sub>2</sub> udledningen fra værdikæden. Partnerskabets intention er, at en certificering skal indeholde de fornødne data til, at det kan kontrolleres, hvorvidt den pågældende biomasse kan leve op til de nationale krav vedr. bæredygtighed og udledning af drivhusgasser, der allerede er indført i Belgien og Storbritannien.

Partnerskabet forventer, at kravene til arealanvendelse blandt andet vil indebære, at skovdriften i de områder, hvorfra der købes biomasse til energi, skal sikre minimal påvirkning af økosystemet, bevarelse af skovens produktivitet, bibeholdelse af biodiversitet, og at alle lokale og nationale krav skal overholdes.

Certificeringen af anvendelsen af biomasse vil blive auditeret af uafhængige kontrollanter. Det vil være op til det enkelte deltagende selskab i partnerskabet at afgøre, hvor stor en andel af den biomasse, som indkøbes, der skal være certificeret.

## 4.3 International regulering – LULUCF

### Ændringer i arealanvendelse i Klimakonventionen

En betydelig del af de globale, menneskeskabte udledninger stammer fra arealanvendelse, det være sig landbrug, skovbrug eller naturforvaltning generelt. I modsætning til udledninger fra industriel aktivitet er udledningerne og optagene af CO<sub>2</sub> i forbindelse med arealanvendelse betydeligt sværere at have med at gøre, både i forhold til overvågning og registrering, men også i forhold til hvor meget indflydelse man reelt har på udledningerne. Under FN's Klimakonvention opgøres disse udledninger og optag under den særskilte sektor, der betegnes LULUCF – Land-Use, Land-Use Change and Forestry, og på dansk "arealanvendelse, ændret arealanvendelse og skovbrug". Underskrivere af Klimakonventionen har ingen reduktionsforpligtelser, men registrerer alene emissioner m.v.

### Ændringer i arealanvendelse i Kyoto-protokollen

Kyoto-protokollen er en global aftale, der har til formål at reducere de drivhusgasudledninger eller øge CO<sub>2</sub>-optag, der er forbundet med menneskelig aktivitet. En række lande står uden for Kyoto-protokollen og kun ilandene (anneks 1 landene) har reduktionsforpligtelser under aftalen.

Under Kyoto-protokollen har man valgt at behandle LULUCF-sektoren særskilt – dels ved kun at medregne en del af LULUCF-sektorens udledninger og optag, og dels ved ikke at indregne nedsatte udledninger eller øgede optag direkte men i form af såkaldte RMU-kreditter (RMU – Removal Units), som efterfølgende kan benyttes i forhold til at nå et reduktionsmål under protokollen.

3. Tidligere IWPB – International Wood Pellets Buyers

### Inddragelse af LULUCF i reduktionsindsatsen

Når LULUCF inddrages i den nationale reduktionsindsats (obligatorisk for skovændringer under artikel 3.3., de øvrige frivillige<sup>4</sup>), vil et land stå til ansvar for den udledning, der sker som følge af forvaltningen af arealet. Den grundlæggende mekanisme er, at hvis udledningen fra et areal reduceres, vil der genereres en internationalt anerkendt CO<sub>2</sub>-kredit – en RMU<sup>5</sup> – svarende til udledningsreduktionen. RMU-kreditten kan bruges i det nationale emissionsregnskab over for FN, og kan gøre det nemmere for parterne at nå deres målsætning. Omvendt vil en obligatorisk eller en LULUCF-type, som er valgt til, og som giver anledning til øget udledning, komme landet til ulempe i emissionsopgørelserne.

### LULUCF-kategorierne og deres udformning

Tabel 1 viser de forskellige LULUCF-kategorier, hvor de beskrives i Kyoto-protokollen, samt om de er frivillige eller obligatoriske. Det skal bemærkes, at skovforvaltning (FM) var frivillig under første Kyoto-periode (2008-2012) (KPI), mens det er obligatorisk under anden Kyoto-periode (2013-2020)(KPII).

Type	Forkortelse	Dansk betydning	Artikel	KP I	KPII
Afforestation, Reforestation and Deforestation	ARD	Skove plantet eller ryddet efter 1990	3.3	Obli.	Obli.
Forest Management	FM	Forvaltningen af skove fra før 1990	3.4	Valgfri	Obli.
Cropland Management	CM	Forvaltningen af dyrket jord	3.4	Valgfri	Valgfri**
Grazing Land Management	GM	Forvaltningen af vedvarende græs	3.4	Valgfri	Valgfri**
Revegetation	RV	Genetablering af plantedække på udpinte/øde arealer	3.4	Valgfri	Valgfri**
Wetland Drainage and Rewetting	WDR	Dræning og genetablering af vådområder	3.4	*	Valgfri*
Harvested Wood Products	HWP	Høstet vedmasse brugt i eks. byggeri	3.4	*	*

Tabel. LULUCF typer og rolle i klimaindsatsen.

\* Ikke inkluderet i første forpligtelsesperiode, reglerne er endnu ikke fastlagt.

\*\* Dog obligatorisk hvis kategorien har været valgt til under KP I.

- De tilvalg under artikel 3.4, som et land må have foretaget i første forpligtelsesperiode, vil landet også være forpligtet til at medregne i efterfølgende forpligtelsesperioder. F.eks. betyder Danmarks tilvalg af skovforvaltning, afgrødedyrkning og græsningsarealer i første forpligtelsesperiode, at disse kategorier også skal opgøres og rapporteres i den anden forpligtelsesperiode 2013-2020 (RMU-kreditter må dog ikke indregnes i forhold til Danmarks EU-mål 2013-2020). I 2014 skal Danmark afgøre om man vil til- eller fravælge de nye frivillige kategorier.
- En RMU svarer til 1 ton CO<sub>2</sub> optaget eller reduceret udledning siden 1990.

I de tilfælde, hvor udledningerne fra et areal falder under et lands klimaforpligtelser gennem LULUCF-reglerne, vil forvaltningen få betydning for landets samlede klimaindsats. Forvaltes arealet, så der forekommer netto udledninger under LULUCF-reglerne, vil landet principielt skulle modsvare disse udledninger med en tilsvarende indsats et andet sted i økonomien. Biomassen fra arealet vil således principielt set kunne tilskrives en carbon-pris, der skal tages i betragtning, når der træffes økonomiske beslutninger vedrørende forvaltningen.

De ovenstående LULUCF-kategorier er uddybet i bilag 3.

### Det pan-europæiske skovsamarbejde

Inden for rammerne af det pan-europæiske skovsamarbejde (Forest Europe) er der siden 1990 udviklet en fælles ramme for bæredygtig skovdrift, samt en række 2020-mål for skovenes udvikling. Inden for dette samarbejde har ministre med ansvar for skove i de enkelte lande, vedtaget en række deklARATIONER og resolutioner, herunder overordnede kriterier og en række tilknyttede indikatorer for bæredygtig skovdrift samt nogle mere detaljerede operationelle retningslinjer for bæredygtig skovdrift på ejendomsniveau. Der er tale om en juridisk ikke-bindende ramme. I samme Forest Europe-regi besluttede man i 2011 at indlede forhandlinger om en juridisk bindende mellemstatslig aftale om

skove i Europa. Aftalen er endnu under forhandling. Status er pt., at der er opnået principiel enighed om aftalens substantielle elementer, herunder til at anvende de seks overordnede Forest Europe-kriterier for bæredygtig skovdrift, mens der endnu er udeståender om bl.a. det institutionelle ophæng for aftalen.

De seks Forest Europe-kriterier for bæredygtig skovdrift er:

- › Maintenance and appropriate enhancement of forest resources and their contribution to global carbon cycles.
- › Maintenance of forest ecosystems' health and vitality.
- › Maintenance and encouragement of productive functions of forests (wood and non-wood).
- › Maintenance, conservation and appropriate enhancement of biological diversity in forest ecosystems.
- › Maintenance, conservation and appropriate enhancement of protective functions in forest management (notably soil and water).
- › Maintenance of other socio-economic functions and conditions.

## 4.4 National regulering – ikke-finansielle rammevilkår

### Biomassepålæg til kraftværkerne

I biomasseaftalen fra 1993 blev kraftværkerne pålagt at anvende 1,4 mio. ton biomasse (halm og træ) årligt fra år 2000. I forbindelse med udstedelse af bevillinger til elproduktion blev dette pålæg konkretiseret og fordelt på enkeltsselskaber, ligesom pålægget blev ændret fra en årlig mængde, der skulle anvendes, til at de enkelte selskaber skulle have en bestemt driftsklar kapacitet til rådighed. Ud over pålæggene skal DONG Energy, som følge af tilladelsen til anvendelse af kul på Avedøreværkets Blok 2, samlet set anvende en årlig mængde biomasse på 22,7 PJ, såfremt der anvendes kul på Avedøreværkets Blok 2. Se bilag 3 for en nærmere oversigt.

### Biomasseanvendelse i varmforsyningssektoren

Reguleringen af anvendelse af biomasse og biogas i varmforsyningen i Danmark findes i varmforsyningsloven og projektbekendtgørelsen. Kommunerne er varmeplanmyndighed og skal godkende projekter, der er samfundsøkonomisk billigt.

Ved udskiftning af en eksisterende biomassekedel på et anlæg skal kommunen stille krav om, at det omstilles til biomassebaseret kraftvarme, hvis omstillingen ud fra en teknisk og økonomisk vurdering vil være hensigtsmæssig, herunder at varmeprisen på biomassebaseret kraftvarme ikke adskiller sig væsentligt fra varmeprisen på den forsyning, som fjernvarmenettet har adgang til. I praksis vil det dog ikke kunne betale sig for de mindre fjernvarmeværker. For de større naturgasbaserede fjernvarmeværker, som fra 2018 mister grundbeløbet som følge af ændringer i tilskuddet til elproduktion på decentral kraftvarme, er forventningen, at disse værker in-

denfor en overskuelig fremtid skal finde alternative produktionsformer, og det meget vel kunne blive biomassebaseret kraftvarmeproduktion.

Kraftvarmeværker må ikke omstille fra naturgas til ren varmeproduktion på biomassekedler. Kun i særlige situationer tillades etablering af ny biomassekedel<sup>6</sup>.

For biogassens vedkommende har kommunerne pligt til at give biogassen fortrinsret ved afsætning til kollektiv varmforsyning, hvis prisen ikke adskiller sig væsentligt fra prisen på den forsyning, som fjernvarmeværket ellers har adgang til. Hvis alternativet er naturgas er det muligt for biogassen at konkurrere, men vanskeligt, hvis alternativet er billigere f.eks. solvarme eller kul, hvor varmforsyningen kommer fra et centralt kulfyret kraftværk.

### Aftalefrihed om udnyttelse af afgiftsfordel for biomasse

Med energiaftalen i 2012 har de centrale kraftvarmeanlæg og de kollektive varmforsyningsanlæg, de leverer til, fået frihed til at aftale en fordeling af afgiftsfordelen ved anvendelse af biomasse i stedet for fossile brændsler<sup>7</sup>. Visse betingelser skal dog være opfyldt: der skal være tale om levering af biomassebaseret opvarmet vand eller damp, prisfastsættelsen skal i så fald ske på grundlag af en aftale mellem det centrale kraftvarmeanlæg og dets varmeaftager (jernvarmeselskabet) og parterne kan kun frit fordele afgiftsfordelen, når varmeaftageren er et kommunalt eller forbrugerejet kollektivt varmforsyningsanlæg. Ændringen har givet incitament til øget biomasseomstilling på de centrale kraftvarmeanlæg.

6 De tilfælde, hvor der er tilladelse til etablering af ny biomassekedel, er: på udvalgte barmarksværker (biomassekedel på maksimal 1 MW), hvis en ældre biomassebaseret spidslastkedel skal erstattes, eller ved en udvidelse af et fjernvarmeområde. Ofte vil en spidslastkedel, når den først er etableret, dog typisk køre som grundlast, da varmeværkerne er forpligtet til at give forbrugerne den billigst mulige varme. Det betyder færre driftstimer for gasmotoren, der leverer kraftvarme.

7 Lov nr. 577 af 18. juni 2012 om ændring af lov om varmforsyning, og lov om elforsyning og byggeloven

## Bioenergi



## Iblandingskravet af biobrændstoffer i transportsektoren

Det indgår i den energipolitiske aftale af 21. februar 2008, at biobrændstoffer mv. skal udgøre 5,75 pct. i 2010 samt 10 pct. i 2020 af brændstofanvendelsen i landtransport.

Målsætningen om iblanding på 5,75 pct. blev siden implementeret i dansk lov, som et egentligt iblandingskrav. Dette krav omfatter alle leverandører af brændstoffer til transport, men de enkelte leverandører kan danne puljer, som i gennemsnit opfylder kravet. Derudover kan handel med el til elbiler også indgå i opfyldelse af kravet.

Det er et minimumskrav, at benzin og diesel skal indeholde mindst 1 pct. biobrændstof.

Det indgår i energiaftalen fra 2012, at der gennemføres ændring af biobrændstofloven med henblik på at sikre iblanding af 10 pct. biobrændstoffer i 2020. Gennemførelsen afventer dog en analyse af alternative initiativer til at leve op til EU's forpligtelse ift. VE i transport. Analysen færdiggøres i 2015.

## 4.5 Afgifter og støtte til biomasseproduktion og anvendelse i Danmark

### Afgifter

Forbrug af energi i Danmark reguleres ved energi- og miljøafgifter, herunder især gennem miljøafgifter på metan, SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> og gennem energiafgifterne på kul, affaldsbrændsel, gas, olie og el. Der er ikke energiafgifter på VE-brændsler.

Energiafgifterne differentieres efter, om energiforbruget vedrører transport, rumvarme og andre husholdningsmæssige formål mv., produktionsprocesser eller elfremstilling.

Miljøafgifterne differentieres ikke efter anvendelse. Dog er CO<sub>2</sub>-udledninger vedrørende proces og elfremstilling i den CO<sub>2</sub>-kvoteomfattende sektor fritaget for CO<sub>2</sub>-afgift og belastes i stedet med CO<sub>2</sub>-kvoter. Miljøafgifterne beregnes som udgangspunkt ud fra udledningerne til luften af de miljøbelastende stoffer ved forbrug af brændsler.

Energiafgiftssystemet består dermed af tre forskellige typer af afgifter: energiafgifterne på energiindholdet i brændslerne, CO<sub>2</sub>-afgiften på ikke-kvoteomfattede CO<sub>2</sub>-udledninger samt afgifter på udledningerne af de forurenende og sundhedsskadelige stoffer NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>. I bilag 2 findes en uddybende beskrivelse af afgifterne.



## Støtte til elproduktion baseret på vedvarende energi – via Public Service Obligation (PSO)

I Danmark ydes økonomisk støtte til elproduktion baseret på vedvarende energi (VE). Støtten opkræves via PSO-tariffen, som administreres af Energinet.dk og betales af elforbrugerne.

Støtten fastsættes individuelt for hver enkelt teknologi og varierer på støttesats, støtteperiode og afregningsmetode. Støtten udbetales enten som

en fast afregningspris, som et tillæg til elmarkedsprisen eller som et årligt grundbeløb. Ved fast afregningspris er støtten variabel, da denne beregnes ved at trække markedsprisen for el fra den faste afregningspris. Tabel 2 viser en oversigt over de væsentligste nuværende aftaler om støtte til elproduktion baseret på biomasse.

Teknologi	Beskrivelse	Afregningsmetode	Støttesats
El produceret alene ved biogas og forgasningsgas fremstillet ved biomasse.	Der opnås dels en fast afregningspris, dels et pristillæg der afhænger af naturgasprisen og dels et pristillæg der aftrappes frem til 2020. Støtten gives i hele levetiden.	Fast afregningspris.	79,3 øre/kWh i 2012. Reguleres årligt på grundlag af 60 pct. af nettoprisindekset.
			26 øre/kWh i 2012. Reguleres årligt på grundlag af naturgasprisen det forudgående år.
			10 øre/kWh i 2012-2015. Aftrappes med 2 øre/kWh årligt fra 2016 og frem til 2020, hvor det bortfalder helt.
El produceret ved biogas eller forgasningsgas fremstillet ved biomasse i kombination med andre brændsler.	Der opnås dels et fast pristillæg, dels et pristillæg der afhænger af naturgasprisen og dels et pristillæg der aftrappes frem til 2020. Støtten gives i hele levetiden.	Fast pristillæg.	43,1 øre/kWh i 2012. Reguleres årligt på grundlag af 60 pct. af nettoprisindekset.
		Pristillæg afhængigt af naturgasprisen.	26 øre/kWh i 2012. Reguleres årligt på grundlag af naturgasprisen det forudgående år.
		Pristillæg der aftrappes frem til 2020.	10 øre/kWh i 2012-2015. Aftrappes med 2 øre/kWh årligt fra 2016 og frem til 2020, hvor det bortfalder helt.
El produceret ved afbrænding af biomasse.	Der opnås et fast pristillæg i hele levetiden.	Fast pristillæg.	15 øre/kWh.
Eksisterende decentrale værker på biogas.	Der opnås et fast årligt grundbeløb fra 1. juli 2013 og frem.	Fast årligt grundbeløb.	Fastsættes individuelt fra værk til værk, dog max 640.000 kr./år.

Tabel 2. Oversigt over de væsentligste nuværende aftaler om støtte til elproduktion baseret på biomasse.

## **Støtte til anvendelse af biogas samt bæredygtighedskriterier for biogas**

Det er indført "tilskudsmæssig ligestilling" mellem afsætning via naturgasnettet og afsætning til kraftvarme. Støtten til distribution via naturgasnettet gives også til rensat biogas, som distribueres via bygasnet. Støtten gives også til forgasningsgas fra biomasse, dvs. gas, der er fremstillet gennem termisk forgasning af biomasse. Driftsstøtten gives til anvendelsen af biogas til forskellige formål.

Klima-, energi- og bygningsministeren kan fastsætte regler om den nødvendige dokumentation for at modtage pristillæg samt regler for kriterier for bæredygtighed, som skal opfyldes for at kunne modtage støtte. De nærmere regler for bæredygtighed vil blive udmøntet i løbet af 2014. Princippet i de fremtidige kriterier er beskrevet i et notat, udarbejdet af Energistyrelsen. Heraf fremgår, at der i perioden 2015-2017 højst må være 25 pct. energiafgrøder målt som vægt-input, i perioden 2018-2020 sænkes andelen til 12 pct., mens niveauet fra 2021 og fremefter afhænger af en evaluering af anvendelsen af energiafgrøder i 2018.

Det er forventningen, at andelen af iblandet majs og andre energiafgrøder fra 2021 vil være på et lavere niveau end i perioden 2018-2020. Det vil også skulle afklares, hvad der er omfattet af betegnelsen "energiafgrøder", hvordan indberetninger skal ske, og hvordan det skal kontrolleres, om biogasproduktionen er støtteberettiget.

## **Tilskud til VE i proces**

I forbindelse med energiaftalen fra 2012 blev der afsat en pulje på 250 mio. i 2013 og 500 mio. årligt fra 2014-2020 til fremme af energieffektiv anvendelse af vedvarende energi i virksomhedernes produktionsprocesser. Støtten gives som anlægstilskud til bl.a. konvertering af anlæg fra fossile brændsler til vedvarende energi (eksempelvis biomasse, varmepumper, solfangere, solceller, vindmøller og biogas).

## **Tilskud til forskning/udvikling indenfor bioenergi**

Bioenergiområdet har modtaget betydelige tilskud til forsknings- og udviklingsaktiviteter. Bioenergi er f.eks. det energiteknologiske område, der med i alt ca. 990 mio. kr. totalt set har fået mest i tilskud til forsknings- og udviklingsaktiviteter i de seneste fem år, jf. bilag 3.

### 4.6 Beregning af afgift/støtte for udvalgte scenarier

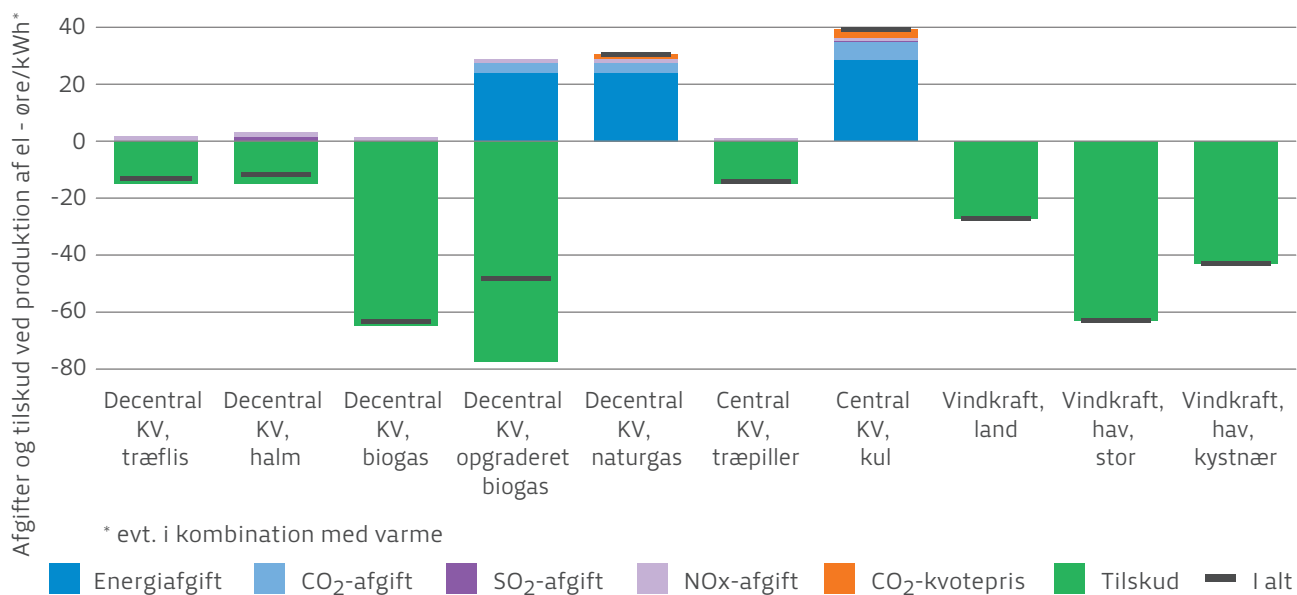
For at illustrere afgiftsbelastningen og tilskudsmulighederne for anvendelse af biomasse til forskellige formål er der opstillet beregninger herfor for udvalgte scenarier, jf. figur 9 og 10. Til sammenligning er desuden regnet på fossile brændsler, andre

typer VE og el til samme formål. For bedst muligt at kunne sammenligne resultaterne er der i beregningerne skelnet mellem produktion af el (evt. i kombination med varme) og ren varmeproduktion (fjernvarme eller proces).

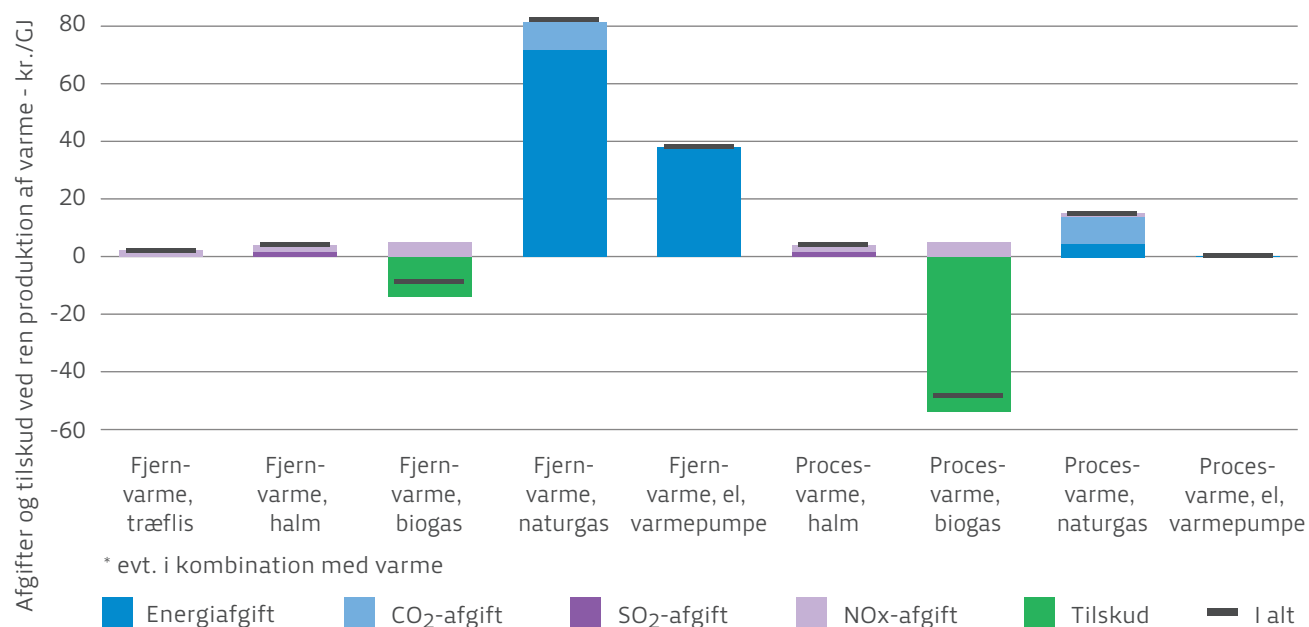
For at kunne beregne afgifter og tilskud ved samproduktion af el og varme er der anvendt virkningsgrader og afsvovningsgrader for 2015 fra Energistyrelsens teknologikatalog "Technology Data for Energy Plants – Generation of Electricity and District Heating, Energy Storage and Energy Carrier Generation and Conversion" maj 2012. Som kedelvirkningsgrad for ren varmeproduktion er anvendt 100 pct., mens der for varmepumper er anvendt en virkningsgrad på 300 pct. For samproduktion af el og varme er desuden anvendt en afgiftsmæssig varmekoefficient på 120 pct.

Der er anvendt afgifts- og tilskudssatser for 2014. Afregningspriserne for vindkraft på havet afhænger af udbud, så der er regnet med en fast afregningspris på 90 øre/kWh for storskala havvind og 70 øre/kWh for kystnære møller, hvilket svarer til de afregningspriser der blev anvendt i forbindelse med beregninger til energiaftalen fra marts 2012. For de teknologier, der modtager en fast afregningspris, er der regnet med elpris på 30 øre/kWh for biogas og 27 øre/kWh for vindkraft, da vindkraft erfaringsmæssigt opnår en lavere elpris end den gennemsnitlige. Der er desuden regnet med en CO<sub>2</sub>-kvotepris på knap 35 kr./ton, der svarer til den aktuelle forwardpris for 2014.

*Tekstboks 1. Beregningsforudsætninger for beregning af afgiftsbelastning og tilskudsmuligheder.*



Figur 9. Afgifter og tilskud ved produktion af el (evt. i kombination med varme), øre/kWh el.



Figur 10. Afgifter og tilskud ved produktion af fjernvarme eller procesvarme, kr./GJ varme.

## Priser og afgifter på biobrændstoffer til transport

Det generelle princip er, at der betales samme energiafgift for sammenlignelige brændstoffer – pr. energienhed. Det vil sige, at bioetanol beskattes som benzin, og biodiesel og biogas beskattes som diesel. Dog er biobrændstofferne fritaget fra CO<sub>2</sub>-afgift, jf. tabel 3.

Ud over fritagelse fra CO<sub>2</sub>-afgift gives der ikke økonomisk støtte til biobrændstoffer.

Priser på biobrændstoffer og fossile brændstoffer til transport er omskiftelig og svinger ikke altid i takt. Generelt ligger priserne for biobrændstoffer

Afgifter			2011	2012	2013	2014	2015
Energiafgift	Benzin	Kr./GJ	120,3	122,4	124,7	126,9	129,2
	Diesel	Kr./GJ	70,4	71,7	72,9	74,2	75,6
CO <sub>2</sub> -afgift	Benzin	Kr./GJ	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4
	Diesel	Kr./GJ	10,9	11,1	11,3	11,5	11,7

Tabel 3. Afgifter på brændstoffer (kr./GJ).

over priserne for fossile brændstoffer, når de opgøres pr. liter fossil ækvivalent.

I perioden fra januar 2011 til juli 2013 har den gennemsnitlige merpris for bioetanol været på ca. 3,2 kr. pr. liter benzinækvivalent. For biodiesel er merprisen i samme periode ca. 2,1 kr. pr. liter dieselækvivalent. Pr. GJ er merprisen hhv. 97,41 kr./GJ (bioetanol) og 58,55 kr./GJ for biodiesel.

Der er som nævnt et iblandingskrav for biobrændstoffer på 5,75 pct. Dette krav medfører, at der skabes et særskilt marked for biobrændstoffer, så disse ikke er i direkte konkurrence med de tilsvarende fossile brændstoffer.



## **5. Biomasse- potentialer**

Ved opgørelser af biomassepotentialer er det vigtigt at tage højde for, hvordan potentialet gøres op. Der kan være tale om et teoretisk potentiale, hvor opgørelsen inkluderer alle fraktioner, der teoretisk set kan indsamles og anvendes til energiproduktion. I praksis er det imidlertid ikke teknisk muligt at indsamle hele den teoretiske mængde, da der altid vil opstå tab undervejs i fremskaffelsesprocessen. Det tekniske potentiale vil derfor altid være mindre end det teoretiske potentiale.

Det tekniske potentiale kan potentielt udnyttes, men vil i praksis kun blive udnyttet, hvis det kan betale sig at udnytte det. Det økonomiske potentiale er den del af det teoretiske potentiale, som det ud fra en økonomisk vurdering kan betale sig at udnytte. Særligt det økonomiske potentiale er vanskeligt at vurdere, idet det er afhængigt af en lang række faktorer, som påvirkes af forhold såvel inden for som uden for energisektoren.

Det økonomiske potentiale vil således være stærkt påvirket af priserne på konkurrerende fossile brændsler og alternativ anvendelse af biomassen. Dertil kommer, at den teknologiske udvikling, støtteordninger og politiske målsætninger kan ændre det økonomiske potentiale. For så vidt angår det økonomiske potentiale for dansk biomasse, er det i høj grad også påvirket af de internationale priser på biomasse.

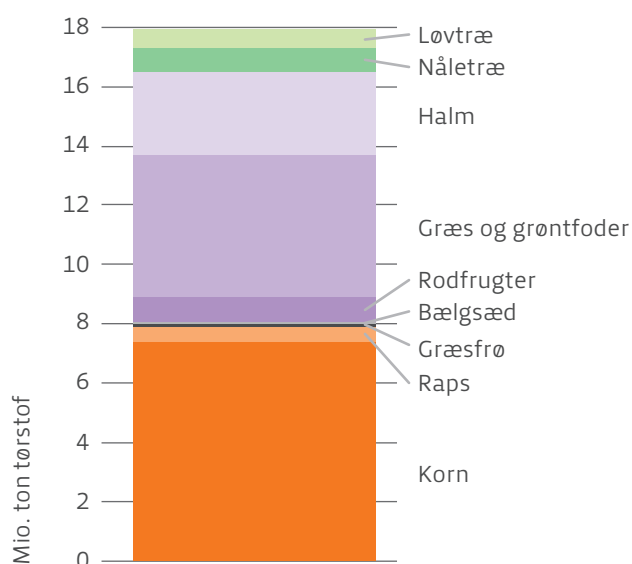
Endelig kan der tales om et miljømæssigt bæredygtigt potentiale, hvor der tages hensyn til bæredygtigheden af biomasseproduktionen. Der findes dog ingen klar og entydig definition af begrebet bæredygtighed, hvilket gør det vanskeligt helt at kunne sammenligne opgørelser over det bæredygtige potentiale. Men ofte rummer sådanne potentialer antagelser om, at fødevarer- og fiberbehov dækkes først samt, at der tages hensyn til biodiversitet og som minimum stabile kulstoflagre i skove m.v.

Særligt i forhold til klimarelateret bæredygtighed er et bæredygtigt potentiale ikke en entydig størrelse. Det skyldes, at der findes en række forskellige scenarier for opnåelse af en begrænsning af den globale opvarmning med en række varierende antagelser om udviklingen af bioenergiforbruget og de globale kulstoflagre. Herudover indeholder sådanne opgørelser forskellige antagelser om f.eks. produktivtetsudvikling i landbruget, efterspørgslen efter kød samt udbredelse af mere effektiv produktion af biomasse til energi i en række udviklingslande.

Af disse årsager er opgørelser af bæredygtigt potentiale ikke et udtryk for, at den givne mængde altid vil kunne bruges bæredygtigt, men den kan være det under en række specifikke forudsætninger.

## 5.1 Danske biomasseressourcer i dag

I dansk land- og skovbrug høstes i dag ca. 18 mio. tons tørstof til foder, fødevarer, strøelse, energi m.m. Heraf anvendes ca. 3,5 mio. tons til energiformål, jf. figur 11.



Figur 11. Biomassehøst fra land- og skovbrug i Danmark 2010. Kilde: Gylling et al., 2012.

Langt hovedparten af den danske biomasse, der anvendes til energiproduktion, stammer fra en række rest og biprodukter, som ellers ikke ville blive anvendt. Det drejer sig primært om halm (hvoraf en del dog anvendes til foder og strøelse), husdyrgødning og træflis.

Som det fremgår af tabel 4 udnyttes en stor del af disse restprodukter ikke i dag. Af et teknisk potentiale på 162 PJ udnyttes således ca. 64 PJ, hvilket efterlader et uudnyttet teknisk potentiale på 98 PJ under de nuværende produktionsformer i land- og skovbrug.

Biomasse	Udnyttet til energi 2009	Samlet teknisk biomasseressource
Halm fra korn	1,34	2,69
Halm fra raps	0,10	0,46
Frøgræshalm	0,15	0,59
Energiskov (pil og poppel)	0,04	0,04
Rapsolie til energi	0,13	0,13
Husdyrgødning	0,18	3,59
Småskove, hegn og haver	0,70	0,70
Eksisterende skov (2010)	0,93	0,93
I alt (mio. tons)	3,56	9,02
PJ i alt	64	162

Tabel 4. Teknisk potentiale rest- og biprodukter 2009 (mio. tons). Kilde: Jørgensen et al., 2013.  
 Note: Halm til foder og strøelse er fratrukket den potentielle halmressource.  
 Antaget brandværdi pr. ton tørstof 18 GJ.



## Affald

I Danmark forbrændes alt forbrændingseget affald, der ikke kan genanvendes, og den deraf producerede energi omsættes til el og fjernvarme. Affaldsmængderne til forbrænding er vokset betydeligt over tiden fra ca. 15 PJ i 1990 til over 40 PJ i 2008. Den økonomiske krise har dog de senere år ført til et svagt fald i affaldsmængderne til forbrænding, som i 2012 var faldet til 37,5 PJ.

Grundlæggende kan affaldet, der behandles i affaldsforbrændingsanlæg, inddeles i to komponenter: En fossil del og en bionedbrydelig del (biomasse). Den bionedbrydelige del udgjorde i 2012 ca. 55 pct. af affaldsmængden til forbrænding, svarende til 21 PJ.

Regeringen offentliggjorde i oktober 2013 en ny strategi for affaldshåndtering – Danmark uden affald – hvor det handler om at se affald som ressourcer og udnytte ressourcerne bedst muligt, så værdifulde materialer ikke går tabt. Det betyder med andre ord, at der skal udsorteres materiale fra det affald, som i dag går til forbrænding, således at materialet bedre kan genanvendes.

Overordnet set forventes ressourcestrategien at resultere i, at der fra affald, der hidtil er afbrændt

på affaldsforbrændingsanlæg udsorteres papir/pap, organisk husholdningsaffald og haveaffald samt fossilt materiale i form af plast og elektronik til genanvendelse. Det udsorterede organiske husholdningsaffald forventes behandlet på biogasanlæg og herigennem føre til produktion af VE. I 2018 forventes biogasproduktionen fra den bionedbrydelige del at udgøre 4-5 PJ.

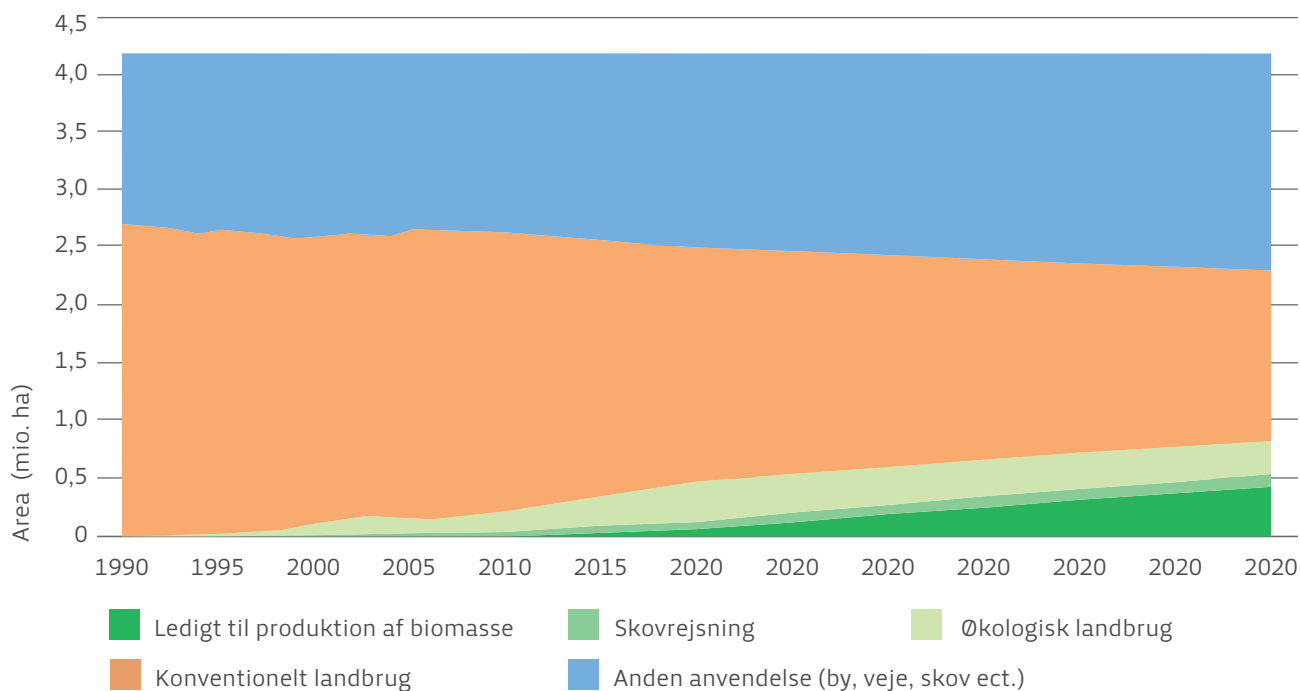
Dertil kommer, at det forventes, at ressourcestrategien resulterer i, at nye affaldsmængder, vil blive tilført forbrændingsanlæggene. Det drejer sig om bygge- og anlægsaffald, shredderaffald og haveaffald. Energistyrelsen har vurderet, at bygge- og anlægsaffald kan betragtes som VE (nedrivningstræ), mens shredderaffald hovedsagelig er fossilt (80 pct.). Haveaffald vurderes som værende VE.

Den samlede effekt af ressourcestrategien på affaldsmængderne til forbrænding kan ses i tabel 5. Biomasse til forbrænding forventes også efter ressourcestrategien at være relativt konstant og ligge i niveauet 20-22 PJ i hele perioden frem til 2050.

Affald til forbrænding	Mængde		VE-andel (biomasse)	
	Mio. tons*	PJ	%	PJ
2018	3,1	33,8	54	20
2024	3,0	33,3	52	19
2030	3,2	35,5	53	21
2050	4,1	45,5	52	22

Tabel 5. Effekter af ressourcestrategien på affaldsforbrændingssektoren.

Note: Energiindhold er beregnet under forudsætning af stigende brændværdi (GJ/ton) i affaldet fra 10,7 i 2013 til 11,1 i 2050. Kilde til affaldsdata: Miljøministeriet.



Figur 12. Udvikling i arealanvendelsen i Danmark frem til 2009 samt fremskrivning fra 2010 til 2050. Kilde:(Dalgaard et al., 2011).

## 5.2 Danske biomasseressourcer i fremtiden

Arealanvendelsen i Danmark forventes med tiden at ændre sig. Figur 12 viser et eksempel på en mulig arealudvikling frem til 2050 (Dalgaard et al. 2011), idet der er antaget en lineær fremskrivning af de seneste års effektivitetsforbedringer i både plante- og husdyrproduktion samt af arealomlægning til byer, veje og skov. Der er også taget hensyn til en fordobling af det økologiske areal samt en udtagning af hensyn til miljøregulering. Sidstnævnte svarer ca. til de allerede vedtagne randzoner, og yderligere udtagning af miljø- og naturhensyn vil reducere det potentielle areal til biomasseproduktion.

Dermed vil andelen af uopdyrket areal til f.eks. byer og veje stige, mens andelen af landbrugsareal, der anvendes til dyrkning af foder og fødevarer, forventes at falde. Med de antagne effektivitetsforbedringer i plante- og husdyrproduktion kan den nuværende fødevarerproduktion dog fastholdes på et mindre areal og samtidig er der potentielt "ledige" arealer til bioenergiproduktion.

Hvis en yderligere produktion af biomasse til energi og materialer skal ske uden, at produktionen af foder og fødevarer falder, kræver det en yderligere øget produktivitet i landbruget og/eller udnyttelse af bioprodukter fra f.eks. biobrændstofproduktion i bioraffinaderier, som beskrevet i + 10 mio. tonsplanen (Gylling et al. 2012).

I Gylling et al. 2012 beskrives effekterne af at etablere en dansk forsynet bioraffinaderisektor, og hvordan en omlægning af dyrkningssystemerne kan øge mængden af biomasse tilgængelig for bioraffinaderier og energiproduktion.

Udgangspunktet for undersøgelsen var at undersøge, om det var muligt at øge den danske produktion af biomasse fra land- og skovbrug med 10 millioner tons. Samtidig måtte der ikke ske nogen reduktion i fødevarerproduktionen, landbrugsarealet måtte ikke udvides ligesom man skulle søge løsninger, som ville give positive effekter i forhold til vandmiljø og biodiversitet. Derudover er der også taget hensyn til bevarelse af jordens frugtbarhed og kulstofindhold.



Rapporten beskriver 3 scenarier:

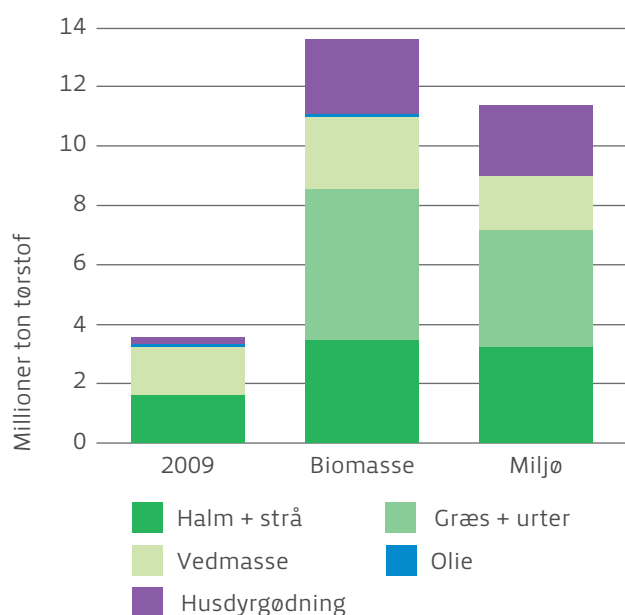
- › Et business as usual scenarie (BAU), hvor udnyttelsen af det eksisterende land- og skovbrug blot øges.
- › Et biomasseoptimeret scenarie, hvor både land- og skovbrug tilpasses til den maksimale biomasseproduktion.
- › Et miljøoptimeret scenarie, hvor udledning af næringsstoffer reduceres mest muligt og biodiversiteten styrkes ved udlægning af urørt skov.

Rapporten konkluderer, at der kan produceres 10 millioner tons ekstra biomasse frem til 2020 inden for rammerne af Danmarks allerede eksisterende land- og skovbrug uden, at det påvirker foder- eller fødevarereproduktionen. For BAU-scenariet kan målet om de 10 millioner ekstra tons biomasse ikke opfyldes, mens det biomasseoptimerede netop når målet, og det miljøoptimerede scenarie ligger lidt under målet, jf. tabel 6.

Biomassekilde	Total biomasse – mio. tons tørstof		
	2009	Biomasse	Miljø
Halm fra korn og raps	1,47	3,05	2,85
Frøgræshalm	0,15	0,42	0,42
Energiskov (pil og poppel)	0,04	0,14	0,14
Rapsolie til energi eller materialer	0,13	0,11	0,02
Raps erstattet med biomasseafgrøder	0,00	1,41	1,11
Korn erstattet med biomasseafgrøde	0,00	2,83	2,43
Høst af permanent græs på lavbundsarealer	0,00	0,39	0,21
Efterafgrøder	0,00	0,49	0,39
Husdyrgødning	0,18	2,57	2,44
Småskove, hegn og haver	0,70	0,70	0,70
Eksisterende skov	0,93	1,47	0,89
Skovrejsning	0,00	0,00	0,00
Grødeskæring	0,00	0,01	0,01
Høst af vejrabatter	0,00	0,01	0,01
Millioner tons tørstof i alt	3,60	13,60	11,40
Forøgelse i forhold til 2009		10,00	7,80

Tabel 6. Scenarier for biomasseleverance fra skov- og landbrug i 2020. Kilde: Gylling et al. 2012.

Den samlede palette af tilgængelig biomasse dækker over meget forskellige typer, der egner sig til forskellige konverteringsteknologier. For at give et bedre indtryk af sammensætningen og mulighed for at forsyne forskellige teknologier er figur 13 opdelt i fem hovedkategorier svarende til biomasse typer for scenarierne i + 10 mio. tons planen.



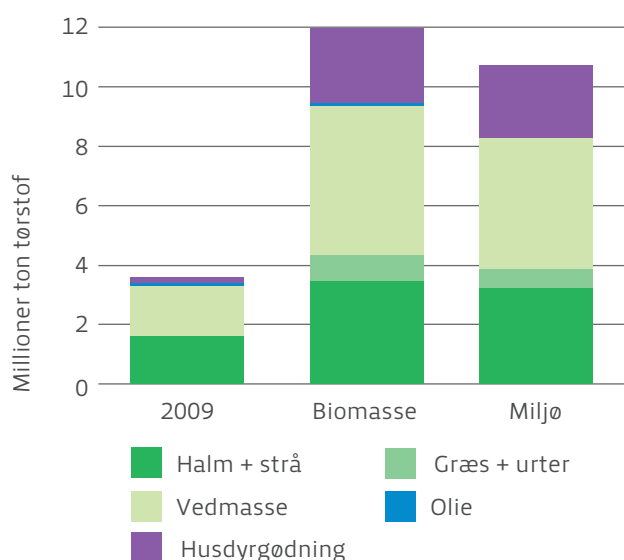
Figur 13. Værdierne fra tabel 6 samlet i fem kvalitetskategorier. Kilde: Jørgensen et al. 2013.

Under forudsætning af en gennemsnitlig brændværdi på 18 GJ pr. tons tørstof viser biomassescenariet, at det er muligt at øge den danske biomasseanvendelse til energiproduktion med 180 PJ i 2020 oven i de 64 PJ dansk biomasse, der blev anvendt i 2009. I miljøscenariet er potentialet lidt mindre og vil udgøre 140 PJ i 2020 oven i de 64 PJ dansk biomasse, der blev anvendt i 2009. Det samlede potentiale af dansk biomasse til energiproduktion i 2020 bliver således ca. 245 PJ i biomassescenariet og 205 PJ i miljøscenariet.

Det fremgår af figur 13, at husdyrgødning og grøn biomasse (græs, roer o.l.) i de optimerede scenarier for 2020 fylder meget mere end i dag, mens der kun sker en moderat øgning af mængden af træ og halm. Det hænger delvist sammen med valget

af scenarioforudsætninger, og hvis der i stedet for roer og græs plantes pil eller poppel øges naturligvis andelen af træ, som det fremgår af figur 14.

Scenarierne i +10 mio. tons-analysen er målrettet bioraffinering, og der blev valgt de mest højtydende afgrøder til scenarierne. Hvis fokus i stedet for bioraffinering er på at forsyne de store kraftværker med træ til substitution af kul, vil det være relevant at plante pil eller poppel på de arealer, der i scenarierne omlægges til decideret biomasseproduktion. Det kan også være majs, fremfor roer og græs, der vil blive udnyttet til bioraffinering eller biogas i fremtidens energisystem.



Figur 14. Biomassekategorier for scenarier med plantning af pil eller poppel i stedet for roer og græs. Kilde: Jørgensen et al., 2013.

Energipotentialt af den danske biomasse i 2020 bliver under disse forudsætninger ca. 215 PJ og ca. 195 PJ i miljøscenariet.

Ud over scenarierne i +10 mio. tons-analysen har Graudal et al. (2013) udarbejdet et scenarie (kombi), der kombinerer miljøscenariet fra +10 mio. tons-analysen med hensynet til en optimeret biomasseudnyttelse gennem mere skovrejsning (som i miljøscenariet), brug af "ammetræer", udlæg af

urørt skov og en intensiv forædlingsindsats. Scenariet både øger produktionen af biomasse og sikrer lagring af kulstof samtidig med, at der også udlægges urørt skov.

Kombi-scenariet viser, at det på længere sigt er muligt at øge biomassehøsten fra skovene således, at de danske skove samlet har et biomassepotentiale stigende fra ca. 30 PJ i 2020 til 47 PJ i 2050 og 75 PJ i 2100.

Potentialet for blå biomasse er behandlet i bilag 4.

### 5.3 Globale biomassepotentialer

Mængden af biomasse til rådighed for bioenergi-produktion er i udpræget grad afhængig af anden anvendelse af biomasse, herunder produktion af fødevarer, foder, fiber- og træprodukter. Samlet set, er det dog i dag en meget begrænset del af den globale biomasse Netto-Primær-Produktion (NPP), der høstes. Forskellige referencer estimerer den årlige globale NPP til at være omkring 55 Gtons kulstof pr. år, jf. tabel 7.

Biomasse	Global NPP (Gton kulstof pr. år)
Tropisk skov	16.0–23.1
Tempereret skov	4.6–9.1
Boreal skov	2.6–4.6
Tropisk savanne og græsningsarealer	14.9–19.2
Tempereret græsningsareal	3.4–7.0
Ørken	0.5–3.5
Tundra	0.5–1.0
Landbrugsland	4.1–8.0
<b>TOTAL</b>	<b>48.0–69.0</b>

Tabel 7. Estimeret global NPP. Kilde: Gough, 2012.

Med et anslået kulstofindhold i biomasse på 45 pct. og en brændværdi på 18 GJ/tons biomasse kan det samlede energiindhold af den globale landbaserede overjordiske NPP beregnes til omkring 2200 EJ pr. år.

Baseret på data fra FAOSTAT og andre kilder, har EA Energianalyse (Bang et al., 2013) vurderet den globale årlige biomassehøst til ca. 220 EJ, jf. tabel 8.

Biomasse	EJ
Afgrøder	40
Afgrøderester	60
Græs	75
Tømmer og energi	25
Hugstrester (skov)	20
<b>I alt</b>	<b>220</b>

Tabel 8. Estimeret global human biomassehøst. Kilde: Bang et al, 2013.

En omfattende gennemgang af den videnskabelige litteratur om biomasseressourcer foretaget for IPCC (Chum et al. 2011) viser, at der i litteraturen er stor usikkerhed om størrelsen af biomasseressourcen til energi. Således viser litteraturen potentialer varierende helt fra 0 (ingen biomasse til rådighed for energiproduktion) til et teoretisk potentiale på 1500 EJ til energiproduktion i modelberegninger under forudsætning af, at der i alle forhold regnes med de mest optimale betingelser for biomasseproduktion.

Det tekniske "brutto" potentiale vurderes til at ligge mellem ca. 50 EJ og 1000 EJ på baggrund af følgende opgørelse af de mest positive og mest negative skøn for en række biomassekategorier, jf. tabel 9.

## Bioenergi

Biomassekategori	Teknisk potentiale (EJ/år)
Restprodukter fra landbrugsproduktion	15-70
Dedikeret produktion af biomasse til energi på landbrugsjord	0-700
Dedikeret produktion af biomasse til energi på marginaljorde	0-110
Biomasse fra skov (savsmuld, hugstrestre, tyndingstræ, sygdomsramt træ, primærtræ)	0-110
Husdyrgødning	5-50
Organisk affald	5->50
I alt	<50->1000

Tabel 9. Spænd i vurderinger af globale tekniske bioenergi-potentiale. Kilde: Chum et al, 2011.

På den baggrund indsnævrer Chum et al det tekniske netto potentiale for biomasseproduktion til at ligge i intervallet 100 til 300 EJ årligt.

En stor del af dette potentiale består af restprodukter fra land- og skovbrug samt organisk affald. Krewitt et al., 2007 opgør således restprodukter til at udgøre 88 EJ ud af et samlet potentiale på 184 EJ. Smeets et al. 2007 vurderer, at restprodukter udgør 76-96 EJ i 2050, mens Haberl et al., 2010 vurderer potentialet for restprodukter til 100 EJ.

En anden betydelig del af ovenstående potentiale består af dyrkning af energiafgrøder, der efter Berlinger et al., 2011 kan udgøre mellem 26 og 116 EJ i 2050.

Når biomassepotentialet vurderes med så stor variation (100-300 EJ) skyldes det en række væsentlige usikkerhedsmomenter, herunder:

- › Klimaforandringernes betydning for den fremtidige arealanvendelse.
- › Flowet af restprodukter i land- og skovbrug samt udviklingen i andelen af uudnyttet og marginaliseret landbrugsareal (som potentielt kan anvendes til produktion af bioenergi).
- › Begrænsninger i arealanvendelse på grund af sikring af biodiversitet og sikring af "sunde" økosystemer.
- › Muligheden for kultivering af egnede (flerårige) afgrøder og træarter, som vil kunne anvendes i områder, som ikke er velegnede til dyrkning af konventionelle fødevarer- og foderafgrøder.
- › Udvikling af multifunktionelle dyrkningssystemer, der integrerer produktion af bioenergi med landbrugs- og skovbrugsproduktion, og som samtidig skaber bedre biodiversitet og bidrager til genopbygning og vedligehold af jordens produktivitet og dermed skaber et "sundere" økosystem.

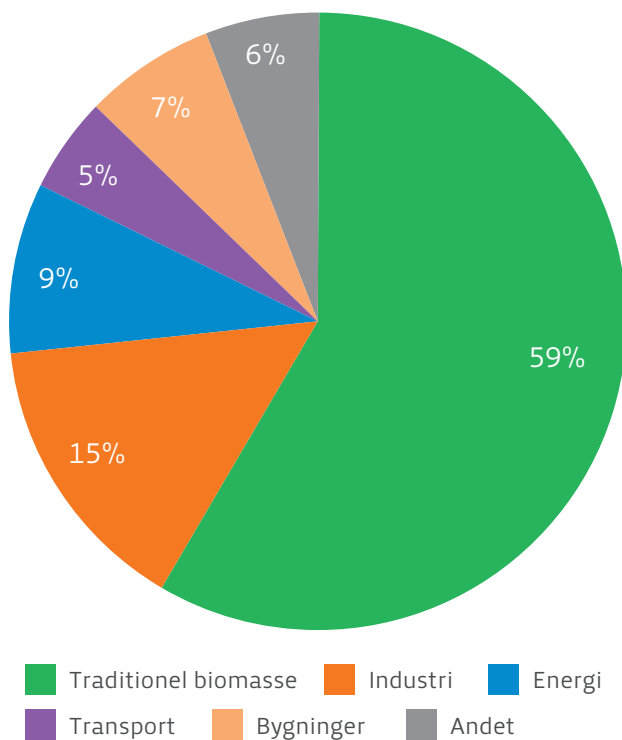


## **6. Global og regional efterspørgsel efter biomasse og fremtidig prisudvikling**



## 6.1 Udviklingen frem til 2020

Det globale biomasseforbrug til energiproduktion blev i 2010 anslået til ca. 53 EJ (IEA, 2012), hvilket svarer til ca. 1/4 af den høstede biomasse og 10 pct. af den årlige globale energiproduktion. Heraf var ca. 60 pct. såkaldt traditionel anvendelse med lav effektivitet i udviklingslandene, jf. figur 15, og kun ca. 6 EJ blev anvendt i OECD-lande.



Figur 15. Globalt energiforbrug 2010. Kilde: IEA, 2012.

Ifølge IEA vil verdens samlede bioenergiforbrug udgøre ca. 63 EJ i 2020. Dette skyldes primært et voksende forbrug af biomasse til elproduktion og biobrændstoffer (IEA, 2012).

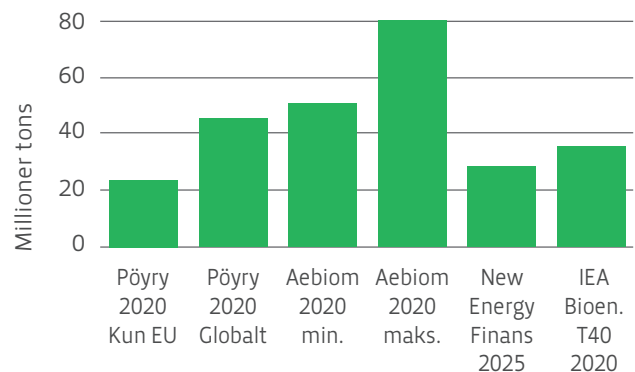
### Fast biomasse til energi

I alt blev der i 2010 anvendt ca. 16 mio. tons træpiller globalt til energi svarende til ca. 280 PJ.

Det estimeres, at der blev produceret træflis svarende til ca. 549 PJ i 2009 og ca. 10 pct. heraf blev anvendt til energi.

Den langt overvejende del af træpillerne på markedet i dag er baseret på industrielle restprodukter, affaldstræ, hugstrestre og tyndingstræ (Marelli, 2013 og Bentsen og Stubak, 2013)

I 2020 forventes forbruget af træpiller i EU at udgøre mellem 20 og 50 millioner tons svarende til mellem 300 og 875 PJ (Cocchi, et al. 2011). I figur 16 er angivet en række andre estimater af det fremtidige træpilleforbrug.

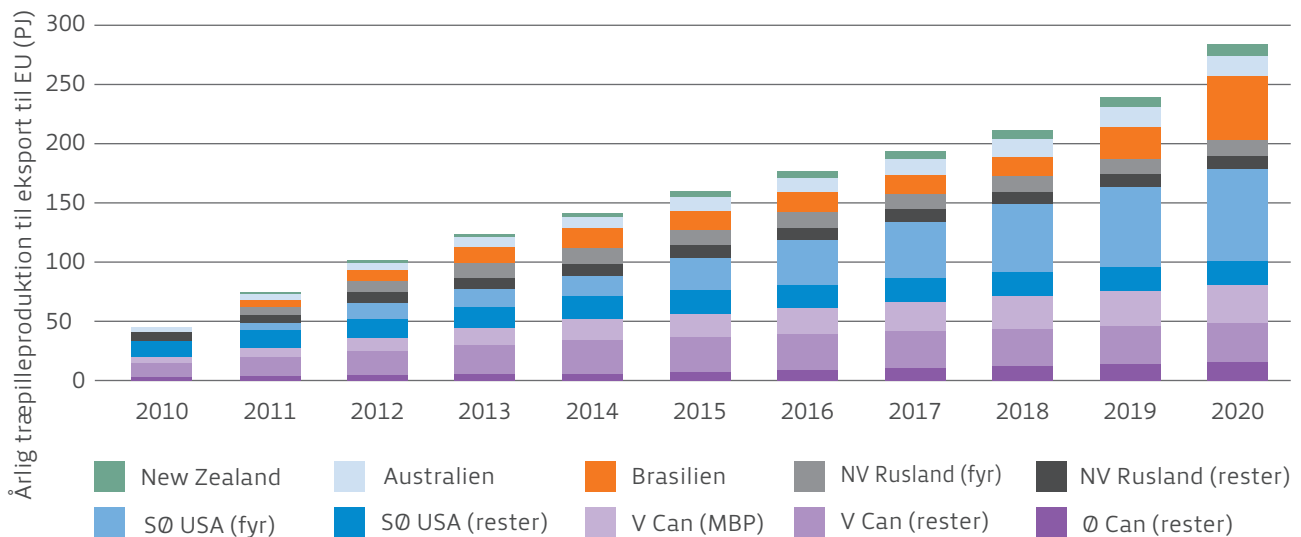


Figur 16. Oversigt over fremskrivninger af træpilleforbrug i EU. Kilde: Cocchi et al, 2011.

En fremskrivning på baggrund af den hidtidige forbrugsudvikling ville føre til et forbrug på ca. 35 millioner tons 2020 i EU svarende til ca. 613 PJ.

En del af EU's forbrug af træpiller vil blive dækket gennem import. IEA forventer, at USA, Canada og Rusland vil være de største globale eksportører (IEA, 2012).

I figur 17 ses et "business-as-usual"-scenarium, hvor træpilleindustrien responderer på efterspørgslen på samme vis, som det historisk har været tilfældet. I dette scenarium ville der kunne importeres ca. 280 PJ træpiller til EU i 2020, og de største producenter ville være det sydøstlige USA og Brasilien. Hovedparten af de eksporterede træpiller i dette scenarium er baseret på restprodukter, men der vil også være en bevægelse mod tyndingstræ, herunder træ der tidligere blev anvendt til papirproduktion samt træ fra energitræsplantager.



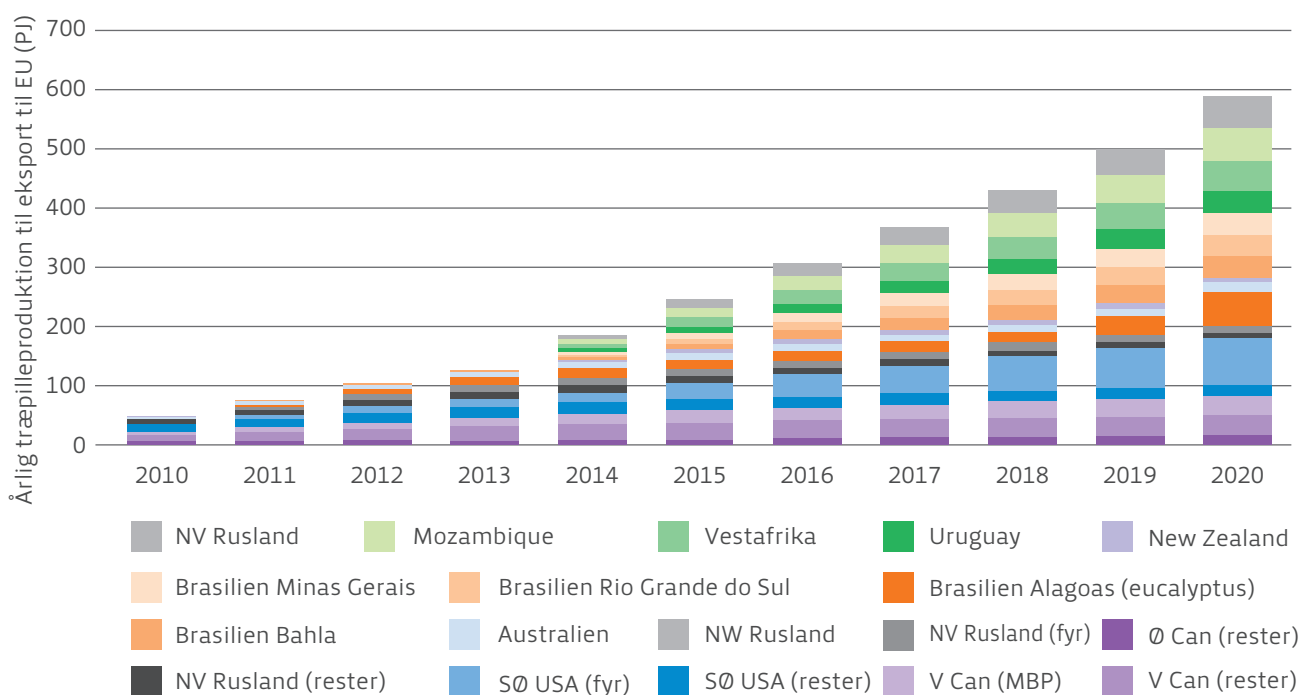
Figur 17. "Business-as-usual"-scenarium for global træpilleeksport.

Kilde: Cocchi et al, 2011.

Note: Rester = industrielle restprodukter, MPB = træ angrebet af Mountain pine beetle.

Andre kategorier dækker såvel tyndingstræ, kernetræ samt dedikeret energitræsproduktion.

I figur 18 ses et scenarium med væsentligt større investeringer i kapacitet til træpilleproduktion og større omlægning til energitræsproduktion (plantager) i dele af Sydamerika og Afrika. I et sådan scenarium ville der kunne komme op til 600 PJ træpiller på markedet i EU i 2020.



Figur 18. Vækstscenarium for global træpilleeksport.

Kilde: Cocchi et al, 2011.

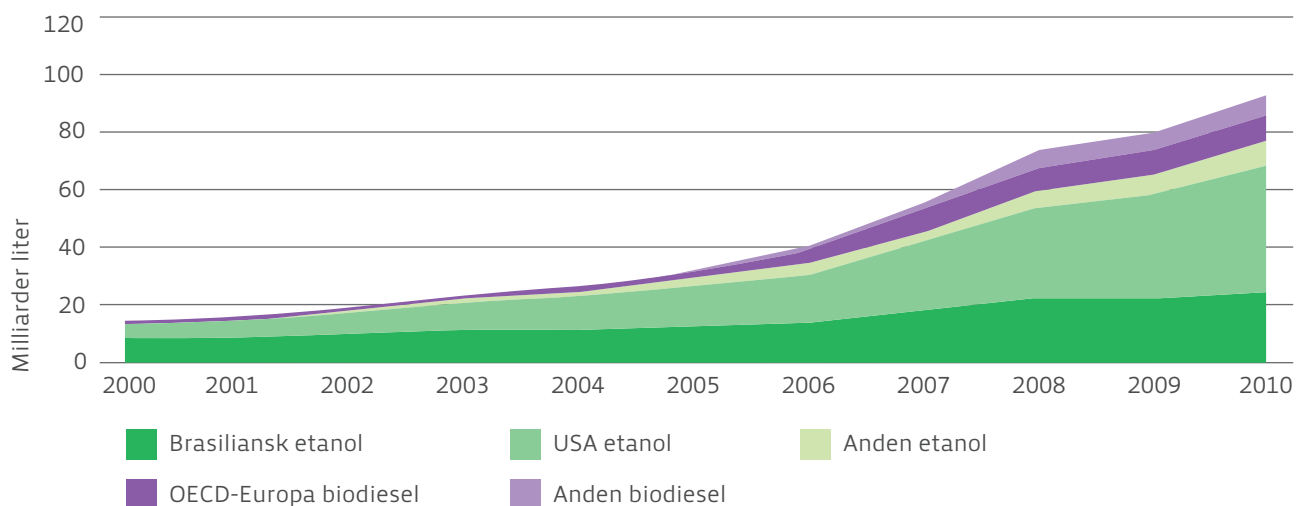
Note: Rester = industrielle restprodukter, MPB = træ angrebet af Mountain pine beetle. Andre kategorier dækker såvel tyndingstræ, kernetræ samt dedikeret energitræsproduktion.

## Biobrændstoffer

De helt dominerende biobrændstoffer i dag er 1. generation biodiesel og bioetanol. 1. generation biodiesel er biodiesel produceret på baggrund af vegetabiliske olier, og 1. generation bioetanol er etanol produceret på baggrund af sukker og stivelsesholdige afgrøder. Der bliver forsket i fremstillingen af andre typer biobrændstoffer, hvoraf flere typer bliver produceret på demonstrationsanlæg, såsom cellulosebaseret bioetanol (2. generation bioetanol) samt diesellignende brændstoffer baseret på forgasset biomasse (BtL). De producerede mæng-

der fra disse anlæg er dog i dag relativt beskedne (IEA 2010).

Som det fremgår af figur 19, bliver bioetanol i dag primært produceret i USA og Brasilien, og biodiesel primært produceret i EU (især Tyskland, Frankrig, Italien og Spanien). Uden for EU bliver biodiesel primært fremstillet i USA og Brasilien (Junginger et al. 2010, IEA 2010). Indonesien og Malaysia har en stor produktion af palmeolie, hvis betydning i produktionen af biodiesel forventes at blive øget.



Figur 19. Global biobrændstofproduktion 2000-2010. Kilde: IEA 2010.

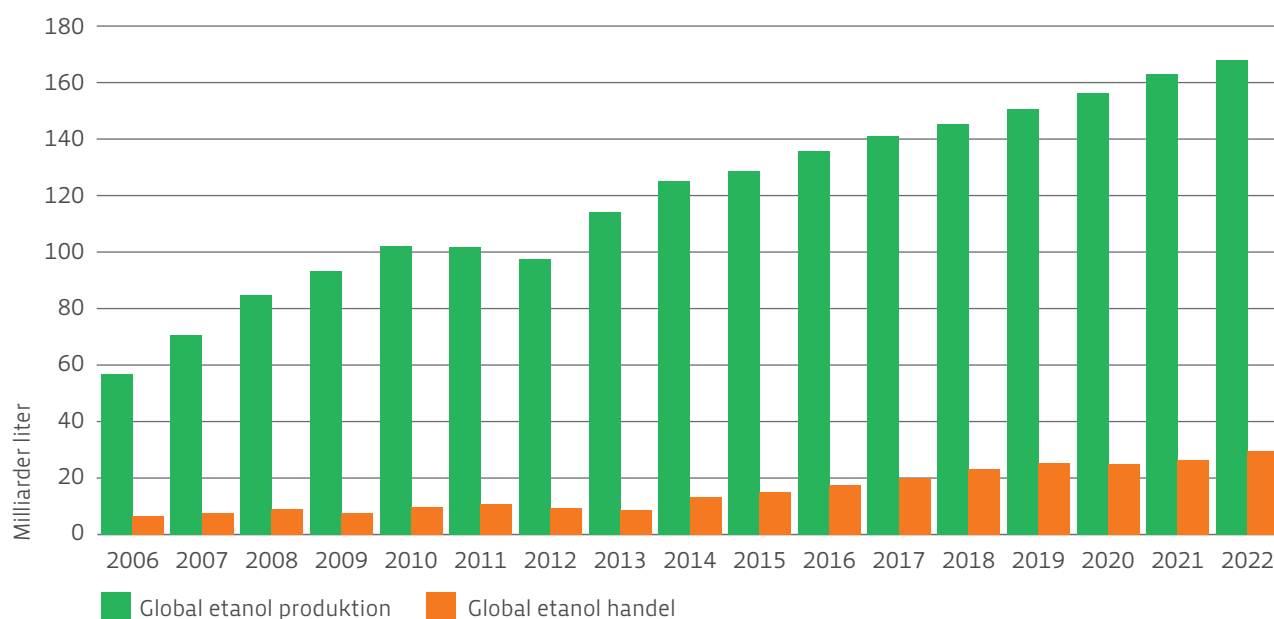
Tabel 10 er en oversigt over de mest benyttede råvarer brugt til produktion af biobrændstofferne i de forskellige lande/regioner.

Land	Biobrændstof	Primær råvare
USA	Bioetanol	Majs
Brasilien	Bioetanol	Sukkerrør
EU	Biodiesel	Raps
USA	Biodiesel	Soyabønneolie
Brasilien	Biodiesel	Soyabønneolie
Indonesien/ Malaysia	Biodiesel	Palmeolie

Tabel 10. Råvarer anvendt til biobrændstofproduktion.

Frem mod 2020 vil både produktionen af biodiesel og bioetanol blive forøget. Etanolproduktion vil nå ca. 160 mia. liter, mens biodiesel forventes at nå ca. 40 mia. liter omkring 2020. Det forventes at biobrændstofferne vil blive produceret på samme "råvarer" som i dag.

For så vidt angår forbruget i EU i 2020 afhænger den præcise størrelse og sammensætning af forbruget af udfaldet af de igangværende forhandlinger om ændringer for biobrændstofreguleringen.



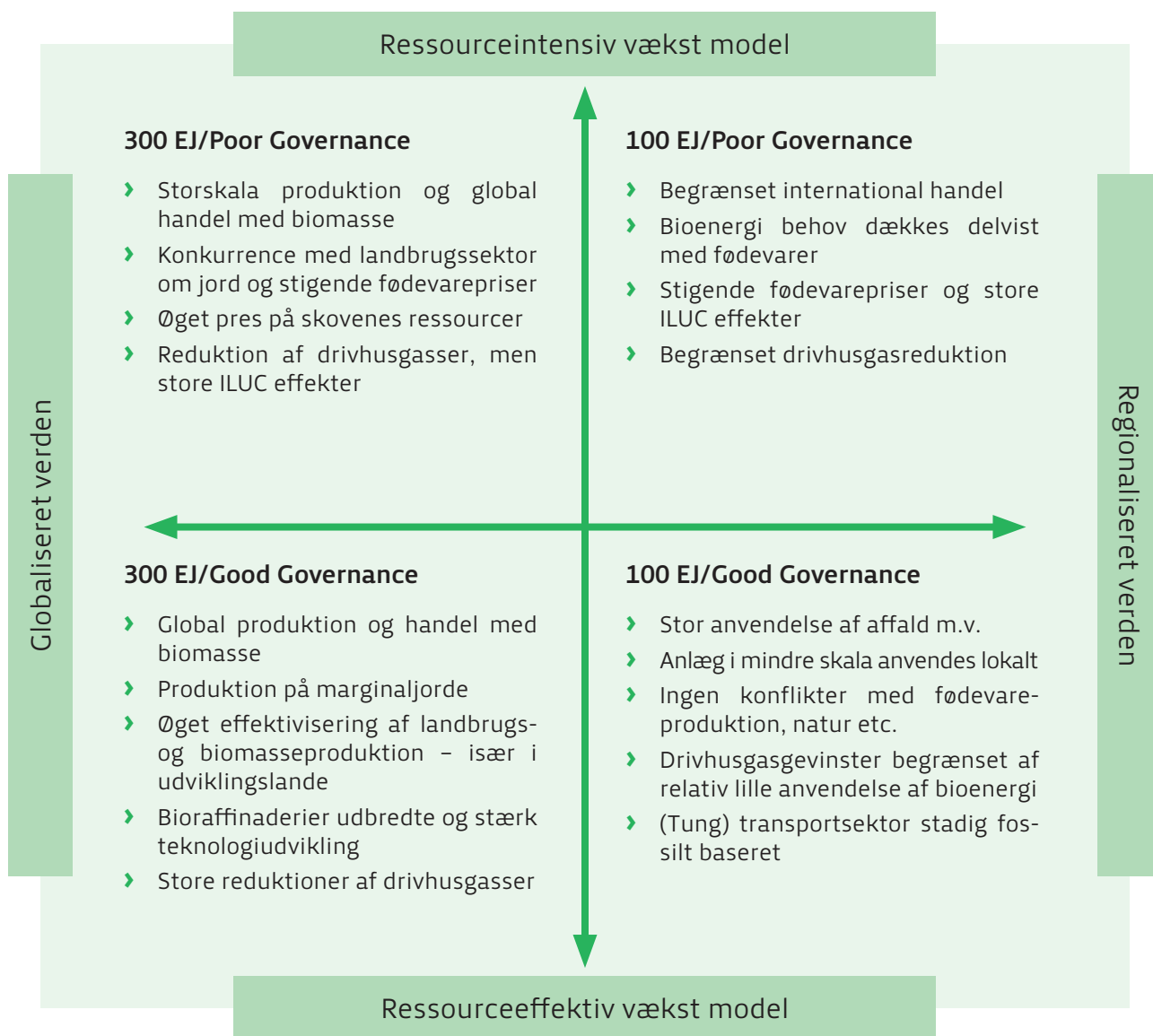
Figur 20. Forventet udvikling i global etanolproduktion. Kilde: FAO, 2010.

## 6.2 Udviklingen frem mod 2050

I "New Policies Scenariet" i IEA's World Energy Outlook (IEA, 2012) forventes efterspørgslen på biomasse fra 2010 til 2035 at stige fra 22 EJ til 50 EJ, eksklusiv traditionel biomasseanvendelse. Det svarer til en årlig vækstrate på ca. 3,3 pct. Den samlede biomasseanvendelse til energi, inklusiv traditionel biomasseanvendelse, forventes dermed at stige fra 53 EJ i 2010 til 78 EJ i 2035.

Det er imidlertid forbundet med store usikkerheder at estimere udviklingen i biomasseforbruget frem mod 2050, da biomasseforbruget vil afhænge af befolkningstilvæksten og den globale politiske og økonomiske udvikling med afledte effekter på den teknologiske udvikling, efterspørgslen efter fødevarer og foder samt udviklingen i land- og skovbrug.

Som det fremgår af figur 21 kan de forskellige udfaldsrum illustreres ved hjælp af en række scenarier.



Figur 21. Globale scenarier for udvikling af bioenergi frem mod 2050. Kilde: Chum et al, 2011

## 6.3 Fremskrivning af biomassepriser

De nævnte faktorer sætter med andre ord både rammerne for omfanget af det fremtidige forbrug af biomasse, samt for måderne den forbrugte biomasse er produceret på.

I et scenarium med stærk global regulering og internationalisering (nederste venstre hjørne i figur 21) sker der således en markant effektivisering i landbrugs- og biomasseproduktionen, og det skønnes, at op imod 100 EJ af det samlede globale forbrug i en sådan situation kan være baseret på restproduktioner, 75 EJ fra marginaljorde/"degraded land" og 125 EJ fra produktiv jord og græsland (Chum et al., 2011). Der vil i dette scenarium også være sket et gennembrud for produktion af biobrændstoffer på træ og lignende typer af biomasse.

Omvendt vil der i et scenarium med fortsat stærk internationalisering, men med svag regulering (øverste venstre hjørne i figur 21) være konkurrence med fødevarersektoren om jord til produktion af biomasse til energi og transport og en overudnyttelse af de globale skovressourcer. Fødevarer afgrøder udnyttes formentlig fortsat til biobrændstofproduktion. Det gælder i begge de to scenarier, at dedikeret energitræ/energiafgrøder vil dække størstedelen af bioenergiforbruget.

Bang et al., 2013 har for Energistyrelsen udarbejdet en analyse af den forventede prisudvikling for biomasse. Basis for prisfremskrivningen er en modellering af biomasseefterspørgslen ved hjælp af modellen "Global Change Assessment Model" (GCAM), som er en såkaldt "Integrated Assessment Model" (IAM), der anvendes til økonomiske, teknologiske og politiske analyser og blandt andet er anvendt af FN's klimapanel (IPCC).

Basis for prisfremskrivningen har været en antagelse om en udvikling i den regionale og globale efterspørgsel efter biomasse, som beskrevet i World Energy Outlooks (IEA, 2012) New Energy Policy Scenario (fremskrivning inkl. fremsatte nationale reduktionsmål, svarer til en mellemting mellem de to scenarier til venstre i figur 21 ovenfor). Denne fremskrivning går dog kun frem til 2035, hvorfor det er antaget at udviklingstrenden for perioden 2020-2035 fortsætter frem til 2050.

Ved siden af dette scenarium er blandt andet modelleret et scenarium, hvor verden efterstræber en 2 graders-målsætning og har en stærk regulering af landanvendelse (450 ppm) svarende til nederste venstre hjørne i figur 21) og et scenarium, hvor den nuværende politik videreføres ("BaU" svarende til øverste venstre hjørne i figur 21) samt et scenarium svarende til FAO's "vegetar" scenarium, hvor efterspørgslen efter animalske produkter, og dermed også vegetabilsk foder, er lav.

Scenarium (2050)	BaU	450 ppm	New policy	Vegetar
Biomasseafgrøder	22,4	33,5	28,7	25
Afgrøderester	35	49,8	38	33
Rester fra skov	10,8	14,6	11,9	10,6
Traditionel biomasseanvendelse	28,6	41,3	30,7	28,3
Biomasse i alt	96,7	139,2	109,4	97,3

Tabel 11. Forbrug af biomasse i scenarier anvendt til prisfremskrivning (EJ). Kilde: Bang et al, 2013.

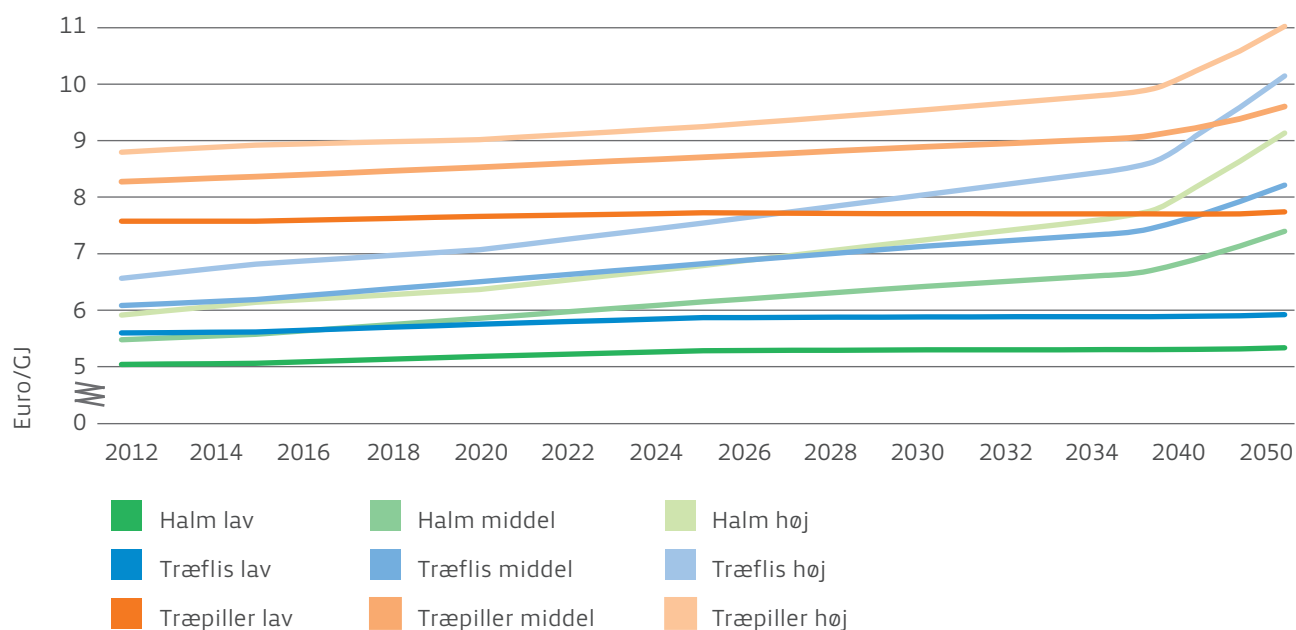
Mængden af biomasse anvendt til energi i de forskellige scenarier fremgår af tabel 11. I det scenarium, hvor der efterstræbes en 2 graders-målsætning, anvendes mest biomasse, mens der i BaU- og vegetarscenerierne anvendes ca. samme mængde (og typer) af biomasse.

2 graders-, new policy- og vegetarscenerierne anvendes efterfølgende til at lave en hhv. høj, mellem og lav fremskrivning af de globale biomassepriser.

Ud over at den generelle efterspørgsel efter biomasse i de tre scenarier varierer, antages scenarierne også at medføre forskellige transportomkostninger, idet biomasse i 2 graders-scenariet vil være mere svært tilgængeligt og medføre højere transportomkostninger.

Resultatet af prisanalysen er vist i figur 22. Generelt viser analysen, selv i højprissceneriet, meget moderate prisstigninger frem til 2050.

I kapitel 7 estimeres priserne for anvendelsen af biomasse inklusiv omkostninger til konvertering til energi eller biobrændstoffer.



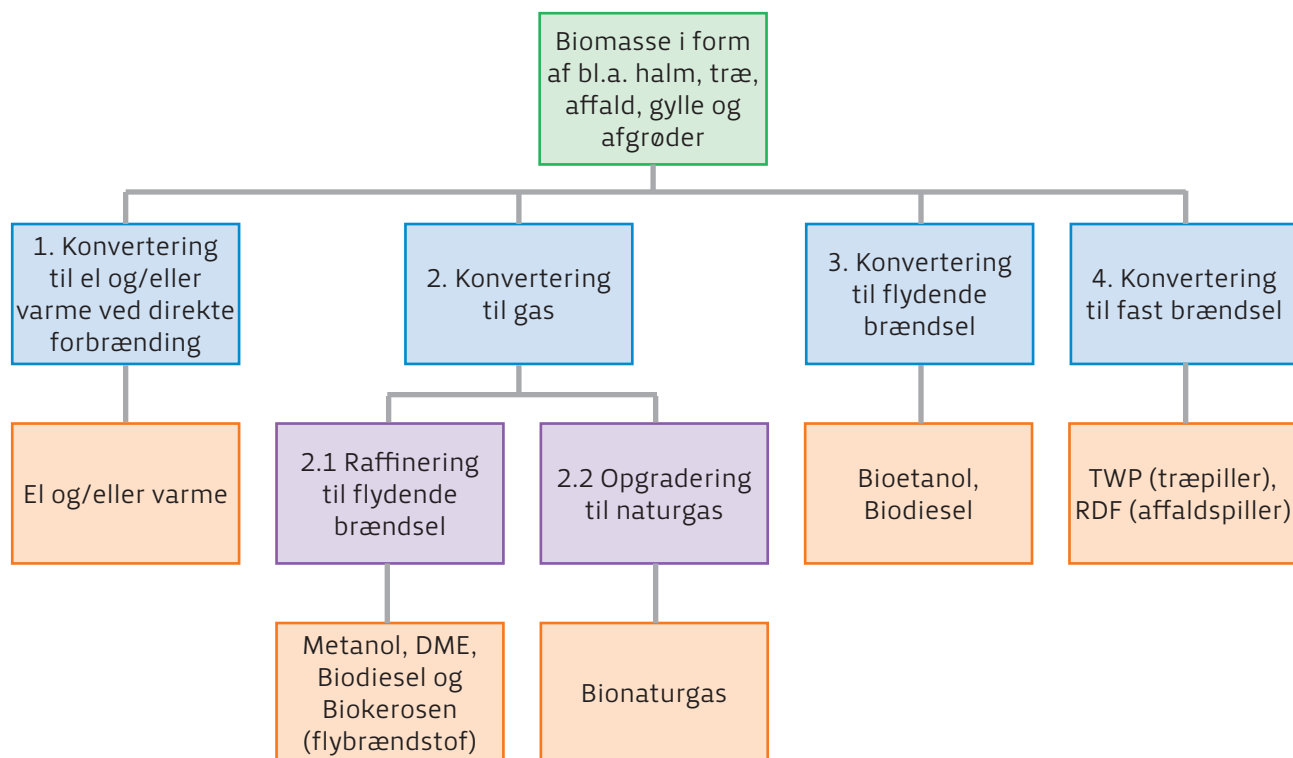
Figur 22. Fremtidige biomassepriser. Kilde: Bang et al, 2013. Note: Pris ved levering til dansk havn.







**7.  
Centrale teknologier  
til anvendelse og  
konvertering af  
biomasse**



Figur 23. Oversigt over anvendelse og konvertering af biomasse.

De typer biomasse som kan anvendes til energiformål, kan alt efter type anvendes på forskellig vis, og flere af typerne kan anvendes til flere forskellige formål, afhængig af hvad der er behov for. Figur 23 viser en overordnet oversigt over, hvordan biomasse kan anvendes direkte eller konverteres til andre typer brændsler, som så efterfølgende kan anvendes til energiformål.

De producerede flydende brændsler og naturgas kan efterfølgende anvendes til flere forskellige formål, f.eks. som brændstof i transportsektoren eller til produktion af el og varme. De producerede TWP<sup>8</sup> er en form for træpiller, der kan erstatte normale træpiller i de fleste typer anlæg, mens RDF<sup>9</sup>, der også er kendt som affaldspiller, kan anvendes til produktion af el og varme. Den producerede gas kan, udover at blive raffineret til flydende brændsel

eller opgraderet til naturgas, også anvendes til produktion af el og varme.

## 7.1 Konvertering til el og/eller varme ved direkte forbrænding

De fleste typer biomasse kan forbrændes direkte i anlæg, der producerer el og/eller varme. På udtagværker produceres enten el eller en kombination af el og fjernvarme. Dette er typisk store værker med en elkapacitet på flere hundrede MW. På modtryksværker produceres en kombination af el og fjernvarme i et fast forhold<sup>10</sup>. Modtryksværkerne er mindre end udtagværkerne og har typisk elkapaciteter op til 100 MW. På fjernvarmeværker produceres udelukkende fjernvarme. I tabel 12 ses en oversigt over teknologier til produktion af el og/eller varme.

8. Torrefied wood pellets

9. Refuse derived fuels

10. På sigt vil det være fordelagtigt hvis værkerne også kan køre i kondensdrift (ren elproduktion) således at de kan anvendes som reservekraft.

Værktype	Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale	
Udtagsværker	Træpiller, Bionaturgas	Damp turbine	El eller el og fjernvarme	Kendt teknologi med begrænset udviklingspotentiale.	
	Bionaturgas, Bioolie, (Biogas i nogle gasturbiner)	Gasturbine kombineret med damp turbine (Combined Cycle)		Kendt teknologi, men potentiale for forbedring af bl.a. el-virkningsgrad samt udvikling af mindre forurenede forbrænding.	
Modtryksværker	Affald, Træflis, Træaffald, Halm, Energiafgrøder	Damp turbine	El og fjernvarme i et fast forhold	Kendt teknologi. For de affaldsfyrede værker er der potentiale for forbedring af el-virkningsgrad samt reduktion af mængden af restprodukter (f.eks. flyveaske og restprodukter fra røggasrensningen) og forbedring af behandlingen af disse restprodukter. For de øvrige værker er der potentiale for reduktion af brændselsomkostninger (bl.a. vha. forbedret forbehandling), korrosion, slagge og emissioner samt bedre genanvendelse af aske.	
	Bionaturgas, Bioolie,	Gasturbine (Single Cycle)		(Biogas i nogle gasturbiner)	Kendt teknologi, men potentiale for forbedring af bl.a. el-virkningsgrad samt udvikling af mindre forurenede forbrænding.
	Bionaturgas, Biogas, For-gasningsgas	Gasmotor			Kendt teknologi, men potentiale for bl.a. forbedring af virkningsgrader, reduktion af emissioner, mulighed for forbrænding af andre gasser samt mulighed for at anvende røggaskondensering.

Fortsætter næste side...

Tabel 12. Teknologier til konvertering af biomasse til el og/eller varme ved direkte forbrænding.

Fortsat fra forrige side...

Værktype	Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale
Fjernvarmeværker	Affald, Træflis, Træpiller, Halm, Bionaturgas, Biogas, Bioolie	Kedel	Fjernvarme	Kendt teknologi. For de affaldsfyrede værker er der potentiale for forbedring af virkningsgrad samt reduktion af mængden af restprodukter (f.eks. flyveaske og restprodukter fra røggasrensningen) og forbedring af behandlingen af disse restprodukter. For de træ- og halmfyrede værker er der potentiale for forbedret genanvendelse af aske, reduktion af NO <sub>x</sub> -udledning samt håndtering og forbrænding af nye typer brændsler som eksempelvis energiafgrøder og haveaffald.
Individuel opvarmning (boliger)	Bioolie, Bionaturgas, Træflis, Træpiller	Kedel	Lokal varme	Kendt teknologi. For oliefyrede kedler er der potentiale for forbedret forhold mellem brænder og kedel, for de naturgasfyrede kedler er der potentiale for reduktion af NO <sub>x</sub> -udledninger samt bedre håndtering af forskellige gasser og for de træfyrede kedler er der bl.a. potentiale for forbedring af virkningsgrad, reduktion af emissioner samt håndtering af forskellige typer brændsler.
	Brænde	Brændeovn		Kendt teknologi, men potentiale for reduktion af partikel-emissioner.

Tabel 12. Teknologier til konvertering af biomasse til el og/eller varme ved direkte forbrænding.

## 7.2 Konvertering til gas

Nogle typer biomasse kan konverteres til biogas vha. biologisk forgasning i et biogasanlæg, mens de fleste typer biomasse kan konverteres til forgasningsgas vha. termisk forgasning.

### Biogasanlæg

I et biogasanlæg produceres biogas ud fra bionedbrydeligt, organisk affald, hidtil hovedsagligt gylle (80-90 pct.) og industriaffald (10-20 pct.), men der arbejdes med nye typer biomasser, f.eks. dybstrøelse, halm, have/parkaffald og slet fra naturarealer. Affald fra bl.a. husholdninger samt energiafgrøder kan også anvendes. I biogasanlægget fordøjes (afgasses) det organiske affald af naturligt forekomne tarmbakterier i en lukket iltfri beholder, hvorved der produceres biogas. Den producerede biogas består af 60-70 pct. metan og 30-40 pct. CO<sub>2</sub>. Det tilbageværende fordøjede (afgassede) organiske affald anvendes som gødning. Teknologien er kendt, men der er potentiale for forbedring af anlæggene,

så de kan håndtere flere typer biomasse og blive mere økonomisk attraktive.

### Termisk forgasning

Fast biomasse som eksempelvis træ og halm, kan forgasses (gassen opstår gennem opvarmning af biomassen) og herved konverteres til forgasningsgas. Forgasning af faste brændsler er en gammel og kendt teknologi, især inden for CTL<sup>11</sup> industrien. Inden for forgasning af biomasse er der dog et behov for udvikling pga. de mange forskellige typer biomasse og deres meget forskellige fysiske egenskaber. I løbet af de seneste årtier er der udviklet et stort antal forgassere, der kan håndtere forskellige typer biomasse. Nogle af disse teknologier er nu blevet modne og kommercialiseret i forskellige BTL<sup>12</sup> projekter rundt omkring i verden. I tabel 13 ses en oversigt over teknologier til forgasning af fast biomasse.

Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale
Halm, Energiafgrøder, Affald, Gylle Varme (damp) fra det tilhørende kraftværk	"Pyrolyse", der er en lavtemperaturforgasser	Forgasningsgas Biprodukt: Gødning, der kan føres tilbage til markerne	Teknologien er under demonstration i tilknytning til Asnæsværket ved Kalundborg, hvor et 6 MW demonstrationsanlæg blev etableret i 2011. Det forventes at et 50 MW anlæg vil blive sat i drift i 2015 og at kommercielle anlæg vil være i størrelsen 10-150 MW.
Træflis, Træpiller, Træaffald, Energiafgrøder	Updraft. Højtemperaturforgasning	Forgasningsgas	Kendt teknologi, men fortsat udviklingspotentiale indenfor biomasseforgasning bl.a. i relation til anvendelse af forskellige typer biomasse.
Træflis, Træpiller, Træaffald, Halm, Energiafgrøder	Staged down-draft. Højtemperaturforgasning	Forgasningsgas	Teknologien er under demonstration.

Tabel 13. Teknologier til konvertering til gas.

11. Coal To Liquid fuels

12. Biomass To Liquid fuels

## 7.3 Raffinering af forgasningsgas eller syntesegas til flydende brændsler

Den producerede forgasningsgas kan raffineres til flydende brændsler som metanol, DME, diesel og kerosen (flybrændstof). I tabel 14 ses en oversigt over teknologier til raffinering af forgasningsgas til flydende brændsler.

Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale
Forgasningsgas	Reformering til syntesegas, rensning og konvertering til metanol vha. en katalysator. Herefter evt. konvertering til DME vha. de-hydrering.	Metanol eller DME <sup>13</sup>	Kendt teknologi.
	Gasrensning, reformering til syntesegas, Fischer-Tropsch syntese, termisk krakning og destillering.	2. generation biodiesel eller 2. generation biokerosen (flybrændstof) <sup>14</sup>  Biprodukt: Benzin  Processen genererer en vis mængde varme, hvoraf en del af varmen kan udnyttes til fjernvarme	Kendt teknologi.

Tabel 14. Teknologier til raffinering af forgasningsgas eller syntesegas til metanol, DME, diesel og kerosen (flybrændstof).

13. I processen dannes først metanol som herefter kan konverteres til DME.

14. Produktionen af biodiesel/kerosen kan øges ved at tilsætte brint til processen. Dette koster noget el til produktion af brint, men giver en øget produktion af biodiesel/kerosen ud fra den samme mængde biomasseinput.

## 7.4 Opgradering af biogas eller forgasningsgas til bionaturgas

Den producerede biogas eller forgasningsgas kan opgraderes til bionaturgas, så den kan sendes ud på naturgasnettet eller anvendes i transportsektoren.

Biogassen kan opgraderes til bionaturgas enten ved at rense den for CO<sub>2</sub> eller ved hydrogenering, mens forgasningsgassen kan opgraderes til bionaturgas ved at rense den og herefter foretage hydrogenering. Se tabel 15.

Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale
Biogas	"Water scrubber", hvor CO <sub>2</sub> 'en bliver vasket ud af biogassen.	Bionaturgas	Kendt teknologi, men der er stort fokus på at udvikle nye teknologier til fjernelse af CO <sub>2</sub> (især i forbindelse med CCS <sup>15</sup> på store kraftværker).
Biogas	"Amin", hvor CO <sub>2</sub> 'en bliver vasket ud af biogassen med kemisk absorption.	Bionaturgas	
Biogas	"Pressure Swing Adsorption", hvor CO <sub>2</sub> 'en bliver separeret fra biogassen i en proces der foregår under højt tryk og vha. en adsorbent.	Bionaturgas	
Biogas, El (til produktion af brint)	Hydrogenering	Bionaturgas Både produktionen af brint samt selve hydrogeneringen genererer en vis mængde varme, hvoraf en del af varmen kan udnyttes til fjernvarme	Kendt teknologi. Brinten kan f.eks. produceres vha. traditionel lavtemperatur-elektrolyse, som er en kendt teknologi, men der er fokus på udvikling af nye billigere og mere effektive teknologier til produktion af brint, eller ad biologisk vej ved hjælp af metandannende mikroorganismer.
Forgasningsgas, El	Gasrensning og hydrogenering	Bionaturgas  Hydrogeneringen genererer en vis mængde varme, hvoraf en del af varmen kan udnyttes til fjernvarme	Teknologien er under demonstration.

Tabel 15. Teknologier til opgradering af biogas eller forgasningsgas til bionaturgas.



## 7.5 Konvertering til flydende brændsler

Stivelsesholdige afgrøder som majs eller hvede kan konverteres til bioetanol vha. 1. eller 2. generation fermenteringsteknologier, og ved at tilsætte metanol eller brint til vegetabilsk olie kan denne konverteres til 1. generation biodiesel vha. en katalysator. I tabel 16 ses en oversigt over teknologier til konvertering af biomasse til flydende brændsler.

Input	Teknologi	Output	Teknologistadie og udviklingspotentiale
Majs eller Hvede El, Varme, Enzymer og Gær	1. generation fermentering	1. generation bioetanol  Biprodukt: DDGS der anvendes til dyrefoder  Processen har et vist varmetab. En del af varmen kan dog udnyttes til fjernvarme	Kendt teknologi med et begrænset udviklingspotentiale.
Hvedehalm, Majsstængler, Træ eller lignende El, Varme, Enzymer og Gær	2. generation fermentering samt tilhørende kraftvarmeværk	2. generation bioetanol <sup>16</sup>  Biprodukt: Lignin kan anvendes som brændsel i det tilhørende kraftvarmeværk, der leverer el og varme til processen  Processen har et stort varmetab. En del af varmen kan dog udnyttes til fjernvarme	Teknologien er under demonstration.
Vegetabilsk olie, Metanol, El og Varme	Transesterificering	1. generation biodiesel  Biprodukt: Glycerol	Kendt teknologi med et begrænset udviklingspotentiale.
Vegetabilsk olie, Brint, El og Varme	Hydrogenering	1. generation biodiesel  Biprodukt: Gas der typisk anvendes som brændsel i et tilhørende kraftvarmeværk, der leverer el og varme til processen	Kendt teknologi.

Tabel 16. Teknologier til konvertering af biomasse til 1. og 2. generation bioetanol samt 1. generation biodiesel.

16. Afhængig af hvilken gærtype der anvendes vil det enten kun være glukosen (C6 sukre) eller både glukosen og xylosen (C5 sukre) der omdannes til etanol. I dette tilfælde er der regnet med en omdannelse af begge sukkertyper, mens der for Inbicon-teknologien (nærmere beskrevet i afsnittet om bioraffinaderier) kun er regnet med omdannelse af glukose. Xylose bliver hermed et biprodukt, der kan anvendes til dyrefoder.

## 7.6 Konvertering til fast brændsel

Ubehandlet træ kan konverteres til TWP vha. torrefactionsteknologi, hvorved træets egenskaber forbedres. TWP er en form for træpiller, der kan erstatte normale træpiller i de fleste typer anlæg, men kan især med fordel erstatte forbruget af kul på de store kraftværker. Det skyldes at det minder meget om kul, når det kværnes samt brænder på samme måde. Ved konverteringen øges energitætheden, hvilket kan reducere omkostninger til transport og lager. Konverteringen sker ved at træet opvarmes til 250-350 grader celsius under iltfattige forhold. Teknologien har været under hurtig udvikling de seneste 5 år på grund af de lovende egenskaber for de producerede træpiller. Forskellige torrefactionsteknologier er således ved at blive demonstreret flere steder i især Europa og Nordamerika. Udfordringerne bliver at opskalere anlæggene, samtidig med at kvaliteten af træpillerne bibeholdes, og der ikke går på kompromis med sikkerheden (risiko for selvantænding).

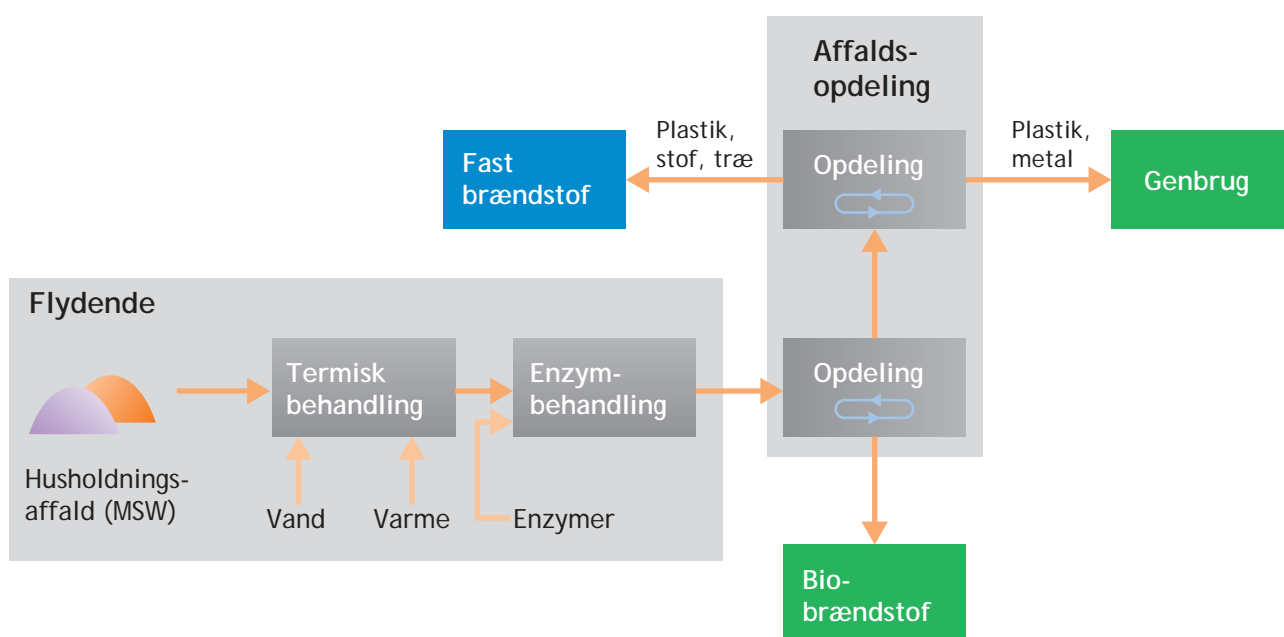
Affald kan konverteres til RDF vha. RENescience-teknologien, der beskrives nærmere i afsnit 7.8

## 7.7 Bioraffinaderier

Et bioraffinaderi er et procesanlæg, hvor flere former for biomasse kan forarbejdes til forskellige energiprodukter og andre anvendelige produkter, som eksempelvis glas og metal til genanvendelse (REnescience) eller foder (Inbicon).

## 7.8 RENescience

REnescience er en teknologi til affaldssortering, hvor husholdningsaffald vha. enzymer bliver separeret til forskellige værdifulde fraktioner. Figur 24 viser en oversigt over processerne i teknologien. Teknologien håndterer affaldet direkte uden nogen form for forbehandling, og processerne forløber ved lave temperaturer og under atmosfærisk tryk. Affaldet bliver først opdelt i en flydende og fast fraktion, hvor den flydende fraktion kan anvendes til eksempelvis produktion af biogas eller flydende biobrændsler. Fra den faste fraktion bliver de materialer, der genanvendes, udsorteret, eksempelvis glas og metal, mens den resterende del (RDF) eksempelvis kan brændes af i et kraftvarmeværk og producere el og varme. Teknologien er under demonstration ved Amagerforbrændingen i København.

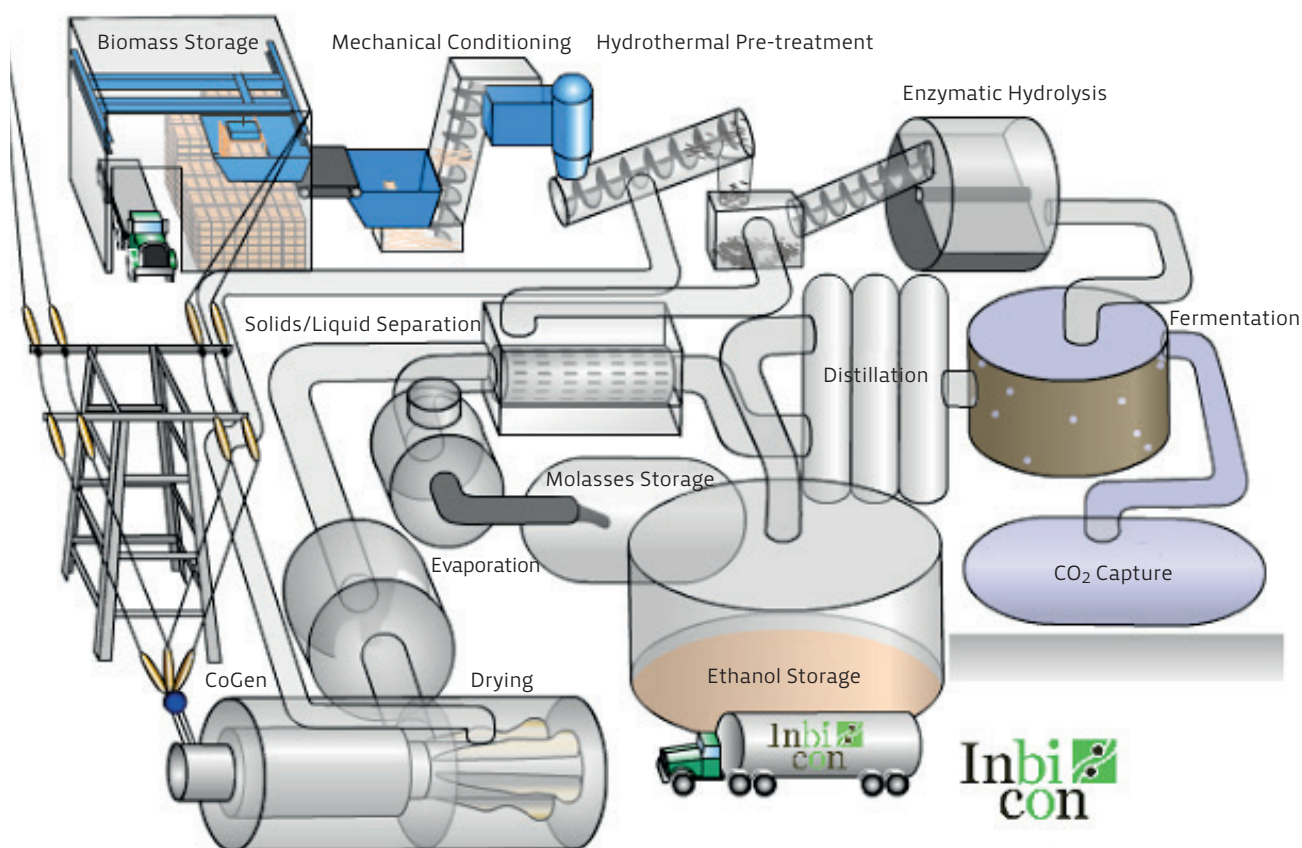


Figur 24. Oversigt over processerne i RENescience teknologien.

## 7.9 Inbicon

Inbicon er en teknologi til produktion af 2. generation bioetanol, biogas, lignin og melasse vha. fermentering. Figur 25 viser en oversigt over processerne i teknologien. Biomasseinput til processen er halm, der først hakkes og koges under højt tryk. Energien til processen leveres fra et tilhørende kraftvarmeværk. Herefter tilsættes enzymer, der nedbryder cellulosen og hemicellulosen til glukose (C6 sukre) og xylose (C5 sukre), som det er muligt for den efterfølgende tilsatte gær at optage og omdanne til bioetanol. Efter fermenteringen følger filtrering og destillation.

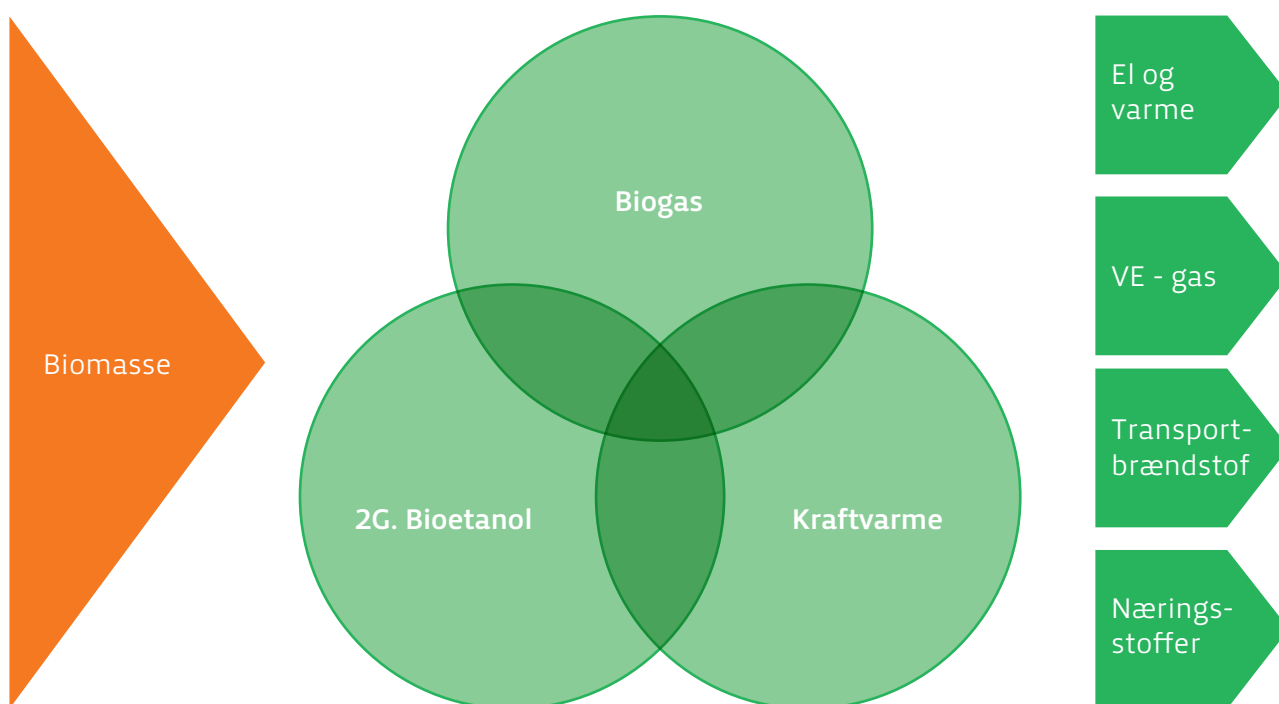
Det affald, der er tilbage, efter etanolen er separeret fra, er en tyktflydende masse, der kan adskilles i en fast (lignin) og en flydende masse. Ligninen kan tørres og anvendes til at producere (den til kogningen fornødne energi) på det tilhørende kraftvarmeværk. Den flydende masse kan inddampes til melasse og bruges som foder til husdyr. Herudover sker der en produktion af biogas fra spildevandshåndteringen. Det vil også være muligt at udnytte en del af varmetabet ved processerne til fjernvarme. Teknologien har siden 2009 været under demonstration ved Asnæsværket i Kalundborg.



Figur 25. Oversigt over processerne i Inbicon teknologien.

## 7.10 Maabjerg Energy Concept

Maabjerg Energy Concept er et koncept hvor der produceres el, fjernvarme, biogas og flydende bio-brændsler, og hvor restproduktet kan bruges som gødning, jf. figur 26.



Figur 26. Oversigt over Maabjerg Energy Concept.

Biomasseinput til processerne er halm, industri- og husholdningsaffald samt gylle. Konceptet kombinerer forskellige teknologier som biogasproduktion, bioetanolproduktion (Inbicon), affaldshåndtering (REnescience) og kraftvarmeproduktion for at opnå høj energieffektivitet og bedst mulig udnyttelse af input til processen. Konceptet er under udvikling og består af følgende delprojekter:

- › **Maabjerg Bioenergi:** Færdigbygget primo 2012. Biogasanlæg der årligt kan omdanne 650.000 tons biomasse til biogas. Anlægget vil senere blive udvidet til at modtage 185.000 tons melasse fra bioetanolproduktionen og 77.000 tons biovæske fra affaldsanlægget.
- › **Maabjergværket:** Kraftvarmeverk idriftsat 1993. Værket producerer el og fjernvarme ved hjælp af afbrænding af halm, flis, affald og spildevandsslam og naturgas. Værket vil blive ombygget til primært at anvende 120.000 tons lignin fra bioetanolprocessen, 45.000 tons fiber fra biogasproduktionen og 16.000 tons RDF affald som fremtidigt brændsel.
- › **Maabjerg Bioetanol:** Bioetanolanlæg, der skal anvende 250.000 tons halm og andre et-årige planter til at producere 2. generations bioetanol, melasse og lignin. Baseres på Inbicon teknologien, som beskrevet ovenfor.

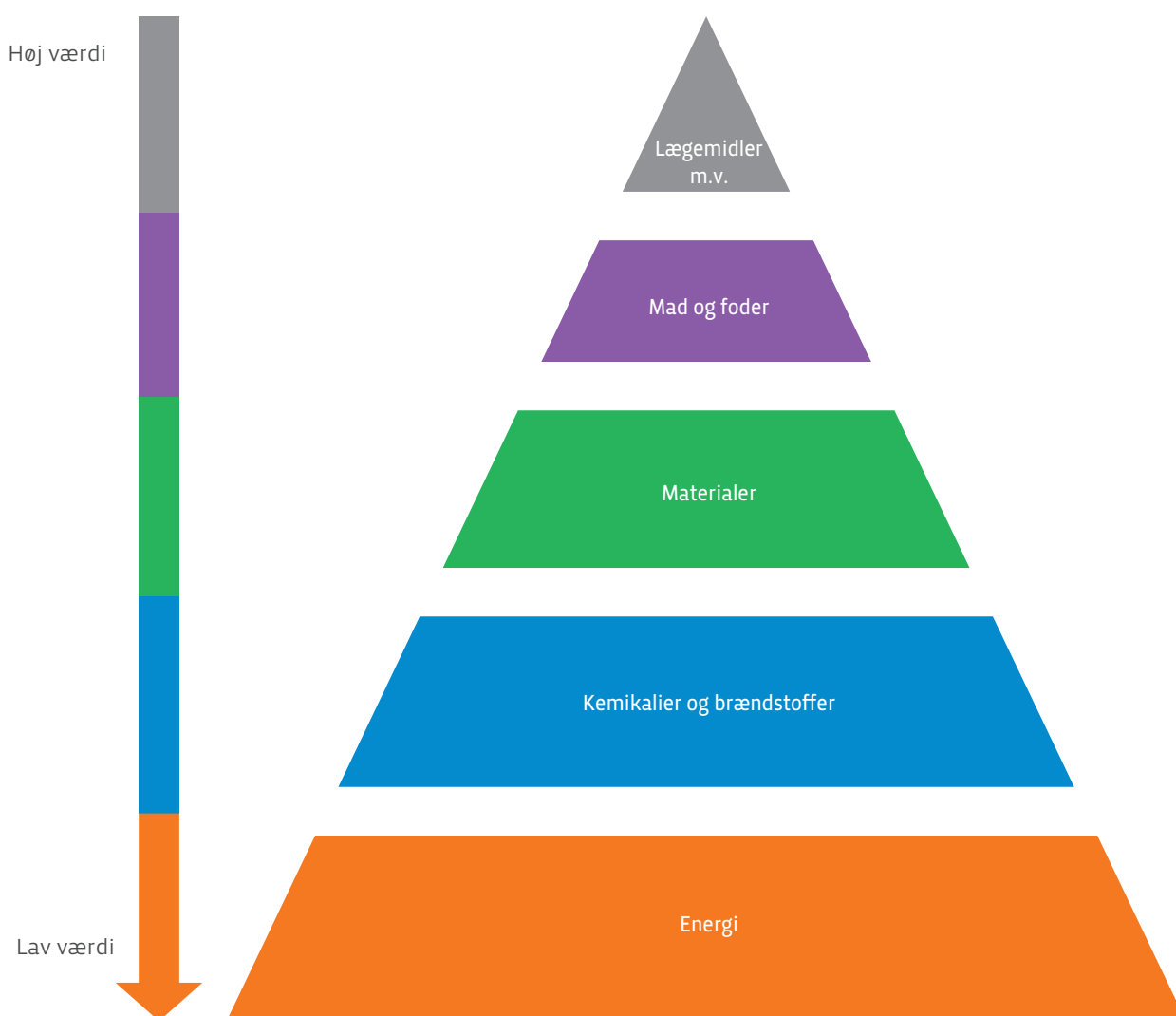
## 7.11 Perspektiver for øvrig anvendelse af bioraffineret materiale

- › **Maabjerg affald:** Affaldbehandlingsanlæg baseret på REnescience teknologien beskrevet ovenfor. Den flydende del afgasses på biogasanlægget, og den faste del udnyttes på kraftvarmeverket.
- › **Opgradering af biogas:** Anlæg til opgradering af biogas til naturgas, som kan sendes direkte i naturgasnettet. En del af dette anlæg vil blive baseret på opgradering med brint, der er produceret på vindmøllestrøm, hvorved anlægget også er et balancekraftanlæg.

Det samlede anlæg forventes idriftsat primo 2016.

Anvendelse af bioraffineret materiale som bio-brændstof kan på den korte bane være en løftestang for at understøtte afsættelsen af en række andre værdifulde bioraffinerede produkter og materialer. Potentialerne i anvendelsen af biomassen illustreres ofte i nedenstående pyramide i figur 27.

Ifølge OECD forventes verdensmarkedet for mere avancerede bioraffinerede produkter i form af kemikalier og polymerer i 2021 at udgøre 3.200 mia. kr. (900 mia. kr. i 2012) blandt andet som konsekvens af, at den globale produktion af biobaseret plastik forventes mere end tredoblet fra 1 mio. ton



Figur 27. Oversigt over potentialerne i anvendelse af biomasse.

til 3,5 mio. tons i 2020. Værdimæssigt vil verdensmarkedet for bioraffinerede produkter i 2021 udgøre mere end dobbelt så meget som markedet for biobrændstoffer, der forventes samlet set at ligge på 1.450 mia. kr. Disse samfundsmæssigt mere værdifulde produkter findes bl.a. inden for følgende tre områder:

- › *Biokemikalier* – Der kan fremstilles en lang række organiske kemikalier ud fra de basiskemikalier, der kan produceres fra bioraffinaderier. Konkret opdeles kemikalierne i sukkerbaserede og ligninbaserede kemikalier.
- › *Biopolymerer* – Biopolymererne dækker over en lang række bionedbrydelige og ikke-bionedbrydelige plastmaterialer fremstillet af bioraffinerede kemikalier. Af de bioraffinerede kemikalier vil det formentlig være muligt at lave andre plasttyper end de eksisterende råoliebaserede plasttyper.
- › *Biofiberkompositter* – Industriel udnyttelse af plantefibre har sine velkendte anvendelser inden for tøjområdet. Med bioraffineringsprocesser vil det antageligvis være muligt at fremstille nye typer af fiber kompositmaterialer, der har en mangfoldighed af anvendelser.

Alle data til brug for omkostningsberegninger er baseret på tal for 2030 fra Energistyrelsens teknologikataloger. Brændelspriser for 2030 er dels baseret på World Energy Outlook 2013, dels på biomassepriser udarbejdet af EA Energianalyse for Energistyrelsen i 2013 og dels på teknologidata fra Energistyrelsens teknologikataloger til brug for beregning af priser for eksempelvis metanol og brint.

Investeringer er omregnet til årlige omkostninger på baggrund af teknologiernes tekniske levetid og en samfundsøkonomisk rente på 4 %. Årlige investeringsomkostninger samt faste drifts- og vedligeholdelsesomkostninger (D&V) er efterfølgende omregnet til produktionsomkostninger på baggrund af antagelse om 5.000 årlige fuldlasttimer for alle teknologier

## 7.12 Produktionsomkostninger

Omkostningerne for de enkelte teknologier beskrevet ovenfor kan sammenlignes ved at kigge på produktionsomkostningerne i form af de langsigtede marginalomkostninger. For bedst at kunne sammenligne teknologierne er disse i de følgende figurer 28-32 opdelt på teknologier til produktion af:

- › El, hvor omkostningerne ved at producere én MWh el er beregnet
- › Fjernvarme, hvor omkostningerne ved at producere én MWh fjernvarme er beregnet
- › Lokal varme, hvor omkostningerne ved at producere én MWh lokal varme er beregnet
- › Biobrændsler, hvor omkostningerne ved at producere én GJ biobrændsel er beregnet
- › Energiprodukter på bioraffinaderier, hvor omkostningerne ved at producere én GJ energiprodukt (der består af et mix af forskellige produkter) er beregnet

med undtagelse af affaldsværker, hvor de årlige fuldlasttimer er sat til 8.000. Alle omkostninger er omregnet fra euro til kroner med kurs 7,45.

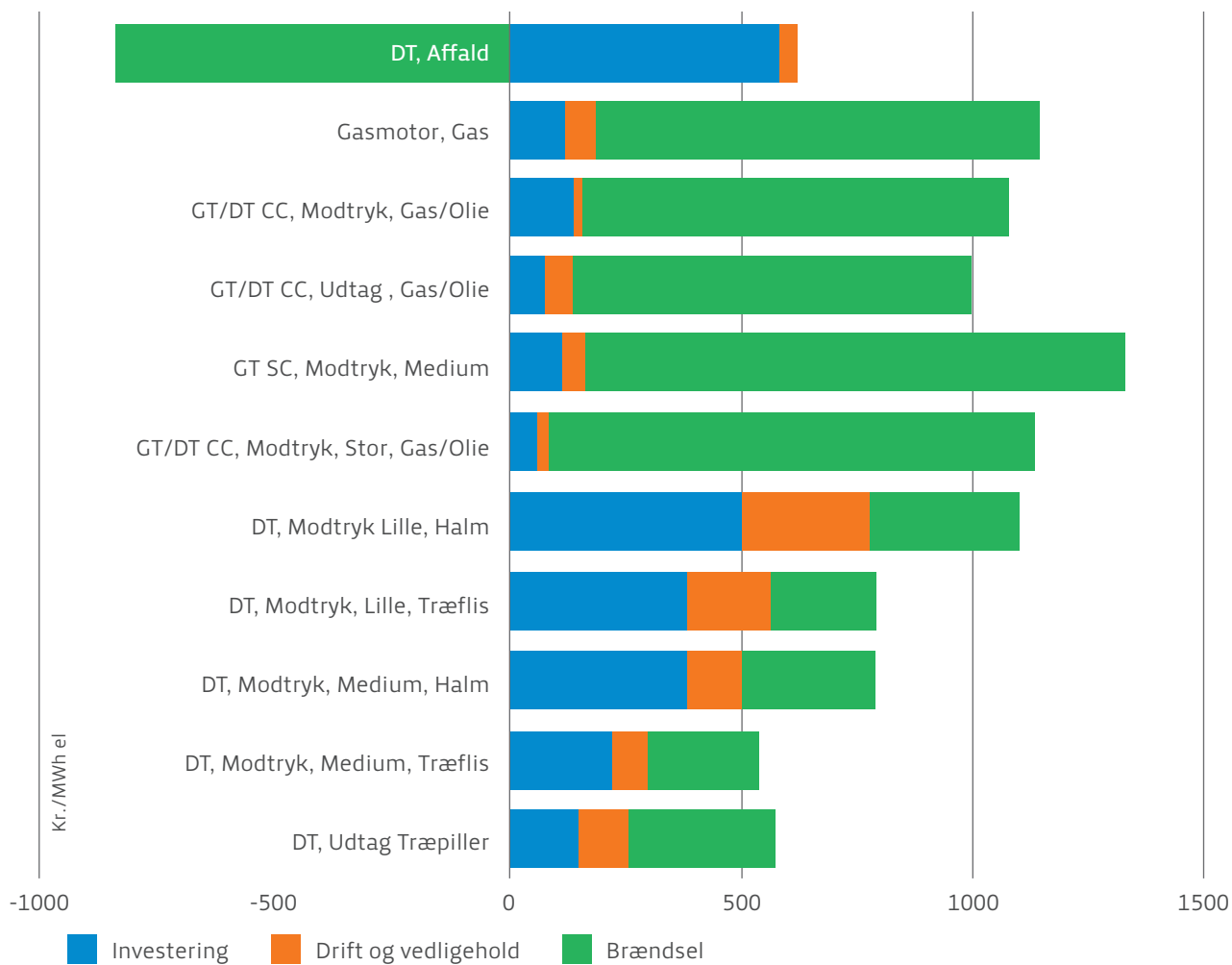
Brændselsomkostninger er beregnet ud fra effektiviteten af den enkelte teknologi samt prisen på de enkelte brændselstyper. I brændselsomkostningerne er desuden medregnet indtjening fra salg af evt. biprodukter, f.eks. fjernvarme.

Herefter er produktionsomkostningerne i form af de langsigtede marginalomkostninger (LRMC) for de enkelte teknologier beregnet som:

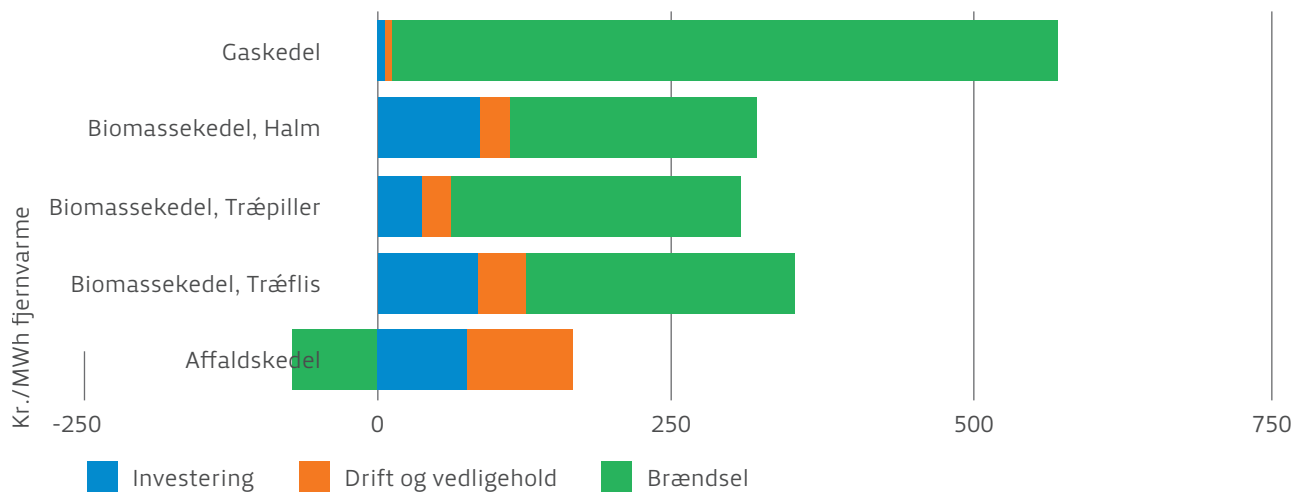
LRMC = Investering + Faste D&V + Variable D&V + Brændsel

Tekstboks 2. Beregningsforudsætninger for beregning af produktionsomkostninger.

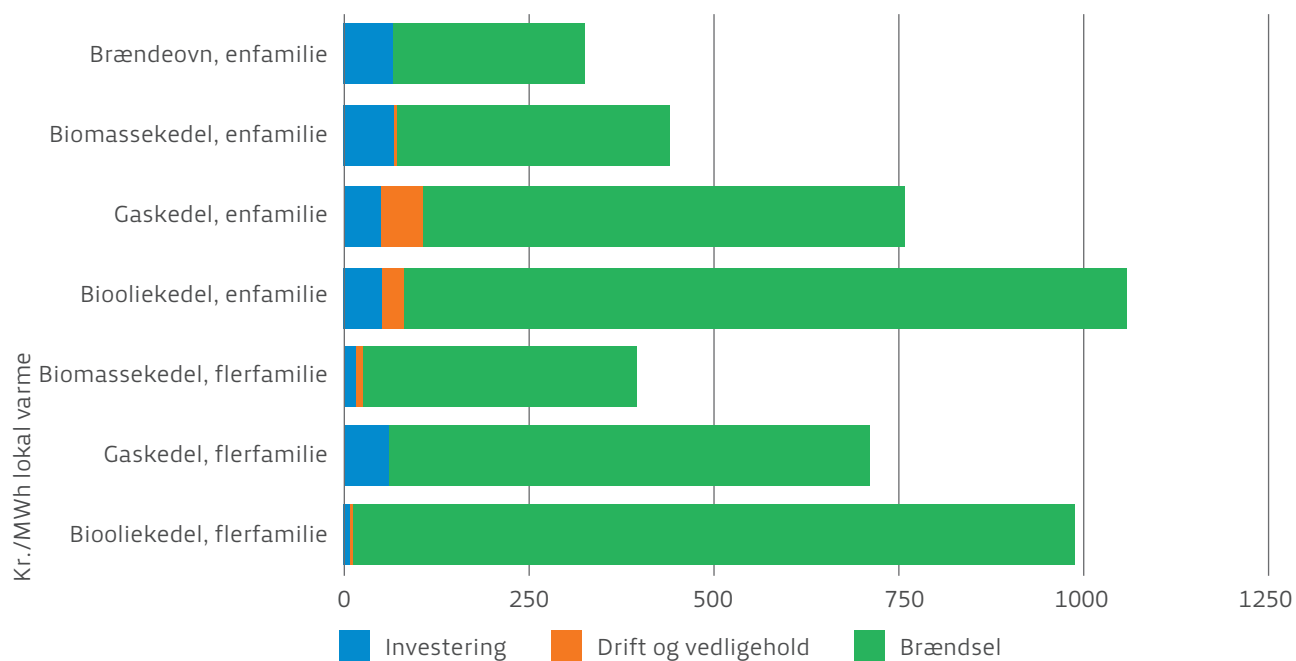
## Bioenergi



Figur 28. Elproduktionsomkostninger i 2030 på udtags- og modtryksværker.  
 Note: DT = dampturbine, GT = gasturbine, SC = single cycle og CC = combined cycle.



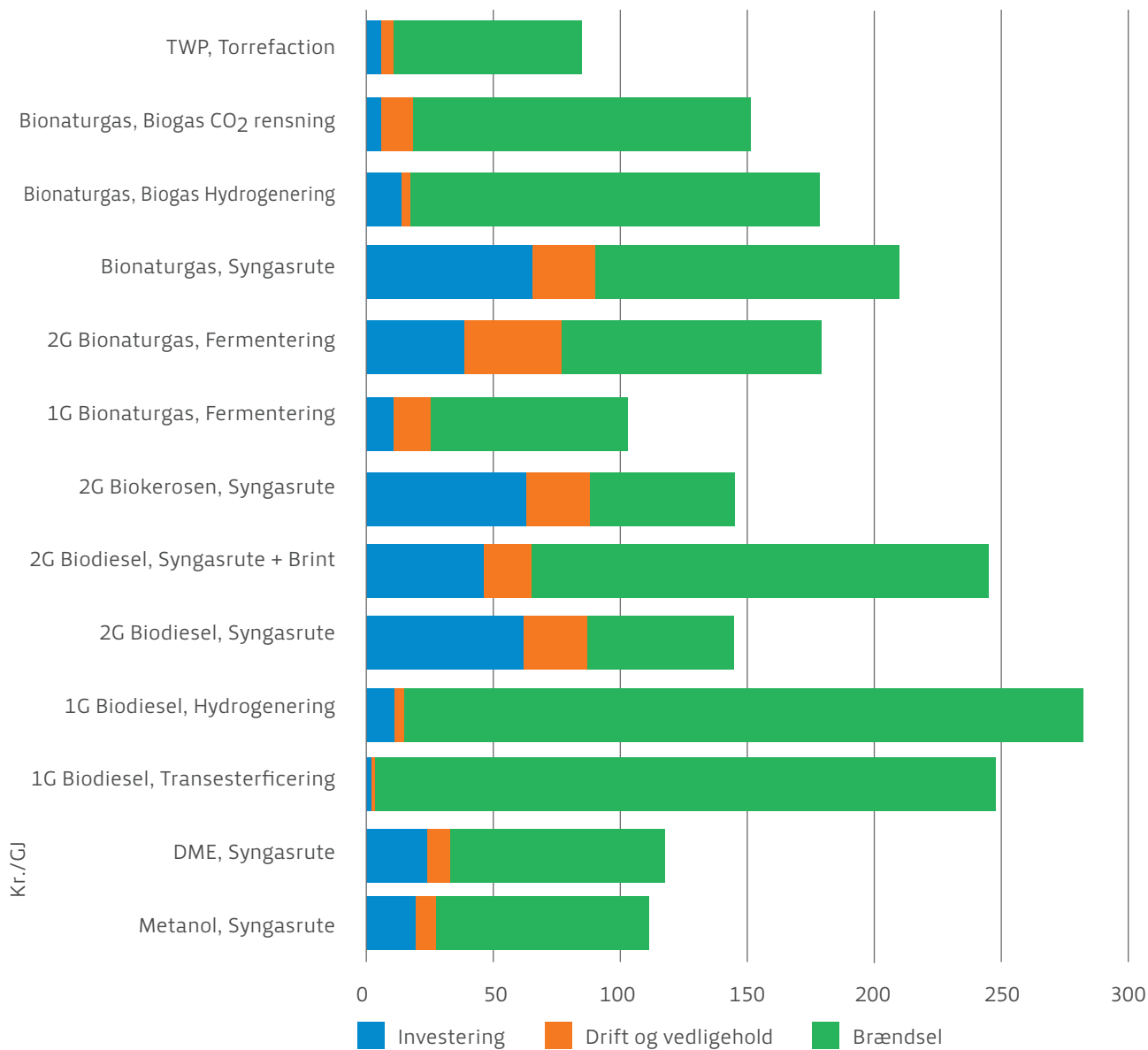
Figur 29. Fjernvarmeproduktionsomkostninger i 2030 på fjernvarmeværker.



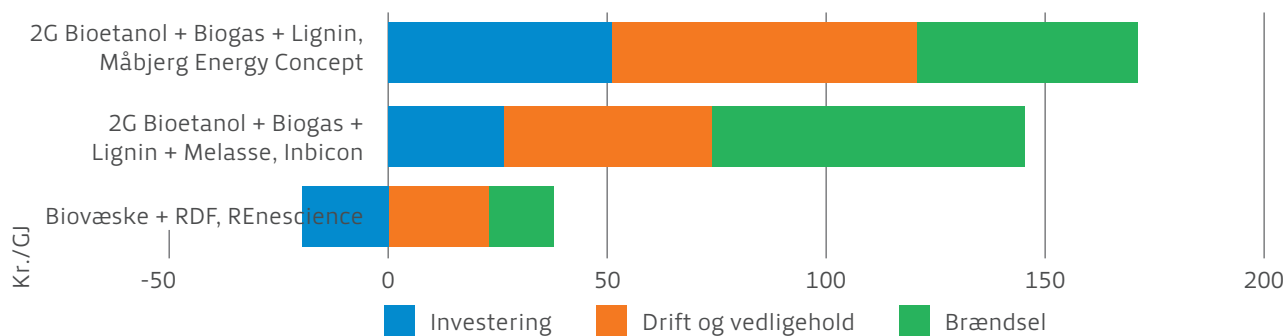
Figur 30. Varmeproduktionsomkostninger i 2030 i boliger.



# Bioenergi



Figur 31. Biobrændselsproduktionsomkostninger i 2030.



Figur 32. Produktionsomkostninger for biobrændsler m.v. på bioraffinaderier i 2030.



**8.  
Miljømæssig  
bæredygtighed  
og anvendelse  
af biomasse til  
energi og transport**

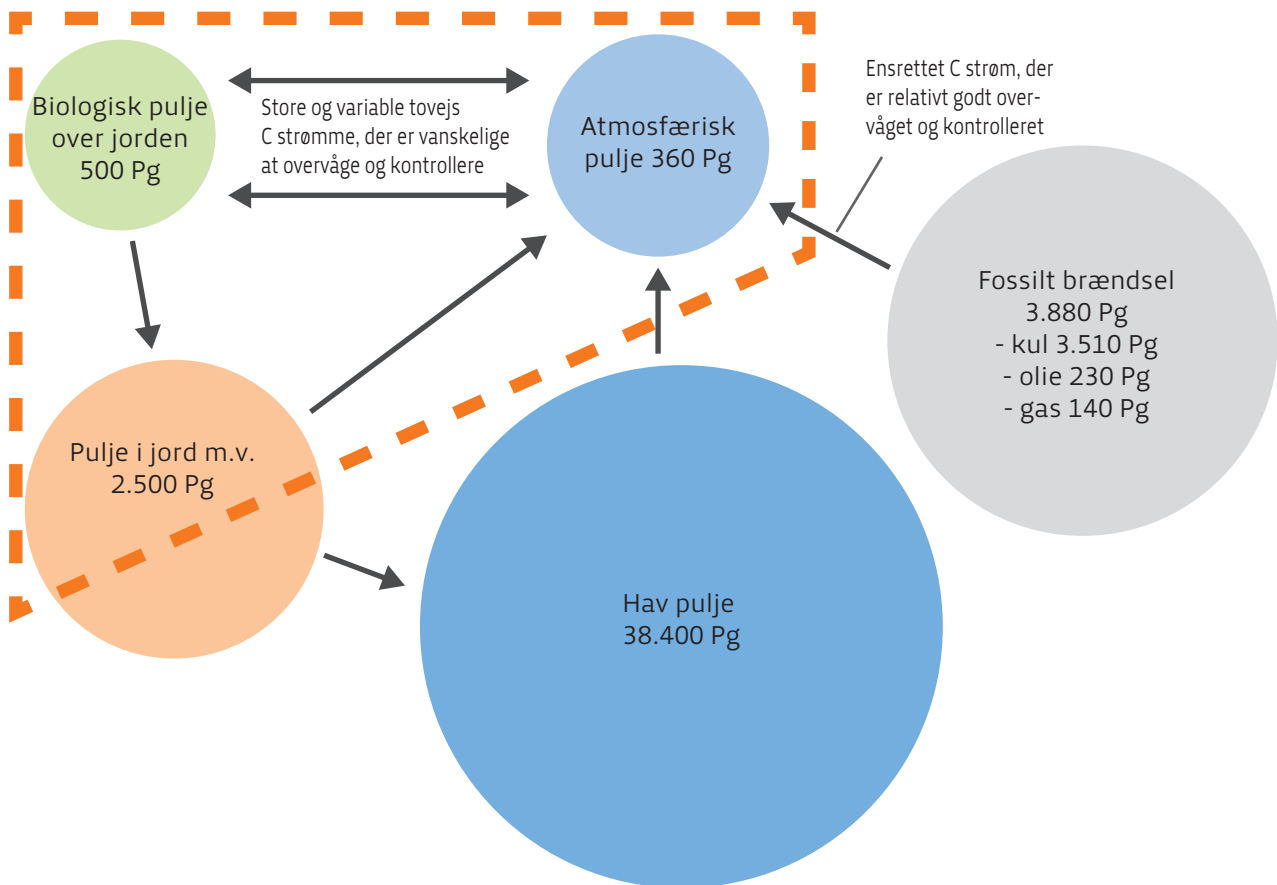
## 8.1. Biomasse og klima

Biomasse er en væsentlig faktor i det globale kulstofkredsløb og dermed central for udviklingen i niveauet af drivhusgasser i atmosfæren.

Som det fremgår af figur 33 cirkulerer kulstof mellem fem forskellige kulstofpuljer. De største puljer er havene og fossile brændsler. Biomasse findes i både en pulje over jorden og i jorden i form af humus og planterester m.v. En reduktion af en given kulstofpulje vil medføre en forøgelse af en eller flere

af de øvrige puljer. Ændringer, der medfører en øget lagring kulstof i atmosfæren, betyder stigende global opvarmning.

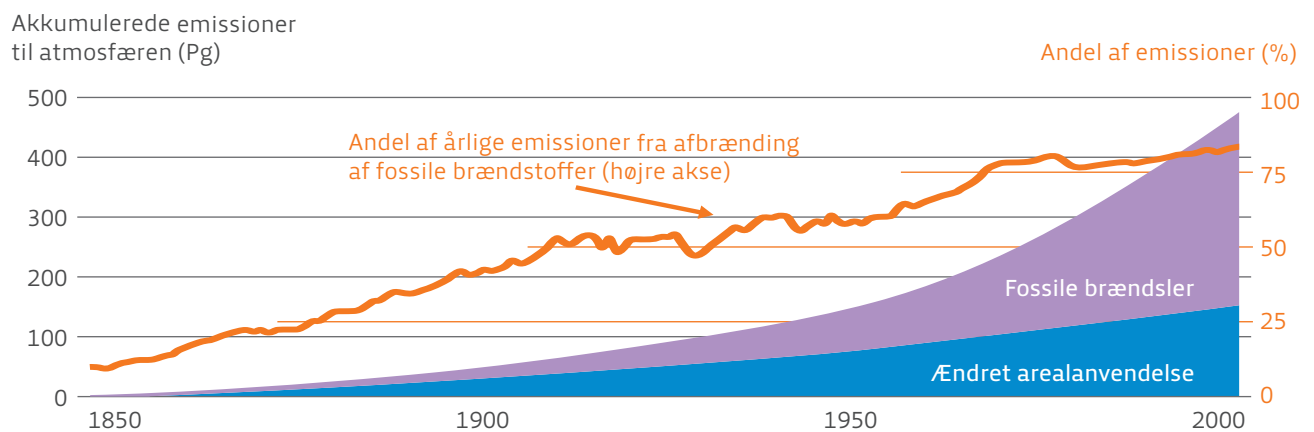
Den forøgelse af kulstof i atmosfæren, der sker på grund af menneskelige aktiviteter, er alt overvejende forårsaget af afbrændingen af fossile brændsler og ændret arealanvendelse (mindskede kulstofpuljer i biomasse og jord).



Figur 33. De globale kulstofpuljer. Kilde: Berndes et al, 2011.

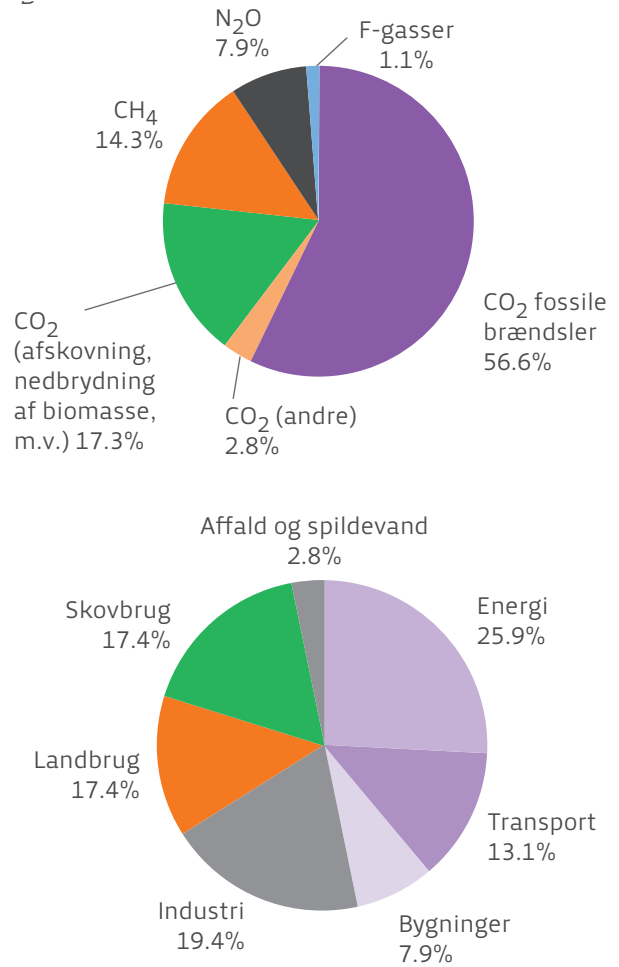
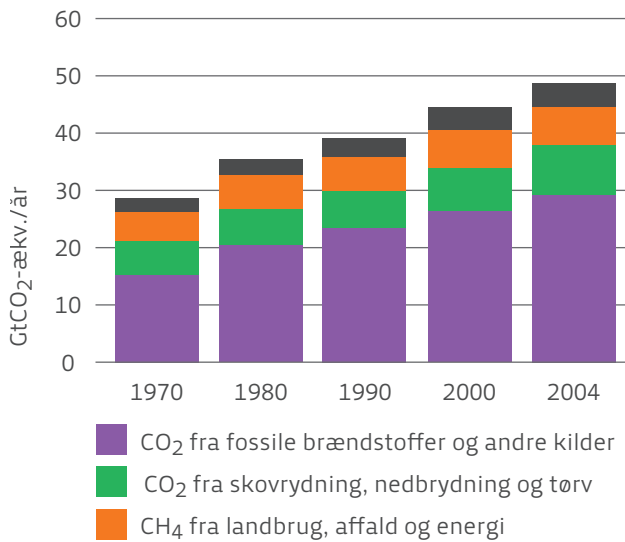
Som det fremgår af figur 34 har afbrændingen af fossile brændsler udgjort langt den største del af de menneskeskabte udledninger siden 1850, mens ca. 1/4 skyldes arealanvendelse.

Den altovervejende del af udledningerne fra ændret arealanvendelse skyldes afskovning.



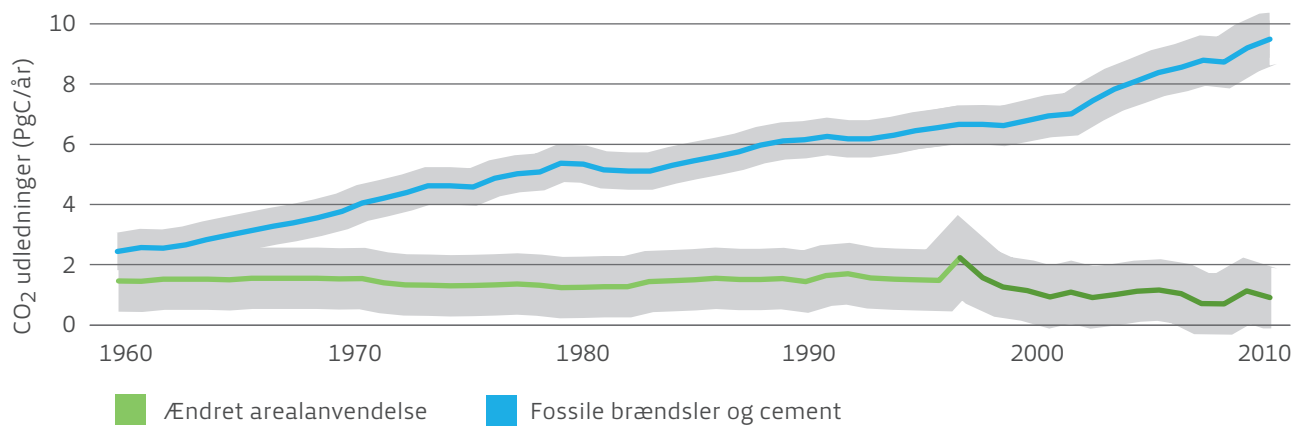
Figur 34. Akkumulerede menneskabte udledninger.  
Kilde Berndes et al, 2011.

Ifølge FN's Klimapanel (IPCC) afstedkom afskovning ca. 17,3 pct. af de globale udledninger i 2004, jf. figur 35. Den største del af udledningerne (56,6 pct.) er afstedkommet af afbrændingen fossile brændsler.



Figur 35. Globale menneskeskabte udledninger (2004, sektoropdelt). IPCC, 2007.

Den globale afskovning vurderes af Global Carbon Project til at være faldende, men udgør som angivet i figur 36 fortsat en stor del af de globale udledninger.



Figur 36. Globale udledninger fra henholdsvis fossile brændsler og ændret arealanvendelse.  
Kilde: Global Carbon Project, 2012.

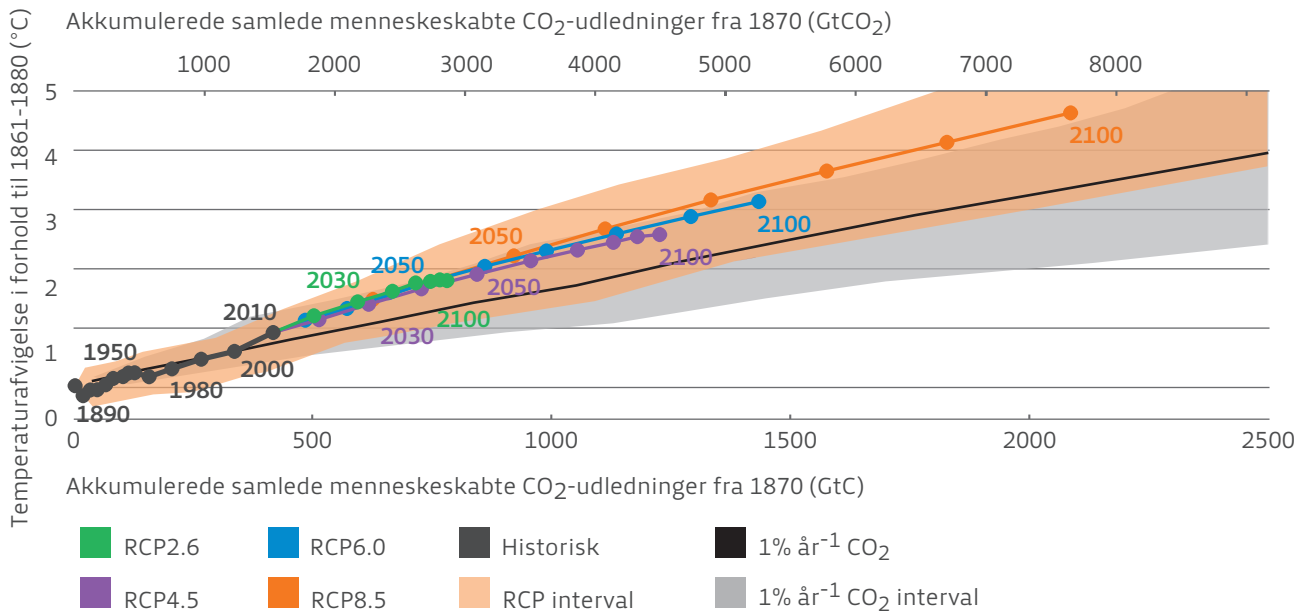
## Udvikling i kulstoflagre og globale klimamål

I følge IPCC vil en stabilisering af koncentrationen af drivhusgasser på under 450 ppm (parts per mio.) før 2050 med 50 pct. sandsynlighed begrænse den globale temperaturstigning i år 2100 til 2 grader i forhold til førindustrielt niveau.

I IEA's current policy (BaU)-scenarie stabiliseres koncentrationen på 950 ppm, mens det i New Policy-scenariet (allerede lovede CO<sub>2</sub> reduktioner) stabili-

seres på 650 ppm.

RCP2.6-scenariet i IPCC's femte hovedrapport (AR 5), der er under forberedelse, er mere ambitiøst end 450 ppm-scenariet, idet det sigter mod at opnå en 80 pct. sandsynlighed for at begrænse temperaturstigningen til 2 °C, jf. figur 37.

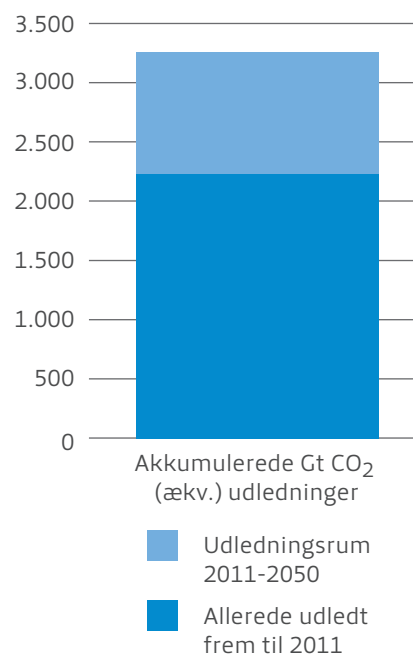


Figur 37. Oversigt over sammenhæng mellem akkumulering af drivhusgasser og scenarier for temperaturstigninger. Kilde: IPCC 2013.

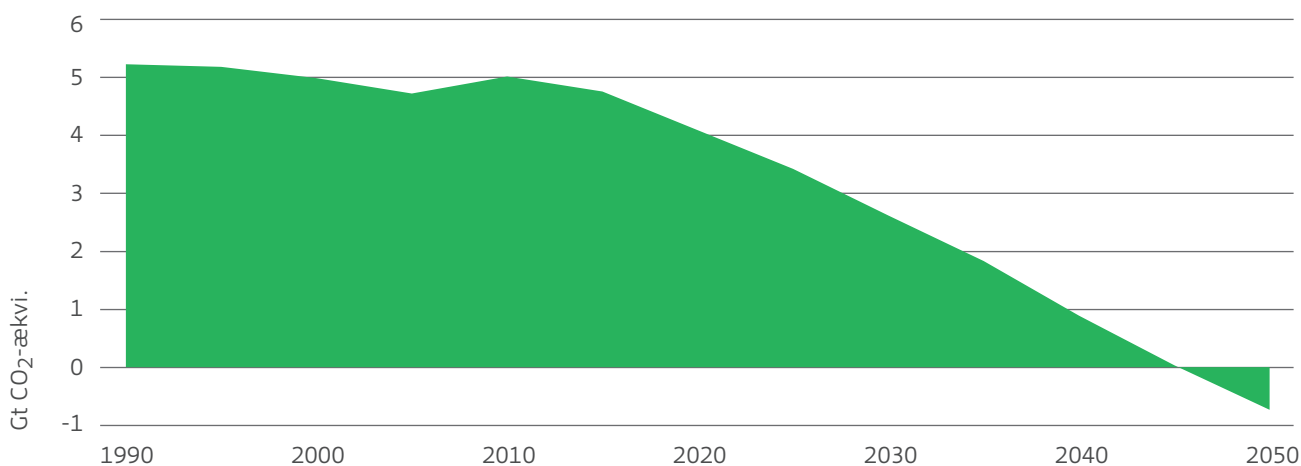
En stabilisering af koncentrationerne på 450 ppm i 2050 kan også ansues ved at opgøre et såkaldt udledningsrum. Dvs. hvor mange CO<sub>2</sub>-ækvivalanter kan samlet set udledes frem mod 2050 for at opnå en stabilisering af koncentrationen på 450 ppm.

Ifølge IEA kan der i et 450 ppm scenarium således i første halvdel af dette århundrede udledes ca. 1.440 Gt CO<sub>2</sub>-ækv. Heraf er der allerede udledt 420 Gt CO<sub>2</sub>-ækv. i perioden 2000-2011, hvilket, som det fremgår af figur 38, efterlader et udfaldsrum på ca. 1020 Gt. CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Det antages, at energisektoren frem mod 2050 gennem overgang til vedvarende energi m.v. vil bidrage med udledninger svarende til ca. 884 Gt CO<sub>2</sub>-ækv., mens det øvrige udledningsrum anvendes til ikke-energirelaterede udledninger.

I scenariet antages endvidere, at udledningerne fra arealanvendelse, herunder arealændringer i perioden 2013-2050 vil være ca. 90 Gt CO<sub>2</sub>-ækv. Som illustreret i figur 39 indebærer dette, at udledningerne fra arealanvendelse falder gradvist fra ca. 5 Gt CO<sub>2</sub>-ækv. årligt for mod slutning af perioden at bidrage med øget optag af CO<sub>2</sub> pga. skovrejsning m.v.



Figur 38. Globale "udledningsrum" frem mod 2050 i 450 ppm-scenarium. Kilde IEA, 2013.

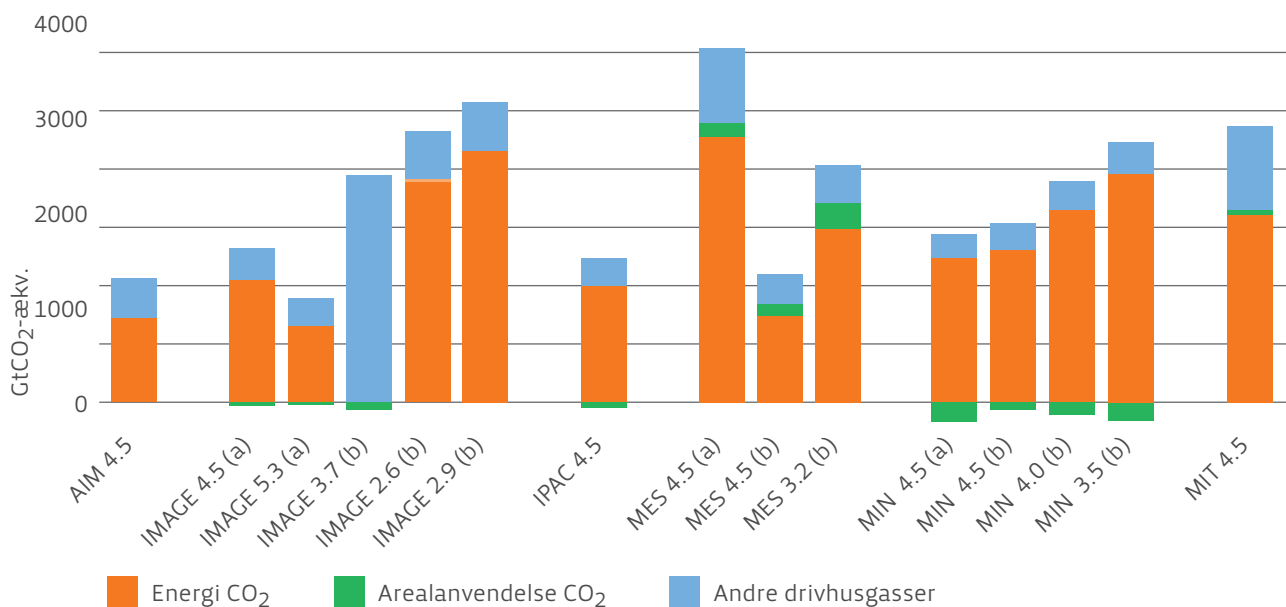


Figur 39. Forudsatte udledninger fra arealanvendelse i IEA's 450 ppm scenarium. Kilde: OECD 2012 og IEA 2013.

Det fremgår af IPCC's hovedrapport (AR 4), at der findes mange forskellige udfaldsrum for så vidt angår udledninger fra arealanvendelse i diverse scenarier for stabilisering i niveauet af drivhusgasser.



Figur 40 viser således, hvordan der i en række scenarier med en stabilisering på mellem ca. 350 ppm (2,5 W/m<sup>2</sup>) og ca. 570 ppm (5,0 W/m<sup>2</sup>) i perioden 2000-2010 indgår meget forskellige antagelser om udledninger fra landanvendelse. I nogle scenarier antages landanvendelse at medvirke til at reducere mere end 100 Gt CO<sub>2</sub> over perioden på grund af øget kulstoflagring i forhold til referencen, mens der i andre scenarier regnes med nettoudledninger fra landanvendelse over perioden (de negative tal).



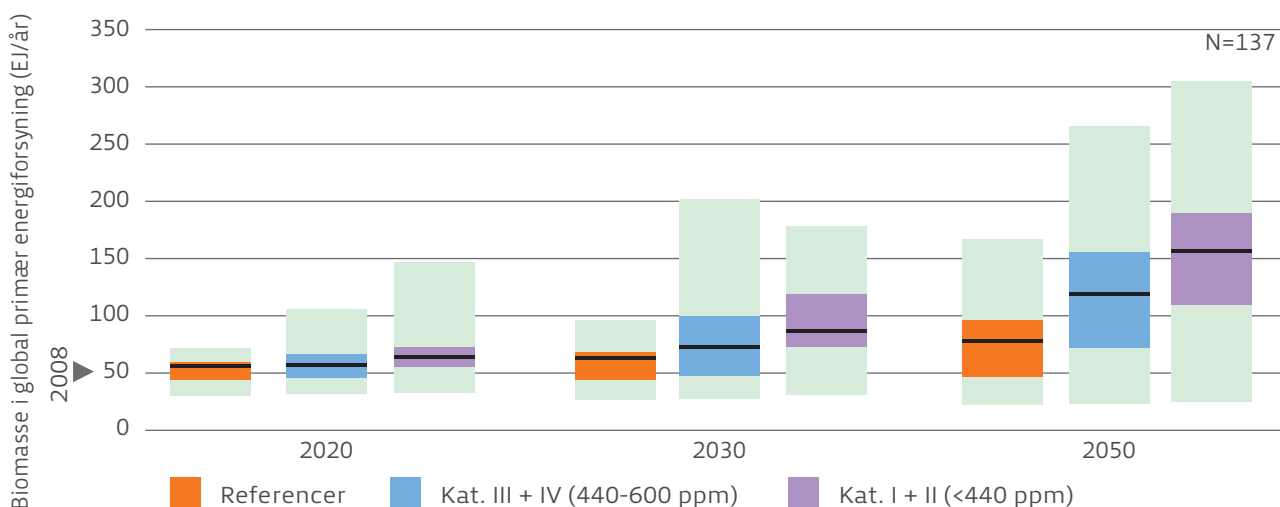
Figur 40. De akkumulerede bidrag i perioden 2000-2100 til reduktioner i forskellige scenarier for stabilisering af udledninger fordelt på forskellige sektorer.

Kilde. IPCC, 2007. Note: Navne angiver forskellige scenarier og stabiliseringsniveau (W/m<sup>2</sup>).

De vidt varierende bidrag fra arealanvendelse skyldes primært, at der i scenarierne med et lille eller negativt bidrag til reduktioner fra arealanvendelse antages stor anvendelse af bioenergi og i forlængelse heraf antages massiv ekspansion af bioenergiplantager og øget afskovning i forhold til referencescenariet.

### Bioenergi i diverse scenarier for stabilisering af drivhusgasser i atmosfæren

Biomasse er en del af energimixet i langt hovedparten af scenarierne for stabilisering af drivhusgasser. I AR4 hedder det således: "Mitigation generally means significantly less coal, somewhat less natural gas and consistently more nuclear and biomass" (IPCC, 2007). Det fremgår ligeledes af en tilsvarende gennemgang i IPCC-regi fra 2011.



Figur 41. Anvendelse af bioenergi i diverse scenarier for stabilisering drivhusgasser i 2050. Kilde: Chum et al, 2011. Note: Medianværdi for scenarier angivet med sort streg.

Det fremgår af figur 41, at de scenarier med det laveste niveau for stabilisering af drivhusgasser i 2050 (<440 ppm) anvender mest bioenergi. I en række scenarier antages endvidere, at biomasse anvendes i kombination med CCS (carbon capture and storage).

## Betydningen af timing af emissioner

Generelt gælder det, at reduktioner, der udskydes, vil forcere omfanget af den efterfølgende reduktionsindsats, hvis samme målsætning i forhold til timing af stabiliseringen fastholdes. På den baggrund gælder det, at reduktionsindsatsen bør intensiveres snarest muligt og udledningerne peake inden for få år. Dette er nødvendigt for at kunne håndtere den samlede globale reduktionsindsats på en måde, der er praktisk og teknisk gennemførlig og mest mulig omkostningseffektiv i forhold til investeringer i infrastruktur med lang levetid m.v. og for ikke at være afhængige af fremtidige fundamentale teknologiske nybrud inden for energiproduktion m.v. (Bentsen og Stubak, KU, 2013).

For så vidt angår den konkrete fysiske betydning for den globale opvarmning, i forhold til hvilken sti der følges mod et givent stabiliseringsniveau, er der delte meninger. På den ene side argumenteres således for, at det alene er niveauet på stabiliserings-tidspunktet, der er afgørende (den akkumulerede mængde), mens den konkrete sti derhen ingen effekt har i sig selv. På den anden side argumenteres – ofte med udgangspunkt i antagelser om risikoen for tipping points – for, at en hastig akkumulering af drivhusgasser kan øge temperaturen hurtigt og derved igangsætte en række potentielle risikofyldte kædereaktioner. På nuværende tidspunkt er den overordnede sammenhæng mellem niveauet af drivhusgasser på stabiliseringstidspunktet bedre dokumenteret end tesen om tipping point. Men omvendt er tipping points potentielt meget risikofyldte (Bentsen og Stubak, KU, 2013).

Diskussionen er central for anvendelse af bioenergi. Med udgangspunkt i tesen om tipping points kan således argumenteres for, at der alene bør anvendes biomasse, som ellers ville være blevet tilført atmosfæren inden for en relativ kort tidshorisont. Omvendt kan der ud fra en tilgang, der alene fokuserer på akkumulering, accepteres større indledende frigørelser af kulstof.

## 8.2 Biodiversitet og plantesundhed

Hensyn til biodiversitet er et vigtigt element i en bæredygtig produktion af biomasse. Produktion af biomasse kan have både negative og positive effekter på biodiversiteten. Effekten på det enkelte areal vil således afhænge af, hvilken biomasseafgrøde der plantes eller sås på arealet, og hvilken afgrøde eller anden vegetation, biomasseafgrøden erstatter. Hvis man f.eks. omlægger et intensivt drevet landbrugsareal til en mere ekstensivt dyrket biomasseafgrøde kan det få en positiv effekt på biodiversiteten. Omvendt vil en omlægning til en mere effektiv biomasseproduktion typisk betyde, at der skal etableres plantemonokulturer, som i mange tilfælde konkurrerer arealmæssigt med mere naturlige natur- og skovarealer. En sådan omlægning, f.eks. i form af tilplantning af marginale landbrugsjorde med energipil, kan have en negativ effekt på biodiversiteten. Hertil kommer, at brug af pesticider og evt. gødning i de første år i energimasseproduktionen påvirker biodiversiteten negativt.

Herudover kan der være plantesundhedsmæssige risici ved øget import af træprodukter til produktion af bioenergi og biobaserede produkter. I de seneste ti år er der observeret en stigning i sager om planteskadegørere i skovbrug og landskabsplanter i Danmark. Træ til energiproduktion er ofte af lav kvalitet. Der er ofte tale om rydningstræ, herunder træ, som er fældet grundet mistrivsel og træ, som kan være befængt med sygdomme eller skadedyrangreb.

## 8.3 Påvirkning af vandmiljøet

Ligesom det var tilfældet med effekterne på biodiversiteten, så vil effekterne på vandmiljøet af en øget biomasseproduktion afhænge af valget af biomasseafgrøder og af, hvilke afgrøder eller anden vegetation som biomasseafgrøderne erstatter.

En øget biomasseproduktion kan have negative konsekvenser for vandmiljøet afhængig af, hvilke arealtyper der anvendes til biomasseproduktion, hvilke hjælpestoffer der anvendes i biomasseproduktionen, og hvilken produktion der tidligere har fundet sted på arealet.

I en dansk kontekst fremføres det i den tidligere nævnte +10 mio. tons-plan, at miljøet kan forbedres ved at øge udnyttelsen af biomasse, eksempelvis kan der forekomme reduceret udvaskning af nitrat fra landbrugsarealerne. Som en del af +10 mio. tons-planen er der gennemført beregninger, der viser, at gennemførelsen af de tre forskellige scenarier for øget biomasseudnyttelse i landbruget kan reducere nitratudvaskningen fra afgrøderne med mellem syv og 23.000 tons kvælstof årligt. I miljøscenariet opnås den største andel af udvaskningsreduktionen ved omlægning til mere miljøvenlige dyrkningssystemer (flerårige afgrøder, flere efterafgrøder, øget skovrejsning).

#### **8.4 Fødevarerforsyningsikkerhed**

Arealet er en begrænset ressource som kan anvendes til flere forskellige formål, så som natur, byer og veje, fødevarer, foder, bioenergi osv. Der er således potentielle konflikter, men også mulige synergier forbundet med anvendelsen af jordressourcerne. (jf. Fødevareministeriets rapport om samspillet mellem fødevarer, foder og bioenergi, 2008). En af disse potentielle konflikter er, om en øget bioenergiproduktion kan true fødevarerforsyningsikkerheden.

Et voksende marked for fødevarer, der anvendes til non-food formål som f.eks. energiproduktion, kan således udgøre en trussel mod den fremtidige fødevarerforsyningsikkerhed i form af stigende fødevarerpriser. Spørgsmålet om hvordan man sikrer fødevarerforsyningsikkerheden, skal derfor tages alvorligt, når man diskuterer, hvordan man sikrer en bæredygtig anvendelse af biomasse til energiformål fremadrettet.

Hvorvidt bioenergiproduktion udgør en trussel mod fødevarerforsyningsikkerheden afhænger i høj grad af to faktorer: 1) hvilke råmaterialer man anvender til at producere bioenergien og 2) hvordan man fremskaffer de materialer, som bioenergien produceres på baggrund af.

Produktionen af bioenergi kan for alvor true fødevarerforsyningsikkerheden, når produktionen foregår på basis af fødevarer.

Hvis bioenergien derimod produceres på basis af landbrugets rest- og biprodukter, som halm og husdyrgødning samt husholdningsaffald, vurderes det muligt at fastholde fødevarerforsyningen og levere bioenergi på samme tid.

En anden udvikling, der potentielt – og alt andet lige – kan levere biomasse til non-food formål uden at belaste fødevarerforsyningsikkerheden, er, hvis der skiftes fra nuværende landbrugsafgrøder til afgrøder med et højere udbytte, og en andel af udbyttet udnyttes til foder, mens en anden andel anvendes til non-food. Den højere totale biomasseproduktion kan altså sikre tilstrækkelige ressourcer til både at

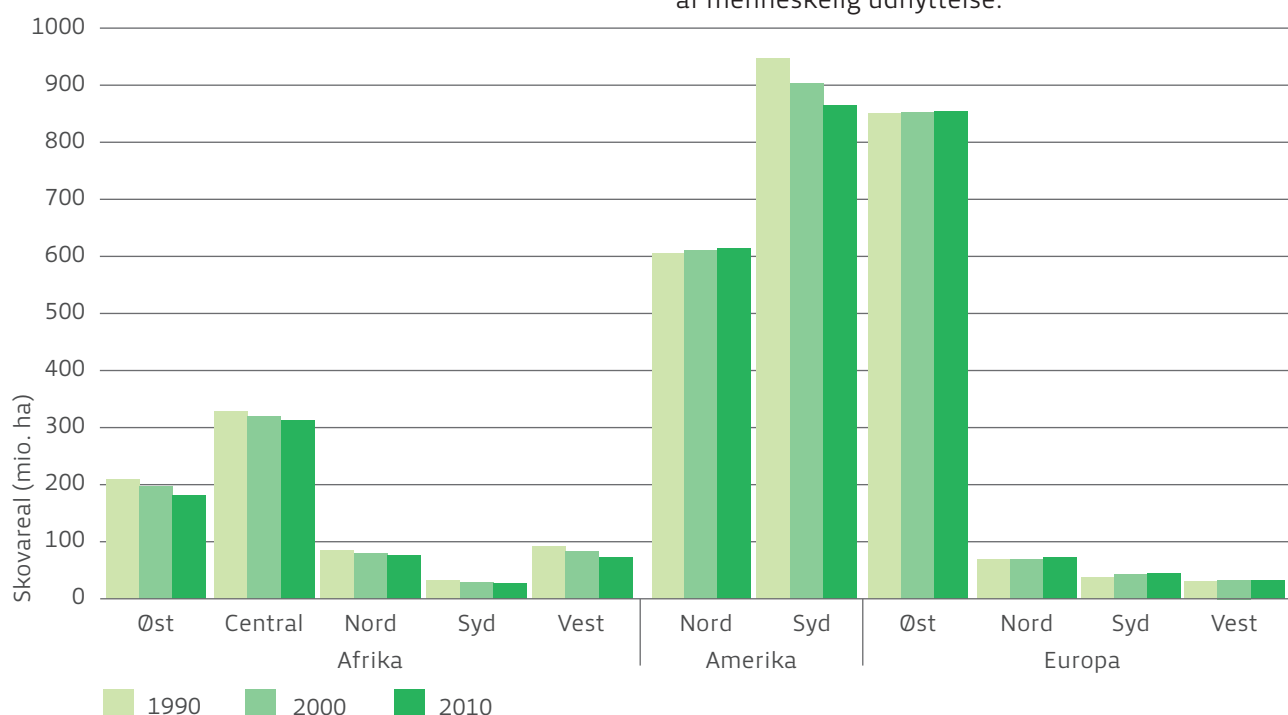
fastholde fødevarerforsyningen og levere non-food produkter. Størst udbytte kan opnås ved høst af grønne afgrøder (f.eks. roer med top eller græsser) i stedet for tørre afgrøder, der har brugt en del af vækstsæsonen på at modne (korn) eller vedafgrøder, der smider en del af biomassen (bladene) inden høst (pil). Denne mulighed er dog endnu ikke realiserbar i kommerciel skala, da grønne bioraffinaderier, der kan udvinde bl.a. foderprotein af biomassen, endnu kun findes i pilotskala.

Der kan endog være bioenergiproduktion, som kan bidrage til reduceret arealforbrug og derved øge mulighederne for fødevarerproduktion. Det vil være tilfældet ved udnyttelse af halm eller andre råvarer der ikke i dag har en foder eller fødevareranvendelse, hvis biprodukter som f.eks. C5-melasse fra etanolproduktion udnyttes til foder.

## 8.5 Problemstillinger vedrørende bæredygtighed knyttet til forskellige typer af biomasse, der anvendes til energi og transport

### Træ

Afskovning og forarmelse af skove har ført til betydelig udledning af drivhusgasser og har en række andre negative miljømæssige konsekvenser, herunder truet biodiversitet. I løbet af 00'erne er ca. 13 millioner hektar skov gået tabt årligt på grund af menneskelige indgreb eller af naturlige årsager (f.eks. brand, storm, insektskader). Dette var en nedgang i forhold til skovtabet i 1990'erne, som blev skønnet til 16 millioner ha årligt. Det globale skovtab på 13 millioner ha årligt i 00'erne, som i det væsentligste fandt sted i tropiske områder, blev modsvaret af en vækst i skovarealerne som følge af tilplantning og naturlig tilgroning på knap 8 millioner ha årligt, primært på den nordlige halvkugle, svarende til et globalt nettotab af skov på 5,2 millioner ha årligt i 00'erne. Tabet af "primær skov" blev opgjort til godt 4 millioner ha årligt i samme periode, dels som virkning af direkte afskovning, dels som følge af, at oprindelig primær skov (dvs. naturlig skov, som er overvejende upåvirket af mennesker) rykkede ind i andre arealkategorier som følge af menneskelig udnyttelse.

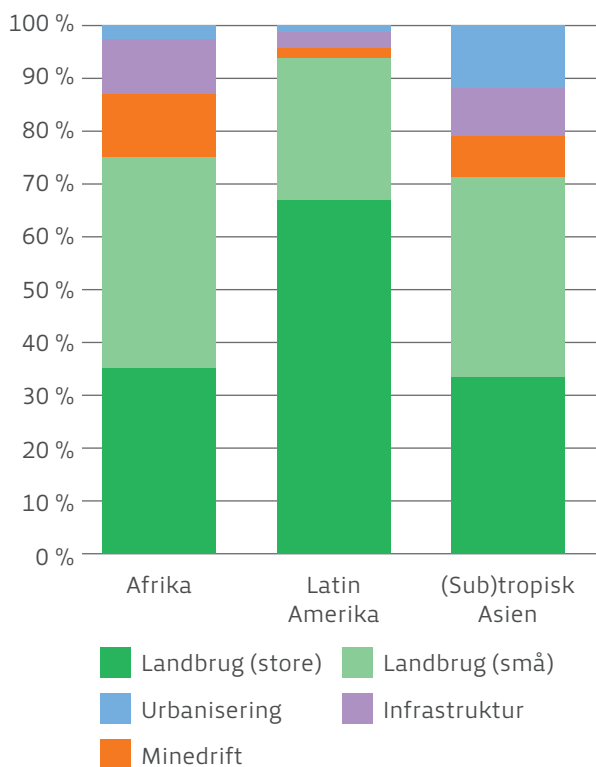


Figur 42. Udvikling skovareal 1990-2010. Kilde: Bentsen og Stubak, 2013.

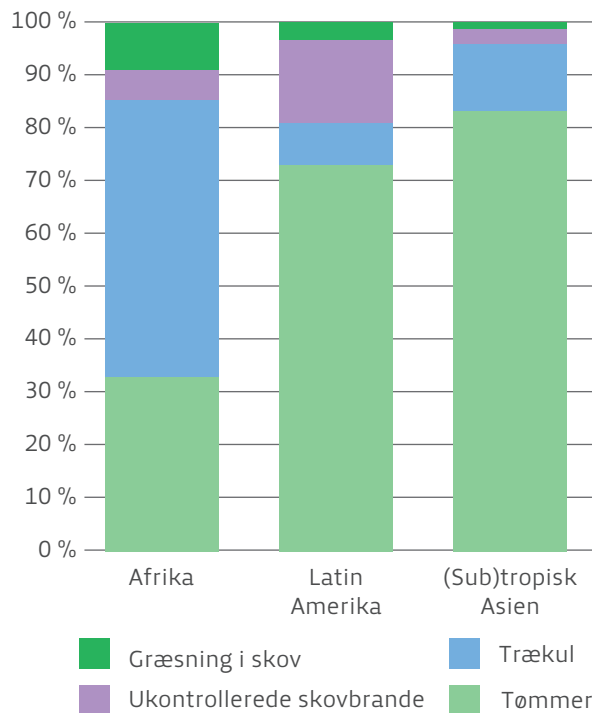
De konkrete aktiviteter, der udløser afskovning varierer, men er umiddelbart især knyttet til udvidelse af landbrugsarealer til afgrøder og dyrehold, mens

forarmelse af skove især sker som led i produktion af tømmer og "traditionel" udnyttelse af skov til madlavning og opvarmning etc., jf. figur 43.

### Skovrydning



### Forarmelse af skov



Figur 43. Umiddelbare årsager til skovrydning og forarmelse af skove 2000-2010. Kilde: Bentsen og Stubak, 2013.

De umiddelbare årsager til hhv. afskovning og forarmelse varierer mellem regioner. Generelt er afskovning forårsaget af kommercielt landbrug i Latinamerika, mens subsistenslandbrug er en lige så væsentlig kilde i Afrika og Asien. For så vidt angår forarmelse af skove er kommerciel tømmerproduktion den primære årsag i Latinamerika og Asien, mens traditionel anvendelse af biomasse til energi og produktion af trækul er den væsentligste årsag i Afrika.

De bagvedliggende årsager til afskovning og forarmelse af skove er mere komplekse og oftest et samspil mellem en række faktorer, hvor efterspørgsel efter træ til energi og transport kan være en blandt flere årsager.

## Drivhusgasudledning

Globalt har produktion af både industrielt træ og træbrændsel været stigende i det sidste halve århundrede. Handlen med træbrændsler er i stigende grad global. Den internationale handel med træbrændsler er steget med mere end en faktor seks fra 2000 til 2010. Men handlen med træbrændsel er stadig betydeligt mindre end handlen med industrielt træ.

Kommercielt handlede træbrændsler har typisk været fremstillet af industrielt affald (savsmuld og spåner), hugstaffald, tyndingstræ eller træ af lav kvalitet.

Træbrændsler kan også være produceret på baggrund af intensiveret høst og med anvendelse af større dele af høsten til energi. Herudover kan træbrændsler være fra dedikerede energiplantager, der enten er oprettet ved at konvertere eksisterende skove eller ved at inddrage anden jord.

Generelt vurderes anvendelse af industrielle rester, tyndingstræ og sygsdomsramt træ samt hugstresten ikke at være forbundet med risici i forhold til nedbringelse af kulstoflagre. Anvendelse af hugstresten fra boreale områder kan dog betyde en fremrykning af udledninger, der ellers kun ville komme inden for en relativ lang tidshorizont.

For så vidt angår anvendelse af træ af højere kvalitet og flere fraktioner af høsten kan der være risici forbundet hermed, men dette beror på en konkret vurdering af typen af skovdrift (i nogle områder har man f.eks. formået både at øge hugst og kulstoflagre, jf. tabel 16 nedenfor), arealanvendelsen (f.eks. skovrydning eller opdyrkning af marginaljord, græsland eller savanne) samt klimazone (omdriftshastighed).

Disse faktorer og eventuelle indirekte effekter gennemgås nøjere i kapitel 9.

## Biodiversitet

De umiddelbart største risici i forhold til biodiversitet er forbundet med skovrydning med henblik på etablering af plantager på disse områder samt ved etablering af tømmer- og energitræsproduktion i nye skovområder.

Også indførslen af mere plantageagtige driftssystemer i eksisterende skove samt markant forøget udnyttelse af dødt ved m.v. kunne kolliderer med ønsker om naturnær skovdrift og øget biodiversitet.

I skovene er store gamle træer og dødt ved meget vigtigt for biodiversiteten, idet mange rødlistede arter er tilknyttet skovens store gamle træer og det døde ved på skovbunden. Danmark har i forhold til øvrige lande i Europa generelt meget få store gamle træer og meget lidt dødt ved i skovene. En øget udnyttelse af træ kan derfor have en negativ indvirkning på biodiversiteten.

## Øvrige miljøpåvirkninger

Træbrændsler fra dedikerede energiplantager kan produceres med input af en række hjælpestoffer som gødning, pesticider, kunstvanding m.m. Sådanne dyrkningssystemer vil typisk være mindre diverse og kan potentielt have større konsekvenser for jord og vand, men de kan også have fordele i forhold til landbrug, for eksempel i områder, hvor vandkvaliteten er lav på grund af nitratudvaskning.

I eksisterende skove er der store forskelle mht., hvorvidt der bruges kunstgødning og pesticider. Hvorvidt brugen har negative konsekvenser i forhold til miljøet afhænger af den konkrete praksis.



## Regionale udfordringer

### Bæredygtighed og import af træ

Tabel 17 opsummerer udviklingen i skovareal og produktion i udvalgte regioner i verden. Europa har generelt stigende eller stabile skovarealer samt en stabil hugst af tømmer og energitræ.

Kontinent	Region	Skovområde		Kulstoflager		Udtag af træ			
		1990-2000	2000-2010	1990-2000	2000-2010	Tømmer m.v. 1990-2000	Tømmer m.v. 2000-2010	Energitræ 1990-2000	Energitræ 2000-2010
Afrika	Øst	Orange	Orange	Orange	Orange	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
	Central	Blå	Blå	Blå	Blå	Grøn	Orange	Grøn	Grøn
	Nordlige	Orange	Blå	Orange	Blå	Grøn	Grøn	Blå	Grøn
	Sydlig	Orange	Orange	Blå	Blå	Blå	Grøn	Blå	Blå
	Vestlige	Orange	Orange	Orange	Orange	Grøn	Orange	Grøn	Grøn
Amerika	Nordlig	Blå	Blå	Blå	Blå	Blå	Blå	Orange	Blå
	Sydlig	Blå	Blå	Blå	Blå	Orange	Grøn	Orange	Blå
Europa	Østlig	Blå	Blå	Blå	Blå	Orange	Grøn	Orange	Grøn
	Nordlig	Blå	Blå	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
	Sydlig	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Blå	Grøn	Grøn	Grøn
	Vestlig	Blå	Blå	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Blå	Grøn

- Gennemsnitlig årlig ændring under -0,5 %
- Gennemsnitlig årlig ændring mellem -0,5 og +0,5 %
- Gennemsnitlig årlig ændring over +0,5 %

Tabel 17. Udvikling i kulstoflagre m.v. i udvalgte regioner. Kilde: Bentsen og Stubak, 2013.

For så vidt angår træ fra danske skove var den samlede vedmasse i 113,3 mio. m<sup>3</sup> i 2003-2007, mens den på baggrund af målingerne i 2008-2012 var 125,2 mio. m<sup>3</sup>. I perioden er vedmassen forøget med 11,9 mio. m<sup>3</sup>, eller 2,4 mio. m<sup>3</sup>/år. Opbygningen af vedmasse skyldes formentlig, at der til stadighed foretages en del skovrejsning, men kan også forklares ved skævheder i aldersklassfordelingen for visse træarter.

I perioden 2003-2011 er der sket en svag stigning i den samlede danske hugst. Den gennemsnitlige hugst i perioden var 2,4 mio. m<sup>3</sup>. Umiddelbart er der ikke de store udsving i forhold til hugsten i 1980'erne og 1990'erne. Dette dækker over, at der er sket en stigning i hugsten af energitræ, som delvist opvejer faldet i hugst af gavntræ. Årsagen til dette skifte vurderes primært at være de lave priser på løvtræ, nye krav til gavntræ og en kraftig

reduktion af den danske træindustri. Det har bl.a. betydet, at der er en stor mængde af hugstmodent løvtræ, der endnu står i skovene og afventer bedre priser, før det bliver hugget. Man har ikke de samme muligheder for opsparing i nåletræ. Udviklingen i hugsten fra danske skove og baggrunden herfor gennemgås i bilag 5.

Sikring af bæredygtig import af træ til energi kræver viden, information og indsigt på mange områder, såsom drivhusgasemissioner, bæredygtig skovforvaltning, biodiversitet og regulering.

Det er sandsynligvis muligt at importere såvel bæredygtig som ikke bæredygtig træbiomasse fra alle regioner i verden, men at sikre bæredygtigheden af en bestemt forsyningskæde, der involverer lande eller regioner med høj risiko for, at biomasseproduktion ikke er bæredygtig, kræver omhyggelig indsamling af oplysninger om, hvor og hvordan biomassen er høstet, og i hvilke økonomiske og samfundsmæssige rammer høst og forarbejdning finder sted. Der kræves formentlig også samarbejde med lokale organisationer og/eller myndigheder og måske endda lokal tilstedeværelse. Anerkendte certificeringsordninger kan være nyttige i denne henseende, men er ingen garanti og heller ikke altid en mulighed. Herudover kan evt. indirekte effekter af forbrug af træ forekomme uafhængig af, hvilken region der importeres fra.

Tabel 18 opsummerer muligheder og udfordringer i relation til import af træ fra en række regioner. Selv i lande med veludviklet skovbrugspraksis, uden omfattende konvertering af skov, med omfattende overvågningssystemer, gode juridiske rammer m.m. er det stadig en udfordring løbende at undersøge og overvåge virkningerne af forskellige praksis på jordbundsforhold, kulstoflagre, biodiversitet og vand med henblik på at opbygge mere viden om, hvordan dette udvikler sig.

På kort sigt forventes de primære importlande til Danmark også at være de primære fremtidige importlande. Dvs. de baltiske stater, Rusland, Polen, Tyskland, Sverige, Portugal og Spanien.

Det forventes endvidere, at der vil være voksende import fra områder uden for Europa, herunder især USA og Canada. Det forventes især, at udviklingen af en større kapacitet til træpilleproduktion i det sydøstlige USA og de østlige canadiske delstater vil skabe øgede importmuligheder fra disse regioner. De samme gør sig gældende for Sydamerika især Brasilien og Vestafrika (Ghana, Liberia og Elfenbenskysten).

Der vil fra hovedparten af disse regioner kunne købes træpiller og træflis baseret på forskellige typer af restprodukter og tyndingstræ samt fra miljøoptimeret skovdrift, men der vil også være mulighed for at indkøbe træ baseret på konvertering af skove til decideret energitræsproduktion.

## Bioenergi

Region	Muligheder	Udfordringer
Nordeuropa	Skovareal vokser Høj grad af 3.parts certificering God lovgivningsmæssig beskyttelse. Retningslinjer for bæredygtig høst af biomasse	Høj udnyttelsesgrad Vedvarende monitorering af miljøpåvirkning
Baltikum	Skovareal vokser God lovgivningsmæssig beskyttelse. God lovgivningsmæssig beskyttelse	Mellem grad af 3.parts certificering Monitorering af miljøpåvirkning
Vesteuropa	Skovareal vokser Høj til mellem grad af 3.parts certificering. God lovgivningsmæssig beskyttelse	Stigende udnyttelsesgrad. Mellem til høj grad af 3.parts certificering Monitorering af miljøpåvirkning
Østeuropa	God lovgivningsmæssig beskyttelse	Lav til høj grad af 3.parts certificering Monitorering af miljøpåvirkning Korruption i et vist omfang
Sydeuropa	Lav udnyttelsesgrad i de fleste områder	Lav grad af 3.parts certificering i fleste områder Monitorering af miljøpåvirkning
Rusland	Stor ressourcebase	Meget lav grad af 3.parts certificering. Illegal skovhugst og eksport. Korruption. Monitorering af miljøpåvirkning
Canada	Stor ressourcebase Høj grad af 3.parts certificering God lovgivningsmæssig beskyttelse	Divergerende definitioner af primærskov Svagt faldende skovareal Monitorering af miljøpåvirkning
USA	Stor ressourcebase Skovareal vokser God lovgivningsmæssig beskyttelse God beskyttelse af vandmiljø Retningslinjer for bæredygtig høst af biomasse i mange stater	Lav til mellem grad af 3.parts certificering Ejerskabsstruktur Beskyttelse af vandmiljø Beskyttelse biodiversitet især i det sydøstlige USA Monitorering af miljøpåvirkning
Sydamerika	Stor ressourcebase Forbedret lovgivningsmæssig beskyttelse og håndhævelse	Faldende skovareal. Illegal skovhugst Meget lav grad af 3.parts certificering Korruption og manglende kontrol og håndhævelse. Uklare ejerforhold Monitorering af miljøpåvirkning
Vestafrika	Stort produktionspotentiale	Ressourcebase ikke kortlagt. Faldende skovareal. Primært meget lav grad af 3.parts certificering. Stor indkomst- og befolkningstilvækst. Øget lokal efterspørgsel efter biomasse. Illegal skovhugst. Korruption og manglende kontrol og håndhævelse. Svage institutioner og regulering. Uklare ejerforhold Monitorering af miljøpåvirkning

Tabel 18. Bæredygtighedsudfordringer i forskellige regioner.  
Kilde: Bentsen og Stubak, 2013.



## Sukkerrør, soyabønner og palmeolie

### Drivhusgasudledning

Dyrkningen af sukkerrør, soya, bønner og palmeolie med henblik på biobrændstofproduktion kan rumme alvorlige risici i forhold til nedbringelse af kulstoflagre og skovrydning.

Et eksempel på dette er dyrkningen af soyabønner i Brasilien som i stort omfang har fundet sted på baggrund af skovrydning. For eksempel blev 70 pct. af den ryddede skov i 2001 i Brasilien ryddet for at skaffe plads til dyrkningen af soyabønner. Studier tyder dog på, at denne tendens er aftagende. Produktionen af palmeolie i Indonesien og Malaysia er herudover en signifikant drivkraft bag afskovningen i disse lande. Estimer angiver, at mellem 55 og 80 pct. af udvidelsen af palmeolieproduktionen i Indonesien og Malaysia fra 2005-2008 er sket igennem skovrydning.

Der er da også et sammenfald mellem stigningen i palmeolieplantagearealet og faldet i skovarealet.

Herudover kan der være en række indirekte effekter med indflydelse på drivhusgasudledningen knyttet til anvendelsen af disse typer af biomasse til energi og transport. Disse gennemgås i kapitel 9.

### Biodiversitet

Også i forhold til biodiversitet er den nævnte skovrydning især de tropiske egne problematiske. Dette skyldes, at tropiske skove er kendetegnet ved høj biodiversitet, samt at de opdyrkede arealer ofte har en meget lavere biodiversitet.

Dyrkningen af soyabønner i Brasilien har derudover i høj grad fundet sted på den såkaldte cerrado, som er en brasiliansk savannetype. Cerrado'en er kendetegnet ved en høj biodiversitet, som er blevet påvirket negativt som følge af denne dyrkning (Fearnside 2001).

## Andre miljøkonsekvenser

Produktionen af sukkerrør i Brasilien er ofte forbundet med forringelser af luftkvaliteten lokalt, da marker ofte 'brændes' inden høst for at reducere skadedyr med dertilhørende partikel og aerosolforurening. Denne praksis forventes dog elimineret på længere sigt (Goldemberg et al., 2008). Derudover leder produktionen af sukkerrør i Brasilien til øget erosion på grund af dyrkningsformen, hvor den bare jord er blottet i perioder på op til 5-6 måneder.

Endelig leder produktionen af palmeolie til produktionen af store mængder af spildevand fra palmeoliemøller. Ved produktionen af palmeolie i Indonesien og Malaysia er der ofte ikke installeret rensning eller anden brug af dette spildevand. Dette medfører reduktion af iltindhold i floder og vandløb, som modtager spildevandet med dertil hørende problemer for vandmiljøet.

I det følgende vurderes alene udfordringer forbundet med den miljømæssige bæredygtighed af en række typer biomasse, når disse er dansk producerede.

### Halm

Halm betragtes som et af landbrugets rest/ biprodukter. I dag anvendes den bjergede halm til energiproduktion (49 pct.), til foder (32pct.) og som strøelse (19pct.).

### Drivhusgasudledning

Fjernelse af halm fra markerne reducerer jordens kulstofindhold. Vurderet over en 20-årig periode vil ca. 15 pct. af det tilførte kulstof i halm blive ophobet i normalt dyrket jord.

### **Kvælstofudvaskning**

Udnyttelse af halm forventes ikke at ændre væsentligt på kvælstofudvaskningen fra landbrugsjorden. Udnyttelse af halm betyder, at der fjernes lidt mere fosfor fra arealet end, hvis halmen nedmuldes, hvilket kan medvirke til at reducere fosforoverskuddet på husdyrgødede kornarealer.

### **Jordkvalitet**

Fjernelse af halm og husdyrgødning til bioenergi-formål, frem for nedmuldning i jorden, mindsker fødegrundlaget for jordens mikroorganismer. Dette kan medføre nedgang i jordens mikrobielle aktivitet og diversitet såfremt, der ikke kompenseres gennem dyrkningsmæssige tiltag, som tilfører jorden let omsætteligt organisk stof.

### **Pesticider**

Halmfjernelse kan mindske frekvensen af kornsygdomme, mens hvis det organiske stofindhold i jorden bliver kritisk lavt på længere sigt som følge af omfattende energiudnyttelse af halm og husdyrgødning i græsfattige sædskifter, kan dyrkningssikkerheden reduceres med et stigende pesticidbehov til følge.

### **Husdyrgødning**

Husdyrgødning betragtes som et af landbrugets restprodukter. I dag anvendes ca. 7-8 pct. af al dansk husdyrgødning i biogasanlæg.

### **Drivhusgasudledning**

Ved udnyttelse af husdyrgødning til biogas sker der en omsætning af det organiske stof, hvorved der tilbageføres mindre kulstof til jorden sammenlignet med ubehandlet husdyrgødning. Dette kan potentielt reducere jordens kulstofpulje. Reduktionen er dog begrænset, da det organiske stof, der tilbageføres til jorden med den afgassede gylle er mere stabilt end organisk stof fra ikke-afgasset gylle.

Ved afgasning af gylle kan der ske en reduktion i metantabet fra gyllelagre og en reduceret lattergasemission ved gødskning med afgasset gylle.

### **Jordkvalitet**

Bioafgasning mindsker tilbageføringen af letomsætteligt kulstof til jorden, men tilbagefører tungtomsætteligt kulstof, der efterfølgende vil blive nedbrudt over en årrække.

### **Effekter på udvaskning af kvælstof og tab af fosfor**

Husdyrgødning er en kilde til nitratudvaskning fra landbruget. Dette bidrag kan reduceres ved at udnytte det organiske stof i gyllen til energi, hvorved en større andel af det organisk bundne kvælstof bliver omdannet til en mere plantetilgængelig form, således at planternes udnyttelse af kvælstof fra den afgassede biomasse bliver næsten ligeså effektiv som udnyttelsen af handelsgødning. Dermed kan landmanden opnå et højere høstudbytte og samtidig mindske nitratudvaskningen. Dette skyldes, at en større del af kvælstoffet bliver optaget af planterne i vækstsæsonen, og der dermed er mindre tilbage i jorden, som kan mineraliseres og udvaskes i løbet af kommende efterår og vintre (Jørgensen et al, 2008). Denne betragtning forudsætter, at den samlede mængde kvælstof der tilføres bedriften, er konstant.

Med de nuværende gødskningsregler, hvor afgasset gylle har samme krav til udnyttelse som almindelig gylle, har landmanden imidlertid i nogle tilfælde mulighed for at tilføre mere kvælstof til en mark med afgasset gylle end med ikke-afgasset gylle. Dette kan gøre, at afgasningens reducerende virkning på udvaskningen elimineres lokalt.

På en del biogasanlæg separeres den afgassede gylle. Efter separering består gyllen af to fraktioner: en væskefraktion og en fiberfraktion.

I væskefraktionen øges udnyttelsen og i fiberfraktionen reduceres udnyttelsen. Lokalt kan dette medføre øget kvælstofudvaskning til vandmiljøet, men set i det store perspektiv vil udvaskningen formentlig være uændret.

Tab af fosfor til vandmiljøet er bl.a. influeret af fosforophobning i jorden, og øget fosforophobning medfører øget risiko for tab til vandmiljøet på lang sigt. Afgasningen i sig selv kan ikke forventes at have effekt på hverken ophobning eller tab af fosfor.

Men i forbindelse med afgasning tilføres der ofte produkter med et relativt højt fosforindhold, f.eks. i form af fast husdyrgødning og fiberfraktioner. Det medfører en opkoncentrering af fosfor i den afgassede gødning og dermed på de arealer, hvor gødningen udbringes, hvis ikke der efterfølgende sker en separering af den afgassede gødning, og fiberfraktionen afsættes til andre arealer. Separering af den afgassede gødning sker på en del biogasanlæg, men omfanget er usikkert.

## Naturlignende græsarealer (f.eks. engarealer)

### Drivhusgasudledninger

Drænede organiske jorde i Danmark har som udgangspunkt en meget stor drivhusgasemission, idet det organiske materiale i jorden nedbrydes som følge af ilttilgang ved dræning. Denne emission undgås bedst ved at ophøre dræning af arealerne, således at arealerne oversvømmes, og ilttilgang stopper. Hvis ikke dræning stoppes, kan vedvarende græsarealer høstes til f.eks. biogasanvendelse.

### Biodiversitet

Bæredygtig biomassehøst fra naturarealer forudsætter, at denne høst baseres på klare retningslinjer, som afhænger af og udformes med reference til arealernes kortlagte naturindhold.

På lysåbne naturarealer bør biomassehøst undlades på arealer med en rig forekomst af sårbare og sjældne arter eller strukturer, der indikerer lang græsningskontinuitet og/eller følsomhed overfor maskinel pleje. Biomassehøst kan med fordel udføres på arealer, der er tydeligt påvirket af omlægning, afvanding og næringsbelastning. Her kan høslæt medvirke til at fjerne næringsstoffer fra arealer og øge deres værdi som levesteder med høj biodiversitet. Biomassehøst vil dog kun virke positivt på biodiversiteten i lysåbne naturarealer, hvis det foregår uden gødsning, sprøjtning og omlægning.

## Flerårige energiafgrøder

### Biodiversitet

På omdriftsarealer vil flerårige energiafgrøder generelt bidrage til øget biodiversitet – især hvis hjemmehørende træer som pil eller poppel dyrkes ved at bidrage med levesteder, som ellers ikke er til stede.

### Drivhusgasudledninger

Gødsning med kvælstof af energiafgrøder vil medføre lattergasemissioner. Desuden har høst og transport af biomasse en CO<sub>2</sub> omkostning. På den anden side kan dyrkning af flerårige energiafgrøder bidrage til opbygning af jordens kulstofpulje. Herudover kan der produceres brændsel til energiproduktion m.v. Hvis der tages højde for indirekte effekter som ILUC m.v. afhænger den samlede klimaeffekt blandt andet af, hvorvidt der er tale om produktiv landbrugsjord eller marginaljord.

### **Pesticidforbrug**

Vedagtige biomasseafgrøder er (bortset fra etableringsfasen) konkurrencestærke over for ukrudt og har derfor et lavere pesticidbehov. På den anden side er der en risiko for, at der med stigende arealer med nye biomasseafgrøder vil forekomme stigende problemer med sygdomme og skadedyr.

### **Næringsstofftab**

De flerårige afgrøder (f.eks. almindeligt græs eller pil) har et permanent og ofte dybt rodnet, og der er således altid rødder tilstede til at optage kvælstof. Målinger har vist meget lav nitratudvaskning fra pil og elefantgræs og andre flerårige biomasseafgrøder.

### **Roer**

Roer kan yde et stort tørstofudbytte pr. ha, og der er derfor en vis interesse for at anvende roer til biogasproduktion.

### **Biodiversitet**

På omdriftsarealer vil enårige energiafgrøder generelt være neutrale i forhold til den eksisterende arealanvendelse, mens flerårige energiafgrøder generelt vil bidrage til øget biodiversitet i agerlandet.

### **Drivhusgasemissioner**

Roer har et stort tørstofudbytte og dermed et stort energindhold. Hvis der tages højde for indirekte effekter som ILUC m.v. afhænger den samlede klimaeffekt blandt andet af, hvorvidt der er tale om dyrkning af potentiel produktiv landbrugsjord eller marginaljord. Udnyttes roen til foder og kun roetoppen til energiproduktion, antages dette ikke at medføre iLUC.

Kvælstofnormen til fabriksroer er lavere end for korn, således at lattergasemissionen forventes at reduceres svagt i forhold til nuværende kornproduktion. En lidt mindre nitratudvaskning end ved korndyrkning bidrager også til reduceret lattergasemission.

### **Pesticidforbrug**

Ifølge bekæmpelsesmiddelstatistikken er behandlingshyppigheden for roer på niveau med det gennemsnitlige forbrug. Giftigheden af midler brugt i roer er dog lidt højere end i landbruget i gennemsnit.

### **Majs**

#### **Biodiversitet**

På omdriftsarealer vil enårige energiafgrøder generelt være neutrale i forhold til den eksisterende arealanvendelse, mens flerårige energiafgrøder generelt vil bidrage til øget biodiversitet i agerlandet.

#### **Drivhusgasemissioner**

Kvælstofnormen til ensilagemajs er på niveau med normen til vintersæd, således at lattergasemissionen ikke forventes ændret i forhold til nuværende kornproduktion. De fleste målinger af nitratudvaskning fra majs har dog vist høj nitratudvaskning, hvilket delvist skyldes, at majs ofte indgår i græs- og husdyrgødningsrige sædskifter på kvægbrug. En formentlig lidt større nitratudvaskning end ved korndyrkning bidrager til en let øget lattergasemission. Endelig formodes kulstoflagringen i jorden at være stort set uændret i forhold til et kornsædskifte med halmfjernelse, hvis biomassen udnyttes til biogas, hvor en delmængde returneres til dyrkningsjorden. Drivhusgasemissionerne knyttet til disse parametre er således næppe forskellige fra et traditionelt kornsædskifte, men er højere end fra flerårige afgrøder.

Hvis der tages højde for indirekte effekter som ILUC m.v., afhænger den samlede klimaeffekt blandt andet af, hvorvidt der er tale om dyrkning af potentiel produktiv landbrugsjord eller marginaljord

#### **Pesticidforbrug**

Ifølge bekæmpelsesmiddelstatistikken var behandlingshyppigheden i majs på 1,12 i 2011, hvilket er



lavere end det gennemsnitlige forbrug (3,18) og forbruget i vintersæd (3,00). Giftigheden af midler brugt i majs afspejles i pesticidbelastningsindekset, der var på 0,63 i majs og dermed betydeligt lavere end i landbruget i gennemsnit (3,17).

### **Næringsstofftab**

De fleste målinger af nitratudvaskning fra majs har vist høj nitratudvaskning, hvilket delvist skyldes, at majs ofte indgår i græs- og husdyrgødningsrige sædskifter på kvægbrug. Nye resultater fra planteavlssædskifter tyder dog også på en lidt højere nitratudvaskning end fra korndyrkning. Desuden er etablering af efterafgrøder i majs vanskelig (Kristensen, 2011).

### **Affald**

Generelt gælder det, at genanvendelse frem for forbrænding samlet vurderes at have en bedre klimaeffekt, da der spares energi ved at recirkulere de materialer, som kan hentes ud af affaldet i stedet for at brænde det. "Regnestykkets facit" afhænger dog af, hvilket brændsel eller energiform, der erstatter det affald, der skulle være anvendt til energi. Herudover er organisk affald et værdifuldt tilskud i de gyllebaserede biogasanlæg, som forgasser husdyrgødning, da det organiske affald er med til at øge energiproduktion fra biogasanlæggene. Endelig vil en øget indsamling og energiudnyttelse af en række brændbare affaldsfraktioner, som f.eks. haveaffald kunne have en positiv klimaeffekt.



**9.  
Resultater fra  
livscyklusvurdering  
af bioenergi**

## 9.1 Introduktion til livscyklusvurderinger på bioenergiområdet

Et globalt og bindende system til regulering af arealanvendelse som del af en samlet klimaaftale ville sikre, at der ikke blev anvendt bioenergi i et omfang eller på en måde, som var i konflikt med globale klimamål. Enhver formindskelse af kulstoflagre ville blive talt med ved opgørelse af reduktionsforpligtigelse m.v.

I fraværet af en sådan regulering og i en situation som i dag, hvor ændringer i kulstoflagre kun opgøres delvist, kan det være relevant at forholde sig til udledninger forbundet med biomasse til energi i løbet af hele deres livscyklus.

Livscyklusvurderinger er analyser, som igennem en sammenregning af samtlige inputs og outputs fra et givet produkt fra dets udvinding af råmaterialer, over produktion og brug til endelig afskaffelse kan give en samlet vurdering af udledninger af drivhusgasser og andre miljøeffekter forbundet med forskellige typer af bioenergi.

COWI og Syddansk Universitet har udarbejdet en sådan livscyklusvurdering (LCA) for Energistyrelsen (Frier et al., 2014). Analysen er en såkaldt beslutningsorienteret LCA, hvor fokus er på konsekvenserne af introduktionen af en given form for anvendelse af bioenergi i dag eller i et fremtidigt energi- og transportsystem samt på de samlede konsekvenser af et fremtidigt energisystems biomasseforbrug. Tidsmæssigt har analysen derfor fokus på perioderne 2013-2020, 2020-2035 og 2035-2050 samt fra 2050 og frem. Der er alene fokus på drivhusgasudledning.

LCA'ens resultater kan anvendes til at sætte en række forskellige anvendelser af biomasser og størrelser af forbrug af biomasse i relation til hinanden, men er forbundet med så store usikkerheder på en række parametre, at de konkrete værdier skal tages med forbehold.

Herudover kan resultaterne under ingen omstændigheder sammenlignes med de udledninger, lande

anvender i forbindelse med deres nationale drivhusregnskaber. Her anvendes principper om, at alene udledninger, der finder sted i det pågældende land, tæller med. Herudover er udledningerne i de nationale drivhusgasregnskaber sektoropdelt. Dvs. at den udledning, der henføres til energisektoren alene henføres til f.eks. den konkrete afbrænding af kul, men ikke til udledningerne forbundet ved at fragte kullet hen til kraftværket eller med opførslen af selve kraftværket.

I forbindelse med livscyklusvurderinger på bioenergiområdet er nedenstående områder og de metodemæssige valg i forbindelse hermed centrale.

### Ændret arealanvendelse

En central kilde til udledninger relateret til bioenergi er, hvis denne er forbundet med arealændringer. Et eksempel på ændret arealanvendelse er skovrydning med henblik på opdyrkning af land til afgrøder til biobrændstoffer eller etablering af plantage med træ til bioenergi. Herved sker en frigørelse af den mængde kulstof, der var bundet i biomasse og jord. I COWI/SDU's analyse antages ændret arealanvendelse, som en konsekvens af forbruget af bioenergi i Danmark både at kunne finde sted i Danmark (f.eks. omlægning fra landbrugsjord til energiafgrøder) og i udlandet (hvis f.eks. græsland vurderes at blive konverteret til energiplantage som følge af en dansk efterspørgsel).

### Indirekte ændret arealanvendelse (ILUC)

Brugen af bioenergi kan også være forbundet med indirekte ændringer af arealanvendelse. Hvis et områdes omlægning til bioenergi (f.eks. energiafgrøder eller en plantage) mindsker landbrugsarealet, kan det pga. efterspørgslen efter landbrugsprodukter gøre det attraktivt at øge landbrugsarealet et andet sted – f.eks. gennem skovrydning. I COWI/SDU's analyse anvendes en såkaldt deterministisk tilgang til ILUC, hvor udtagning af landbrugsjord til bioenergiproduktion antages at udløse både øget intensivering og konvertering til landbrugsjord. Tilgangen er uddybet i baggrundsrapporten.

### **Arealanvendelse**

Herudover kan brugen af bioenergi være forbundet med udledninger af drivhusgasser i forbindelse med arealanvendelse. I forbindelse med etårige afgrøder er udledningerne forbundet med selve anvendelsen – dvs. uden at tage højde for eventuelle indirekte effekter – relativt beskedne, da optaget er sket over en kort tidsperiode.

For så vidt angår biomasse med længere levetid, kan der være ganske betragtelige udledninger forbundet med arealanvendelse. Problemstillingerne er primært knyttet til anvendelsen af træ fra skove til energi. Generelt gælder det, at udledningerne vokser i takt med andelen af biomasse i en given skov, der udnyttes til energi.

Det gælder dog samtidig, at der alene er tale om tidsmæssige forskydninger af udledninger. Før eller siden vil det meste kulstof bundet i en skov atter blive frigjort til atmosfæren. Da der ikke er tale om ændret arealanvendelse, vil skoven efter høst mv. atter begynde at lagre kulstof om end det kan være i mindre omfang end tidligere, hvis der vedvarende gennemføres et intensiveret udtag af biomasse fra skoven.

### **Biomassetyper og klimazoner**

Det er centralt for resultaterne, om der er tale om konvertering af alt træ i en skov eller plantage til energi eller alene tale om tyndingstræ, hugstrestre, affaldstræ og savsmuld etc. I analysen vurderes både tyndingstræ, der antages at dække en række forskellige affalds- og restprodukter, samt det førstnævnte tilfælde, hvor alt træ fra et givent område antages anvendt til energi. Udtag af træ i større mængder alene til energi vurderes ikke at finde sted i forbindelse med bæredygtig og produktiv skovdrift, som den kendes i eksempelvis de større skovproducerende lande i EU, men der er potentielle risici i en række regioner, jf. kapitel 8 og Bentsen og Stubak, KU, 2013.

Klimazonen, hvor den relevante biomasse gror, er central, fordi det afgør væksthastigheden. Tropiske og tempererede zoner har typisk kortere omdriftstider end boreale områder, hvorfor skoven er længere tid om at "genskabe tabt kulstof" i boreale områder.

### **Dyrkning, proces og transport**

Udledninger i forbindelse med dyrkning af biomasse til bioenergi er især relevant i forbindelse med afgrøder, der anvendes til biobrændstoffer. Der kan således være væsentlige udledninger forbundet med anvendelse af gødning i form af dels udledninger forbundet med produktionen af kunstgødning (relativt energikrævende) samt afgivning af lattergas fra gødskede marker.

Det er særligt afgrøder som raps og hvede, der har betydelige udledninger forbundet med anvendelsen af gødning.

Udledningerne forbundet med produktionen af biobrændstoffer kan være ganske omfattende på grund af energiforbruget. I forhold hertil er energiforbruget ved produktionen af træpiller og træflis mindre. I analysen fra COWI/SDU er udledningerne fra transport ikke medregnet. Dette vurderes ikke at påvirke resultaterne væsentligt, da transportudledninger udgør en meget lille del af de samlede livscyklusemissioner.

### **Biprodukter og inputmaterialer**

En afgørende faktor ved vurderingen af de klimamæssige konsekvenser af bioenergi er produktionen af biprodukter. F.eks. kan der i forbindelse med fremstillingen af særligt biobrændstoffer blive produceret biprodukter med indflydelse på den samlede klimaeffekt. Varme kan f.eks. være et biprodukt ved elproduktion på et kraftvarmeværk.

COWI/SDU analysen søger at inkludere disse effekter igennem en såkaldt systemudvidelse, hvor de samlede effekter af anvendelsen af både hoved- og biprodukter søges medregnet.

### **Antagelserne om det energisystem biomassen anvendes i (referencen)**

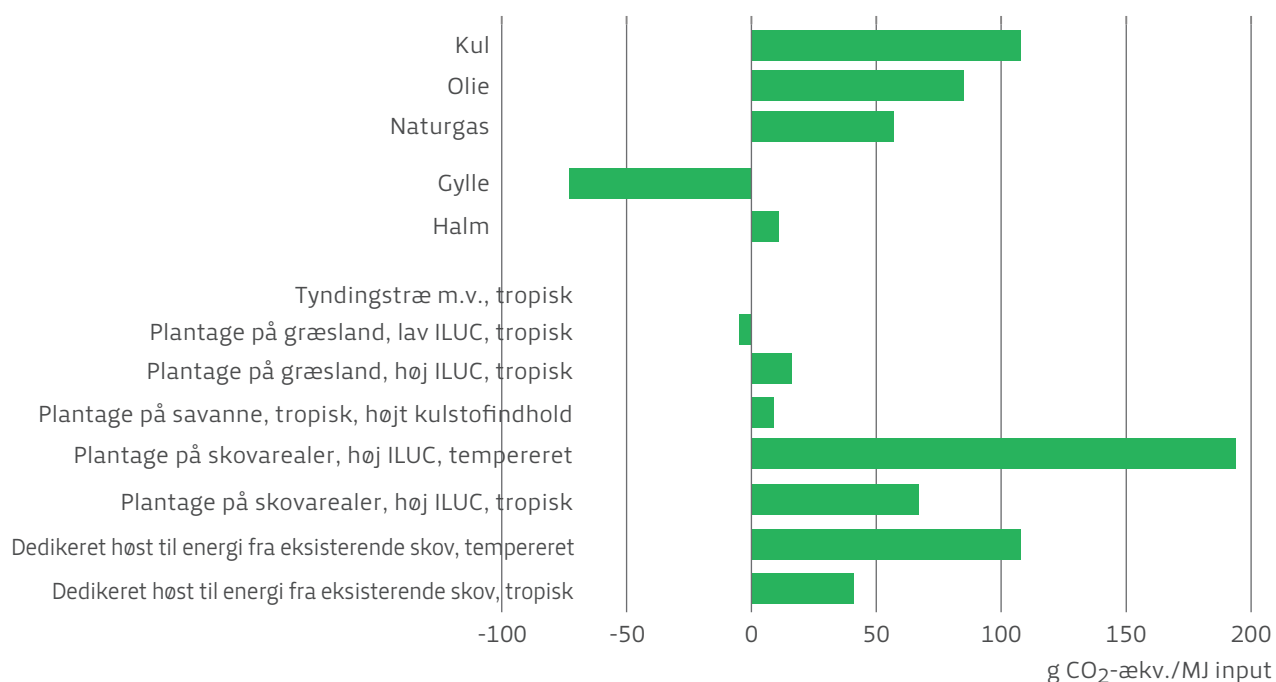
I analysen vurderes effekten af en ændring i forhold til energisystemet i dag, eller som det antages at komme til at se ud. I forbindelse med anvendelse af træ til f.eks. elproduktion måles derfor i forhold til, hvordan f.eks. balancekraft overvejende produceres i dag. Og tilsvarende gøres antagelser om, hvordan balancekraft skabes i et fremtidigt system, hvis effekten af en fremtidig anvendelse af biomasse til denne ydelse ønskes vurderet. I analysen er disse antagelser baseret på seneste energistatistik og basisfremskrivningen frem til 2020. For perioderne herefter tages udgangspunkt i et system, der opfylder regeringens målsætninger for udfasning af fossile brændsler.

### **Tidsperspektiverne anvendt i forbindelse med vurderingen af udledningen af drivhusgasser**

Som anført i kapitel 8 er der ikke videnskabelig konsensus om betydningen af timingen af emissionerne frem mod stabiliseringstidspunktet. For at kunne vurdere konsekvenserne af forskellige former for bioenergi både i et kort og et langt tidsperspektiv, er alle udledninger angivet i både et 20-årigt perspektiv (med anvendelse af GWP 20) og et 100-årigt perspektiv (med anvendelse af GWP 100).

## 9.2 Resultater af livscyklusvurderingen

En meget væsentlig faktor for livscyklusvurderingens samlede resultat er de udledninger en given enhed biomasse vurderes at være forbundet med før proces, konvertering, transport, fortrængning af andre brændsler m.v. For træ indbefatter det, at der tages højde for udviklingen i kulstofbalancer over tid. Forenklet udtrykt bliver regnskabet bedre desto længere tid "skoven" får lov til at gro trods gentagne udtag af biomasse, da der optages mere kulstof end der kontinuert høstes. I figur 44 er sådanne værdier for forskellige typer af biomasse angivet og sammenlignet med fossile brændsler.



Figur 44. Udledninger pr. MJ brændsel inkl. udvikling i kulstofbalancer over tid (biomasse) og afbrænding (fossile brændsler). Kilde: Friet et al, 2013.

Note: Figuren angiver cradle-to-gate emissioner plus ændringer i kulstoflagre, men ikke emissioner fra inputs af f.eks. el og termisk energi og ikke undgåede emissioner fra de energi-system marginaler, der fortrænges af co-produkter og hovedprodukter.

For perioden 2013-20 antages tyndingstræ m.v., at være den dominerende kilde til produktion af træpiller og træflis. Det vurderes dog samtidig i analysen, at der især mod slutningen af perioden vil være træpiller/flis på markedet forbundet med højere udledninger, som f.eks. høst af skove, alene med henblik på energiudnyttelse.

For at vurdere betydningen af den globale kontekst i de efterfølgende perioder, er der foretaget en række modelleringer af de dominerende typer af arealændringer, der finder sted ved ændringer af priser på biomasse og CO<sub>2</sub>-udledninger ved hjælp af den såkaldte GLOBIOM-model. GLOBIOM er en partiel økonometrisk ligevægtsmodel udviklet af International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) og er anvendt til modelleringer for IEA, EU-Kommissionen og IPCC.

På den baggrund vurderes det, at der kan være en risiko for indirekte effekter forbundet med den danske efterspørgsel i takt med en forventet stigende global og regional efterspørgsel efter træ til energi. Andre kunder kan, givet det begrænsede, kortsigtede udbud af tyndingstræ, rester og lignende, således blive "skubbet" i retning af køb af træ produceret på mindre bæredygtig vis.

I en situation, hvor der ikke er gennemført en stærk global regulering, vurderes det derfor, at der er markant risiko for, at efterspørgsel efter biomasse fra dansk side kan føre til konverteringer af eksisterende skov og kulstofrige savanneområder til energitræsplantager eller til beplantning med andre afgrøder med henblik på anvendelse til energi og transport.

Omvendt peger modelleringerne på, at der i en situation med stærkere regulering ikke sker konvertering af eksisterende skov og i højere grad sker en udnyttelse af græsland og kulstoffattige savanneområder. Selv under en stærk regulering vil der samtidig mod slutningen af perioden være en risiko for, at kulstofrige savanneområder konverteres

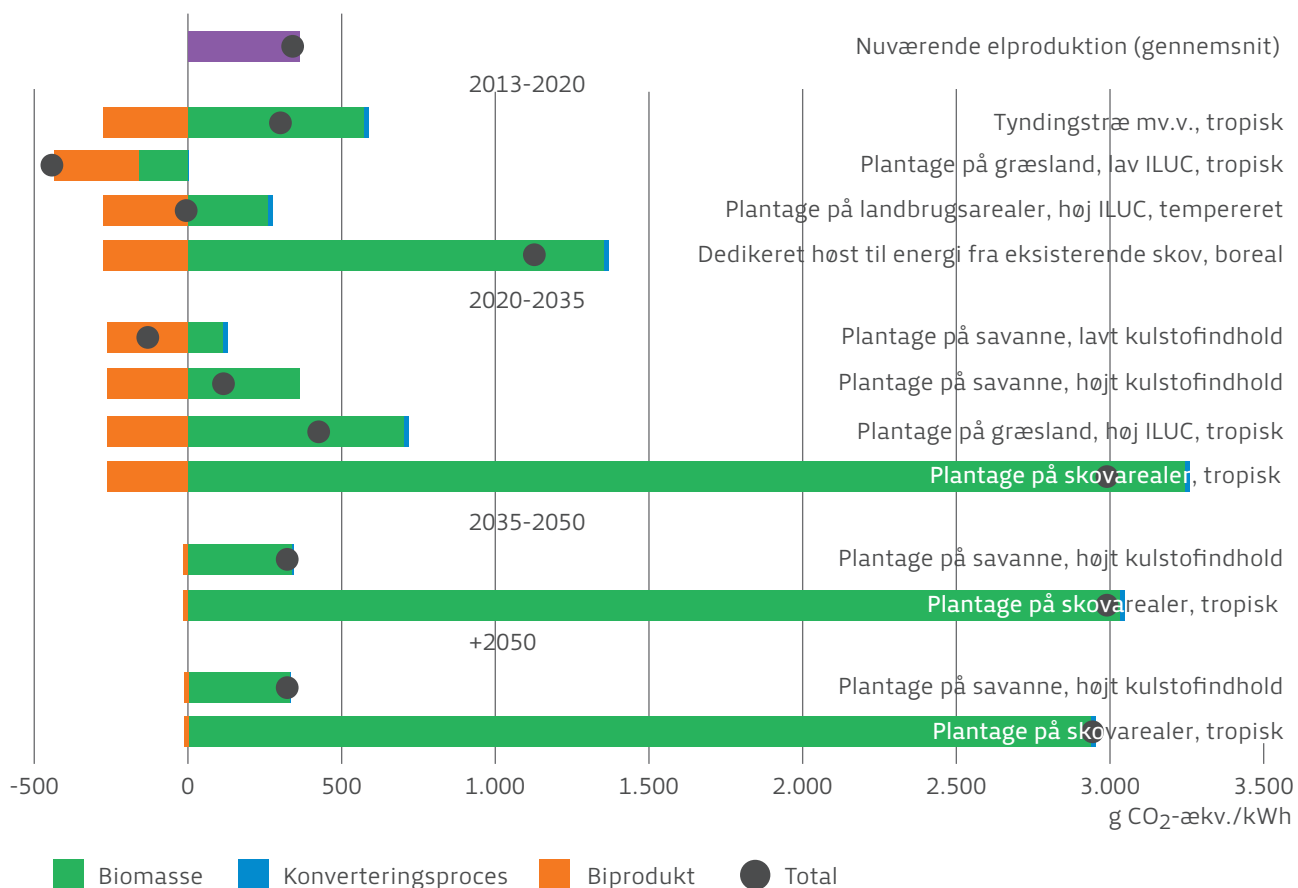
Neden for er gengivet en række resultater for drivhusgasregnskabet forbundet med en række forskellige anvendelser af forskellige typer biomasse.

## Sektorspecifikke sammenligninger af drivhusgasudledninger

### Kraftvarme

For så vidt angår anvendelsen af træ til kraftvarme viser analysen, at der frem mod 2020 – bortset fra ved anvendelse af træ fra boreale områder – er tale om udledninger på et lavere niveau end gennemsnitsudledningerne ved kraftvarmeproduktion i dag. Herefter begynder udledninger forbundet med anvendelsen af træ at stige på grund af antagelsen om de typer af biomasse, der vil blive anvendt som en følge af dansk efterspørgsel.

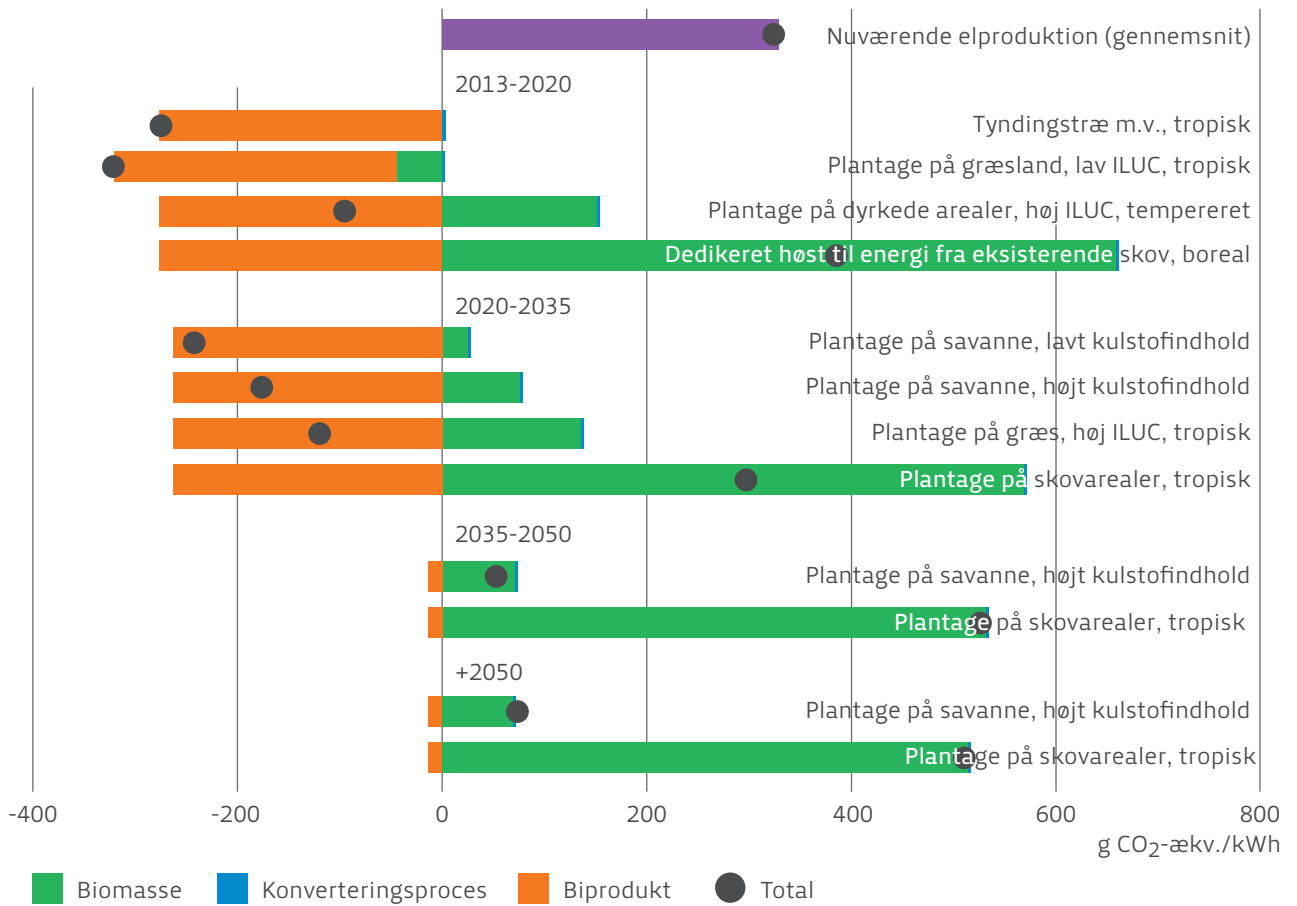
Det ses samtidig af figur 45 og 46, at gevinsten (biprodukt med negativ udledning) ved samproduktion af el og varme ved hjælp af biomasse aftager over tid, idet den fortrængte varme over tid antages produceret med en lavere klimapåvirkning (primært varmepumper baseret på vindkraft). Herudover mindskes gevinsterne forbundet med elproduktion i takt med indfasningen af vind i elsystemet, da vind er forbundet med færre udledninger. Disse resultater er endnu mere fremtrædende i et 100-årigt perspektiv, jf. figur 46.



Figur 45. Træ til kraftvarme med produktion af el (alm. drift) (20 år og GWP 20). Kilde: Friet et al, 2013.



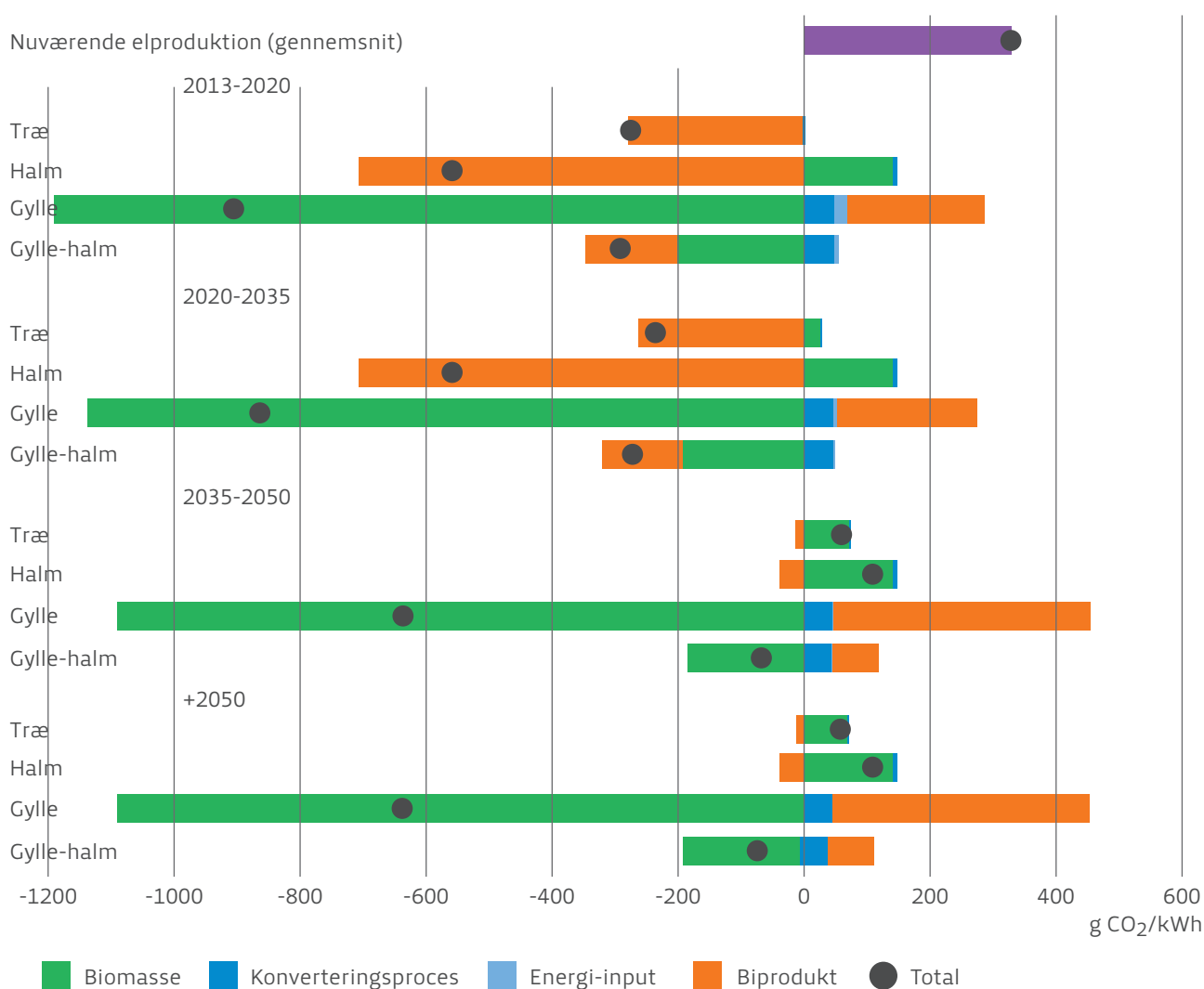
# Bioenergi



Figur 46. Træ til kraftvarme med produktion af el (alm. drift) (100 år og GWP 100). Kilde: Frier et al, 2013.

Når kraftvarmeproduktion med forskellige typer af biomasse sammenlignes som i figur 47, fremgår det, at biogas er den type af biomasse, der er flest drivgasmæssige gevinster forbundet med af de vurderede biomassetyper. Det skyldes primært, at anvendelsen af biogas til kraftvarme er forbundet med negative udledninger på grund af især de undgåede emissioner af metan i forbindelse med

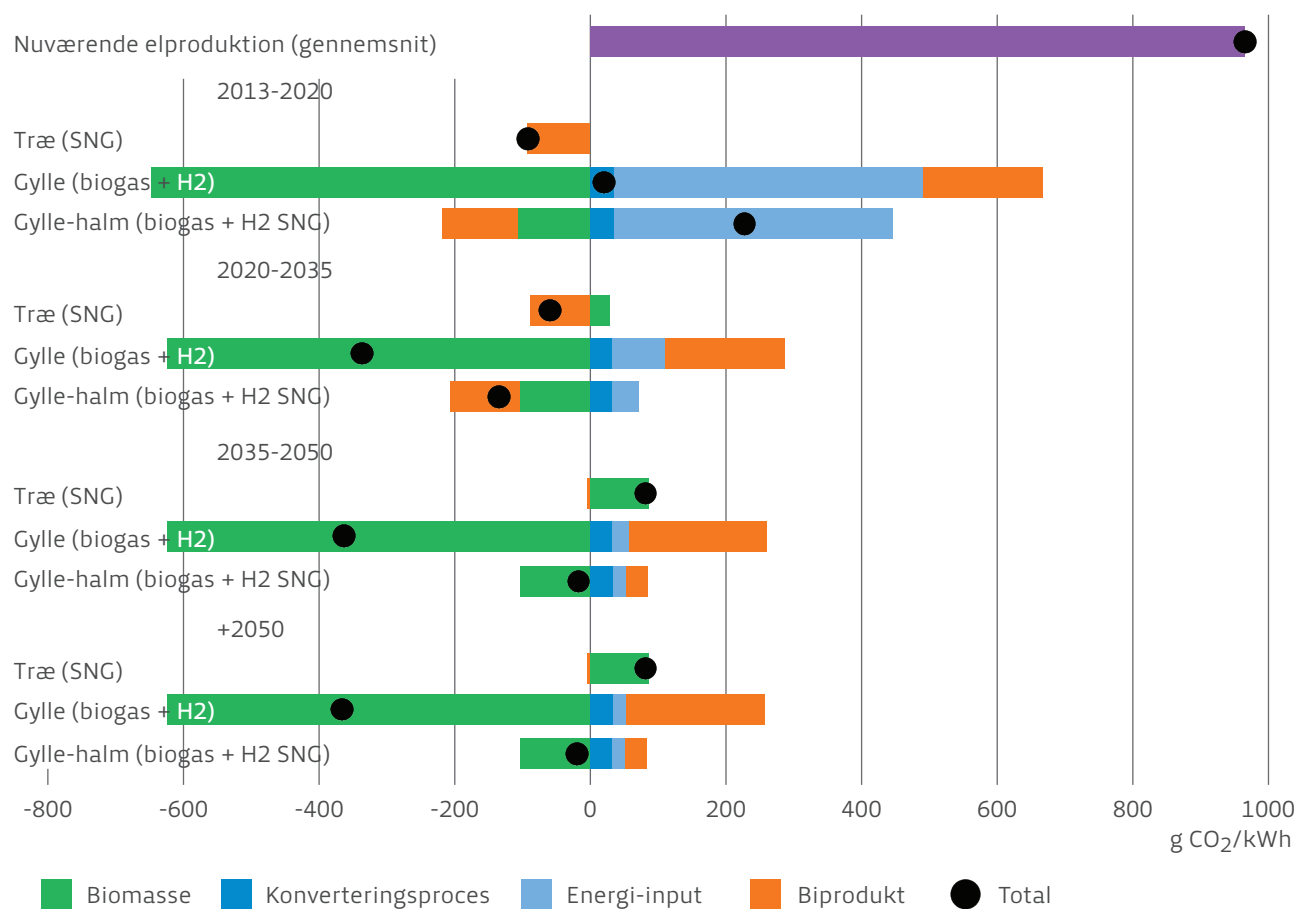
opbevaring af gyllen samt på grund af mindskede udledninger af lattergas, der ellers ville opstå ved udbringning på marken. Det ses samtidig, at gevinsterne ved den producerede varme forsvinder over tid. Halm er generelt forbundet med færre udledninger end de fleste af de vurderede type biomasse baseret på træ.



Figur 47. Forskellige typer biomasse til kraftvarme med produktion af el (alm. drift) (100 år og GWP 100). Kilde: Frier et al, 2013.

Note: I perioden 2013-2020 antages det anvendte træ (og evt. fortrængte) at være tyndingstræ (tropisk), i 2020-2030 antages det at være fra plantage på savanne med lavt kulstofindhold. I 2035 og frem antages det at være fra savanne med højt kulstofindhold.

Som der fremgår af figur 48 er biogas (hydrogeneret) forbundet med færrest udledninger ved produktionen af balancerkraft, når det sammenlignes med forgasning og hydrogenering af træ.



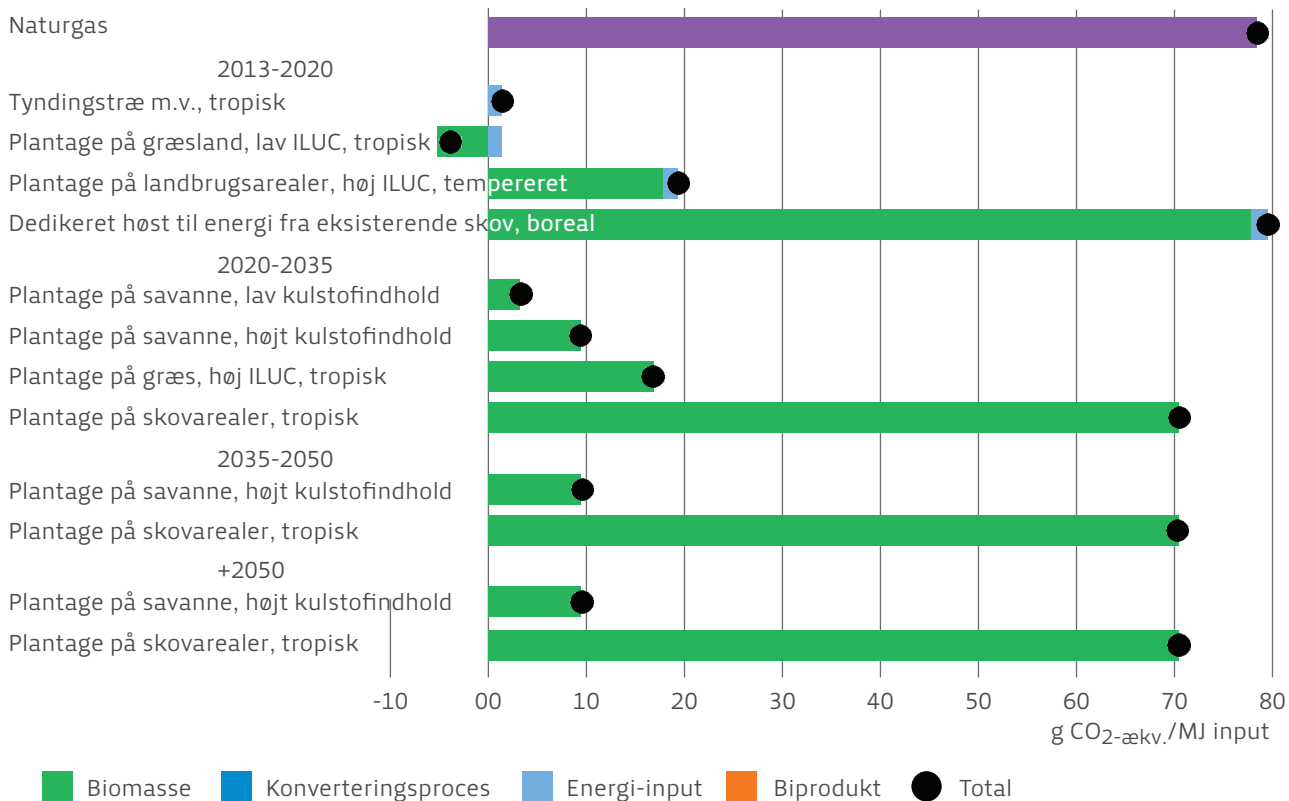
Figur 48. Forskellige typer biomasse til kraftvarme med fleksibel produktion af el (100 år og GWP 100).

H2 = brint. SNG= syntetisk naturgas. Kilde: Frier et al, 2013.

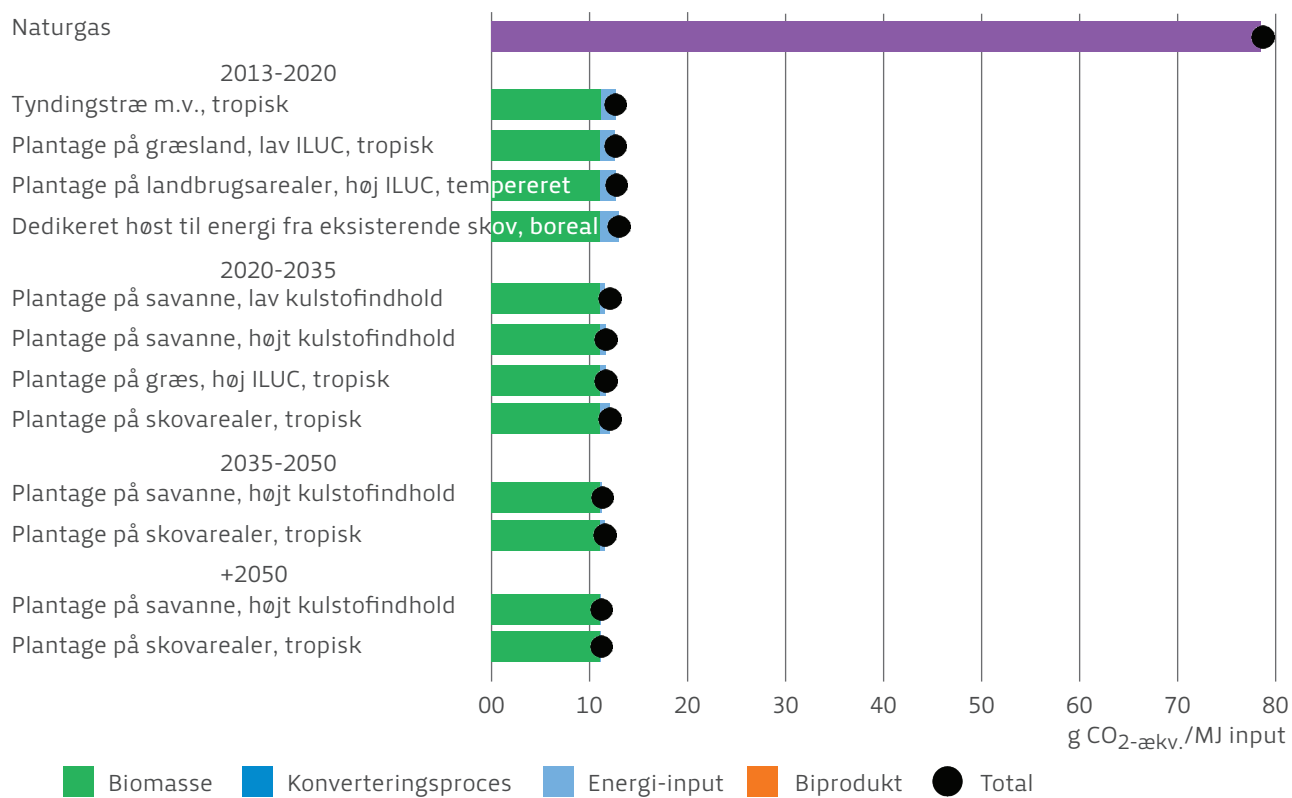
Note: I perioden 2013-2020 antages det anvendte træ (og evt. fortrængte) at være tydingstræ (tropisk), i 2020-2030 antages det at være fra plantage på savanne med lavt kulstofindhold. I 2035 og frem antages det at være fra savanne med højt kulstofindhold.

## Varme

Det ses af figur 49 og 50, at halm generelt er forbundet med færre udledninger end de fleste af de vurderede typer biomasse baseret på træ, når der er tale om ren varmeproduktion. Herudover forsvinder fordelene ved anvendelse af halm og træ til ren varme i takt med, at fossile brændsler udfases af varmeforsyningen. Begge brændsler bevirker færre udledninger end naturgas.



Figur 49. Træ til varme (100 år og GWP 100). Kilde: Frier et al, 2013.



Figur 50. Halm til varme (100 år og GWP 100) Kilde: Frier et al, 2013.

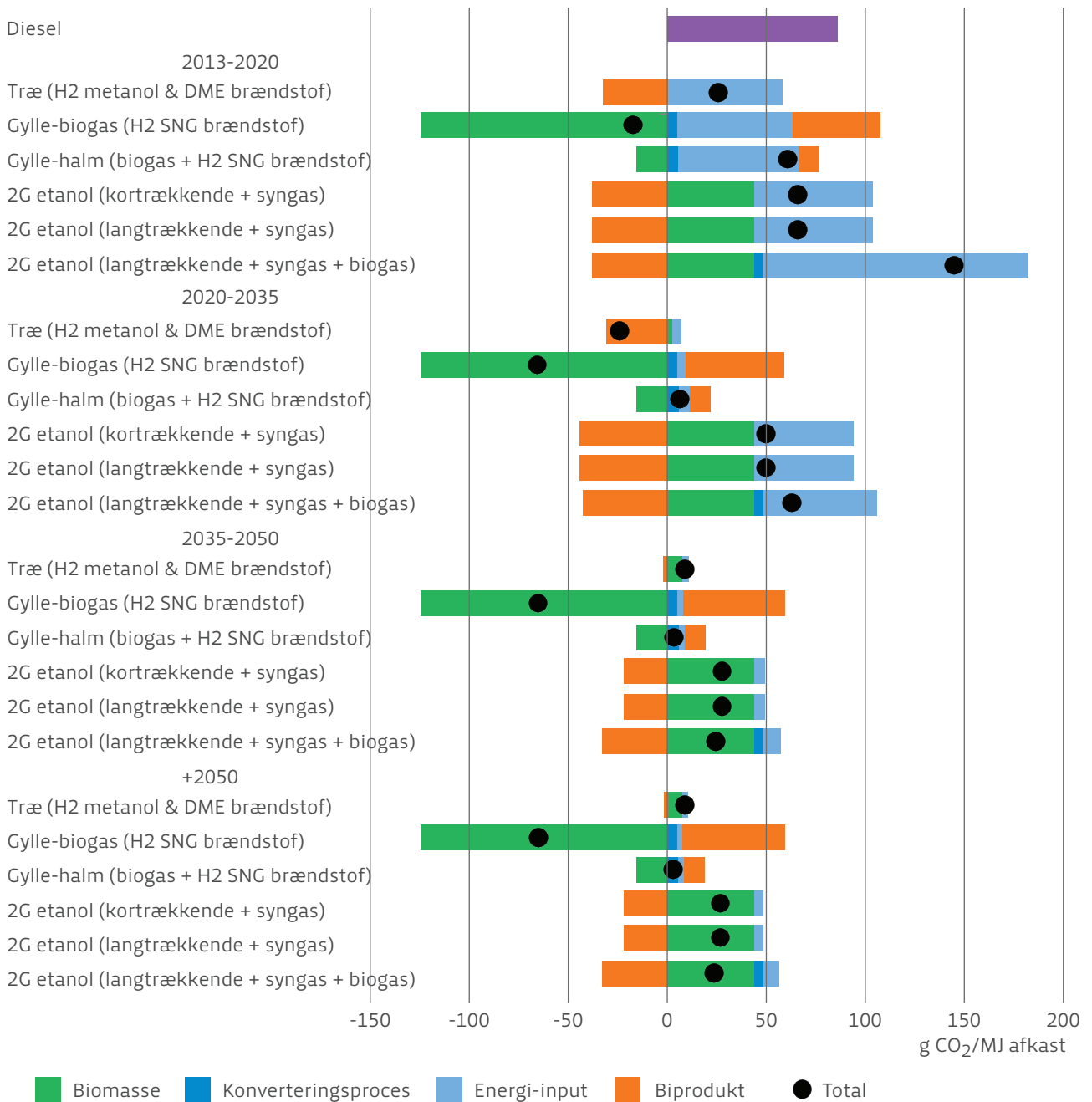
Note: Betegnelser langs den lodrette akse angiver den biomasse, halmen antages at fortrænge i systemet.



## Transport

Ved anvendelsen af de mere avancerede former for biobrændstoffer til transport er der reduktioner sammenlignet med den tilsvarende anvendelse af diesel, jf. figur 51. Biogas opgraderet med brint og

2. generations bioetanol på halm er forbundet med færre udledninger end træbaserede biobrændstoffer som metanol og DME.



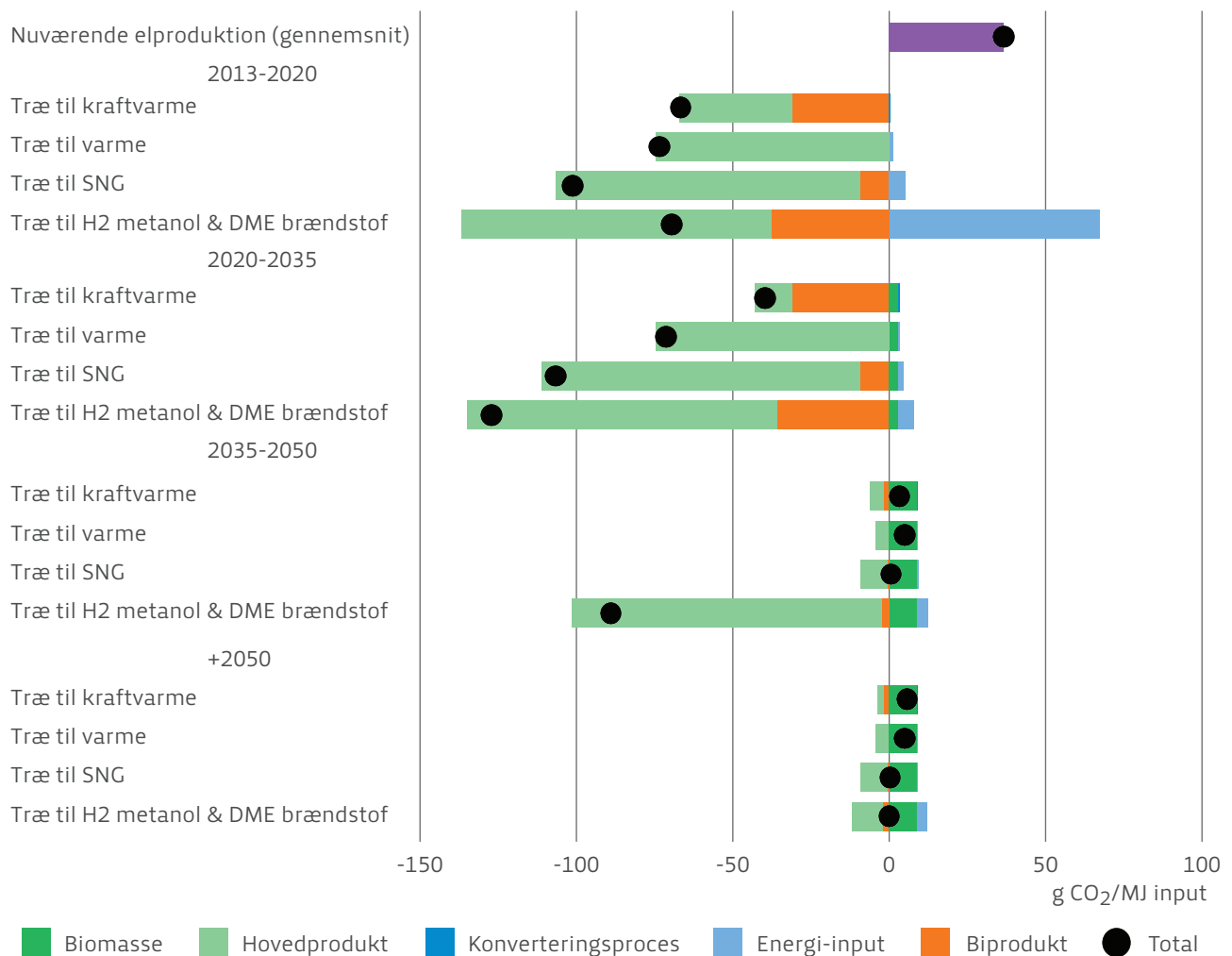
Figur 51. Anvendelse af forskellige typer biomasse til transport (100 år og GWP 100).

H2 = brint. SNG= syntetisk naturgas. Kilde: Frier et al, 2013.

Note: I perioden 2013-2020 antages det anvendte træ (og evt. fortrængte) at være tyndingstræ (tropisk), i 2020-2030 antages det at være fra plantage på savanne med lavt kulstofindhold. I 2035 og frem antages det at være fra savanne med højt kulstofindhold.

## Sammenligninger mellem sektorer

For så vidt angår vurderingen af i, hvilke sektorer de forskellige typer af biomasse anvendes bedst, set i forhold til drivhusgasmæssige gevinster – fremgår det af figur 52, at gevinsterne forbundet med anvendelse af træ til el og varme aftager over tid i takt med udfasningen af fossile brændsler fra disse sektorer. Samtidig bliver de relative gevinster ved anvendelsen i transportsektoren større.

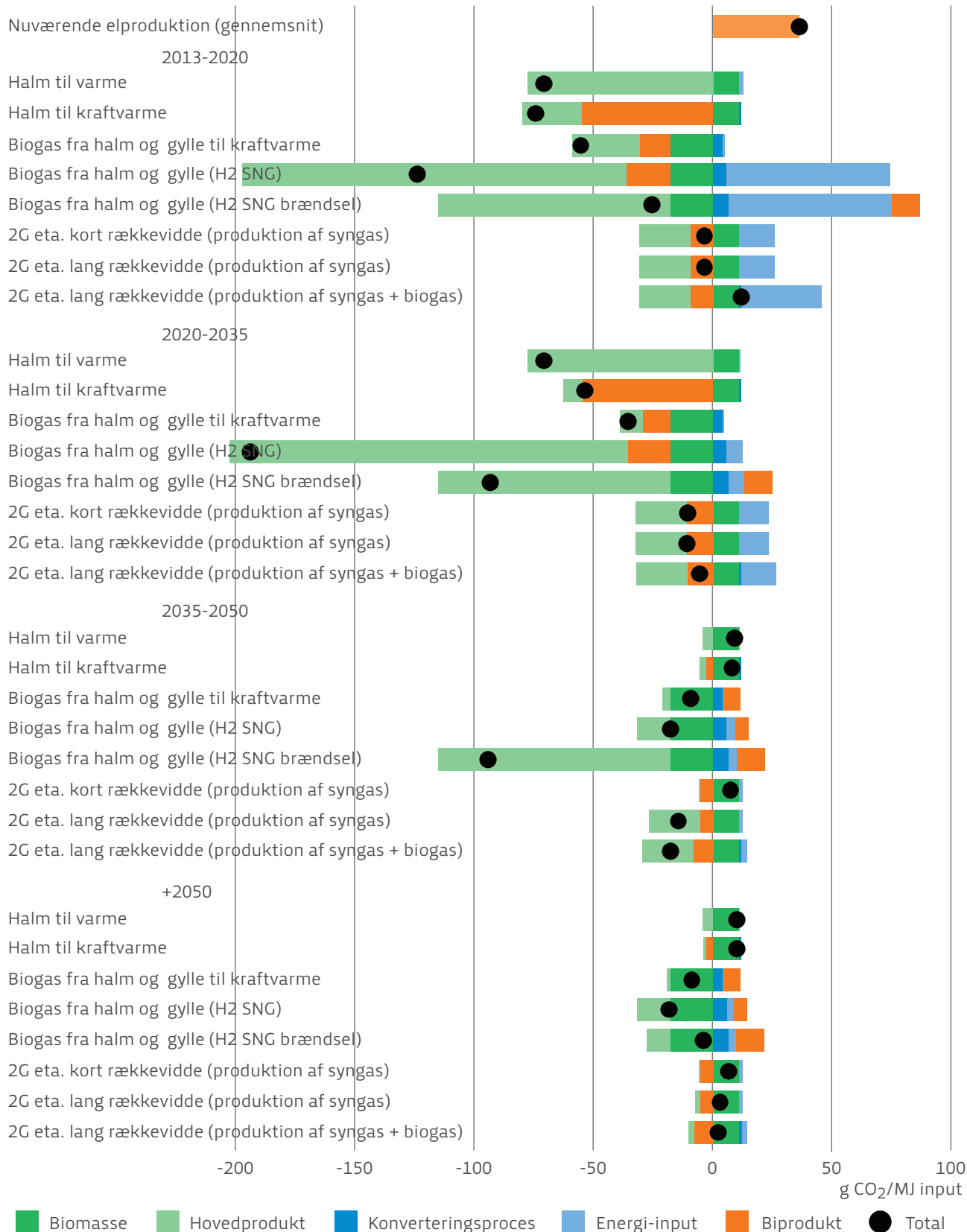


Figur 52. Anvendelse af træ i forskellige sektorer (100 år og GWP 100). Kilde: Frier et al, 2013.

Note: I perioden 2013–2020 antages det anvendte træ (og evt. fortrængte) at være tyndingstræ (tropisk), i 2020–2030 antages det at være fra plantage på savanne med lavt kulstofindhold. I 2035 og frem antages det at være fra savanne med højt kulstofindhold.



# Bioenergi



Figur 53. Anvendelse af halm og biogas i forskellige sektorer (100 år og GWP 100).

H2 = brint. SNG= syntetisk naturgas. Kilde: Frier et al, 2013.

Note: I perioden 2013-2020 antages det anvendte træ (og evt. fortrængte) at være tyndingstræ (tropisk), i 2020-2030 antages det at være fra plantage på savanne med lavt kulstofindhold. I 2035 og frem antages det at være fra savanne med højt kulstofindhold.

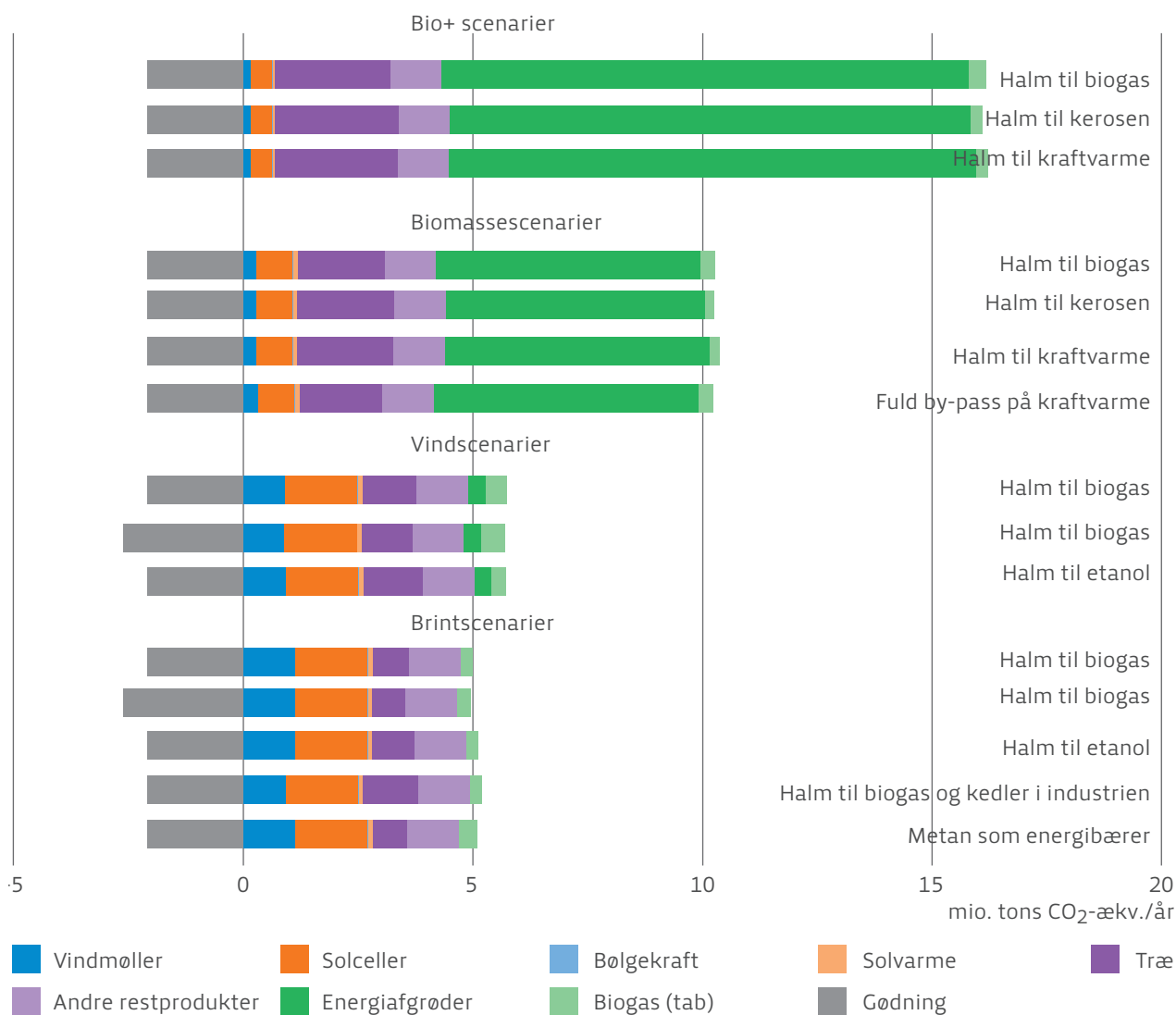
For så vidt angår biogas og halm gælder det også, at gevinsterne stiger over tid ved anvendelse i transportsektoren, mens det modsatte er tilfældet ved anvendelse til el og varme, jf. figur 53.

### Sammenligning af energi- og transportsystemer

De ovenstående vurderinger tager ikke højde for et samlet energisystems udledninger set i et livscyklusperspektiv, lige som der heller ikke tages højde

for eventuelle mængdemæssige begrænsninger af de typer af biomasse, der ikke kan forventes handlet internationalt i større omfang som f.eks. halm og husdyrgødning.

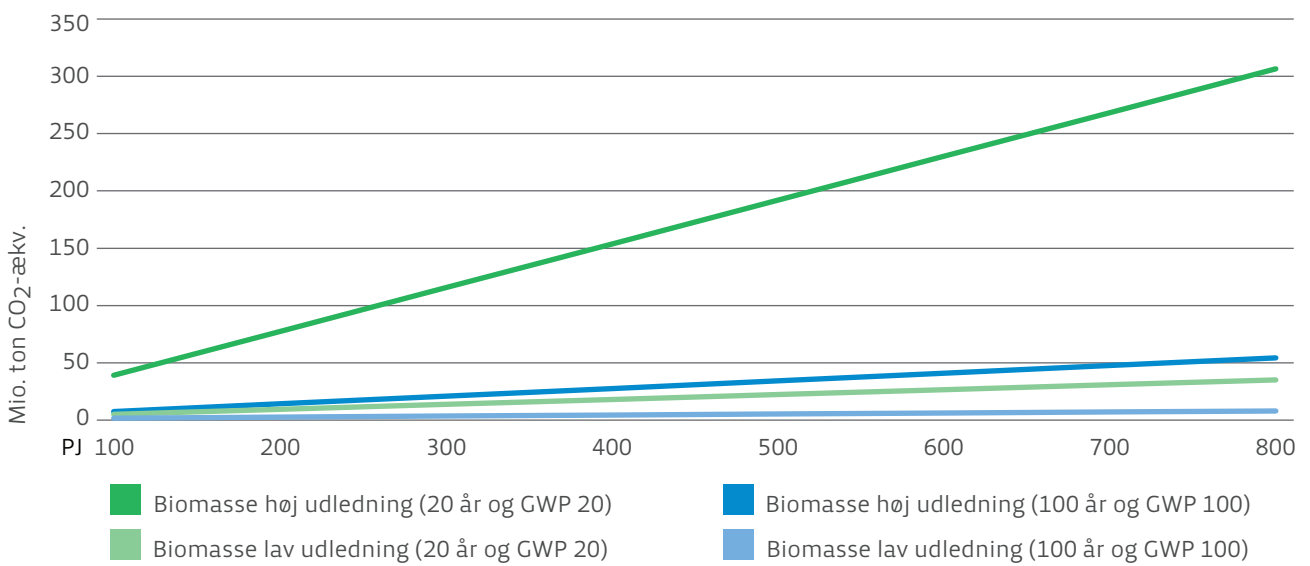
I forbindelse med livscyklusvurderingen er der derfor blevet modelleret en række varianter af de tidligere nævnte bio+-, biomasse-, vind- og brints-scenarier. Det fremgår klart af figur 54, at det samlede systems udledninger forøges desto mere biomasse, der anvendes.




Figur 54. Livscyklusvurderinger af scenarier for energisystemet i 2050 (100 år og GWP 100). Kilde: Frier et al, 2013. Note: Tekst til højre angiver vigtigste forskel fra øvrige scenarier i "scenariefamilien".

## Bioenergi

Denne grundlæggende sammenhæng mellem anvendelse af især træ og udledninger fremgår ligeledes af figur 55, hvor et givent biomasseforbrug er antaget dækket med en række af de typer af biomasse, der skønnes at være mest relevante i 2050.



Figur 55. Udledninger forbundet med forskellige typer biomasse 2050. Kilde: Data fra Frier et al, 2013.  
Note: Udledninger pr. PJ bjerget brændsel. Lav = kulstofrig savanne, høj = skov konverteret til plantage (tropisk).



**10.  
Udfordringer  
vedrørende  
miljømæssig  
bæredygtighed  
og effektivitet**

## 10.1 Udfordringer på kort sigt (frem til 2020)

### Miljømæssig bæredygtighed

Der er en række udfordringer knyttet til den forventede import af træpiller og træflis til el- og fjernvarmeproduktion.

En livscyklusvurdering (LCA) udført for Energistyrelsen viser, at anvendelsen af tyndingstræ, hugstrestre, halm, husdyrgødning og andre rest- og affaldsprodukter er forbundet med en lav drivhusgasudledning set over en 20- eller 100-årig periode. Dette er ikke tilfældet, hvis eksisterende skov, produktive jorde eller kulstofrige savanneområder konverteres til energitræsplantager eller beplantes med andre afgrøder med henblik på anvendelse til energi og transport. Hvis tidsperspektivet forlænges udover en 100-årig periode, vil der derimod også her være gevinster i forhold til drivhusgasudledning.

Traditionelt har træpillemarkedet været domineret af restprodukter fra træindustrien. Det forventes imidlertid, at der i øget udstrækning vil komme træpiller baseret på hugstrestre på markedet samt på tyndingstræ fra skove og på træ fra plantager etableret på græsland eller landbrugsjord. Herudover vil der formentlig være træbrændsler på markedet, hvor skove er høstet alene med det formål at levere til energi. Træflis har typisk været baseret på hugstrestre, tyndingstræ, affaldstræ samt træ fra energitræsplantager.

Herudover kan der ofte være negative effekter vedrørende biodiversitet og andre miljøparametre ved øget udtag af træ fra skov til energiproduktion. Omlægning af landbrugsarealer til plantager er dog ikke nødvendigvis forbundet med negative effekter på biodiversitet og øvrige miljøforhold.

De større danske energiselskaber arbejder målrettet med at indkøbe træ med potentielle klimagevinster og med fokus på at minimere effekten i forhold til påvirkninger af miljø og biodiversitet.

Ovenstående risici er primært relateret til eksisterende værkers anvendelse af biomasse. For så vidt angår opførsel af nye, større biomasse kraftvarmeværker og varmegværker i perioden er det på grund af lange levetider nødvendigt samtidig at forholde sig til udfordringerne vedrørende bæredygtigheden af biomasse på længere sigt.

For så vidt angår anvendelsen af bioetanol og biodiesel må det forventes, at der frem mod 2020 med de nuværende rammevilkår – det vil bl.a. sige med den nuværende regulering af biobrændstoffer på EU-niveau – primært vil blive anvendt importeret bioetanol produceret på sukkerrør og majs samt biodiesel produceret på raps, soyabønneolie og palmeolie.

Der er en række klimarelaterede risici ved brugen af disse typer af biobrændstoffer, herunder især mulige indirekte arealændringer (ILUC).

Produktionen af bioenergi kan true fødevarerforsyningsikkerheden, når produktionen foregår på basis af fødevarer. Hvis bioenergien derimod produceres på basis af landbrugets rest- og biprodukter som halm og husdyrgødning samt husholdningsaffald, vurderes det muligt at fastholde fødevarerforsyningen og levere bioenergi på samme tid.

For så vidt angår biogas forventes eventuelle udfordringer håndteret gennem udmøntningen af bæredygtighedskriterier for biogas i løbet af 2014, hvor der vil blive sat et loft for tilsætningen af energiafgrøder.

### Effektivitet

Der vurderes ikke på kort sigt at være udfordringer i forhold til en energieffektiv udnyttelse af biomassen med mindre der vil ske en større udbredelse af anvendelsen af biomassebaserede spidslastkedler end det forventes på nuværende tidspunkt.

Hvis der sker en større omlægning til biomasse til kraftvarme samt etablering af kedler til øget varmebehov i forbindelse med bortfaldet af grundbeholdet, vil det isoleret set give et tabt afgiftsprodu.

Der vurderes ikke at være udfordringer relateret til brændselsforsyningsikkerheden af den anvendte biomasse.

## 10.2 Udfordringer på lang sigt (efter 2020)

### Miljømæssig bæredygtighed

Den globale kontekst vil spille en stor rolle for de miljømæssige konsekvenser af realiseringen af danske målsætninger for så vidt angår energi- og transportsektorens udvikling i 2035 og 2050.

I perioden frem mod 2050 vil der være en markant øget efterspørgsel efter biomasse til en række formål på grund af øget befolkning, vækst og velstand med afledte effekter på energi-, materiale og fødevarerbehov.

Det må således forventes, at efterspørgslen på restprodukter som savsmuld, halm, tyndingstræ og hugstester langt vil overstige udbuddet, og der vil samtidig selv med markante intensiveringer af fødevarerproduktionen være stor efterspørgsel på land egnet til dyrkning af fødevarer og græsning med videre.

Der kan derfor være indirekte effekter forbundet med den danske efterspørgsel i takt med en for-

ventet stigende global og regional efterspørgsel efter træ til energi mod slutningen af perioden. Andre kunder kan, givet det begrænsede, kortsigtede udbud af tyndingstræ, rester og lignende, således blive "skubbet" i retning af køb af træ produceret på mindre bæredygtig vis.

Det afgørende parameter for bæredygtigheden af anvendelsen af biomasse til energi og transport i Danmark vil derfor være reguleringen af arealudnyttelse og den globale klima- og energipolitik.

I en situation, hvor der ikke er gennemført en stærk regulering, må det ud fra de gennemførte modelleringer foretaget for Energistyrelsen forventes, at der er markant risiko for, at produktiv jord anvendes til bioenergi afgrøder. Der er endvidere risiko for konvertering af eksisterende skov og kulstofrige savanneområder til energitræsplantager eller til beplantning med græsagtige afgrøder med henblik på anvendelse til energi og transport.

Omvendt peger modelleringerne på, at der i en situation med stærkere regulering i højere grad sker en udnyttelse af marginaljord, græsland og kulstoffattige savanneområder. Selv under en stærk regulering vil der dog mod slutningen af perioden være en risiko for, at kulstoffrige savanneområder konverteres til produktion af biomasse til energi.

I en situation med den stærkeste mulige globale regulering, hvor alle lande er underlagt bindende målsætninger for udledningen af drivhusgasser, herunder forskydninger i kulstoflagre som led i efterstræbelsen af en 2-graders målsætning, vil Danmarks forbrug af biomasse ikke påvirke realiseringen af en sådan målsætning i negativ retning trods ovennævnte vurdering af drivgasudledningerne i et livscyklusperspektiv.

I fraværet af etablering af en sådan global ramme vil der være en øget risiko for en negativ klimapåvirkning desto større volumen af biomasse, der på længere sigt anvendes i forbindelse med den danske klima- og energipolitik. Hertil kommer andre mulige negative miljøpåvirkninger, herunder især effekter på biodiversitet i forbindelse med omfattende konverteringer af f.eks. græsland, eksisterende skove og savanneområder.

Forbruget af biomasse i et VE-baseret energisystem minimeres mest effektivt ved anvendelse i de sektorer, hvor der ikke findes andre alternative til fossile brændsler som f.eks. tung transport og visse former for procesenergi.

### Effektivitet

For så vidt angår omkostninger fremgår det af analysen vedrørende fremtidige scenarier for det samlede energi- og transportsystem i 2035 og 2050, at det billigste scenarium er godt 10 pct. billigere end det dyreste. Med de usikkerheder, der ligger på de fremtidige priser og teknologiomkostninger, herunder omkostninger ved energibesparelser, er dette ikke i sig selv en afgørende forskel.

For så vidt angår brændselsforsyningssikkerhed vil det i biomasse- og især bio+ scenarierne være nødvendigt til stadighed at kunne importere betydelige mængder af biomasse. Da der er mange potentielle leverandører, er dette ikke nødvendigvis et problem for forsyningssikkerheden, men det vil øge følsomheden for høje biomassepriser. Vind- og brintscenarierne har en god brændselsforsyningssikkerhed, idet Danmark selv kan levere de brændsler, der er nødvendige for at få energisystemerne til at køre, hvis det skulle vise sig at være relevant på grund af manglende importmulighed eller højere importpriser.

I sammenligning med biomasse og bio+scenarierne er vind- og brintscenarierne til gengæld udfordret på elforsyningssikkerheden, idet vindsvage perioder skal kompenseres af enten elimport eller spidslastproduktion på egne reserveanlæg. Der er betydelige muligheder for at afkoble elforbrug (varmepumper, brintfabrikker, elkedler m.m.). Men dette vil ikke være nok til at sikre elforsyningen i vindsvage perioder. Der er herudover behov for reservekapacitet i f.eks. gasturbiner eller ekstra udlandsforbindelser. Der henvises i øvrigt til elanalysen, som behandler elforsyningssikkerheden mere indgående.

I forhold til energieffektivitet er det en central pointe, at en begrænset brug af biomasse ud fra f.eks. hensyn til forsyningssikkerhed eller risici i forhold til klima i et energi- og transportsystem baseret på 100 pct. vedvarende energi peger i retning af høj effektivitet i udnyttelsen af biomasse i det samlede energi- og transportsystem.



**Bilag 1  
Kommissorium  
for analyse af  
bioenergi fastlagt  
i energiaftalen  
af 22. marts 2012**



## Baggrund

Der indgår i energiaftalen, at der skal udarbejdes en analyse af anvendelsen af bioenergi i Danmark: "Analysen skal fokusere på, om der er de rette vilkår for en effektiv og miljømæssig bæredygtig anvendelse af biomasseressourcer i den danske energiforsyning. Analysen skal endvidere belyse CO<sub>2</sub>-forøgningen". Det fremgår også, at analysen skal fremlægges inden udgangen af 2013.

På baggrund af blandt andet energiaftalen forventes anvendelse af biomasse til energi og transport i Danmark at stige fra ca. 134 PJ til ca. 170 PJ i 2020. Væksten forventes at komme fra øget anvendelse af biogas, biobrændstoffer samt omlægninger til biomasse på de centrale kraftvarmeværker. Herudover opnås med energiaftalen, at andelen af vedvarende energi i 2020 er godt 35 pct. samt at lige knap 50 pct. af det danske elforbrug i 2020 kommer fra vindkraft.

Parterne bag aftalen er enige om, at omstillingen til et Danmark med en energiforsyning dækket af vedvarende energi hviler på troværdige, stabile og langsigtede rammer om den danske energipolitik.

En sådan omstilling af energiforsyningen vil skabe behov for regulerkraft og lagerkapacitet i forbindelse med den stigende anvendelse af fluktuerende energikilder som vindkraft og solenergi i energisystemet samt behov for at omstille transportsektoren til alternativer til benzin og diesel.

Samtidig forventes stigende global efterspørgsel efter biomasse til fødevarer, energimaterialer, kemikalier mv. som følge af blandt andet det stigende globale befolkningstal og en øget generel omstilling væk fra fossile brændsler.

Det vurderes, at denne øgede efterspørgsel vil kunne føre til øgede globale priser på biomasse, som kan få betydning for udnyttelsen af biomasseressourcerne.

I sammenhæng med den stigende anvendelse af biomasse til energi og transport er der samtidig opstået større fokus på krav om bæredygtigheden af den anvendte biomasse. EU-Kommissionen arbejder således på et konkret forslag om bæredygtighedskriterier for fast biomasse og biogas til energi på EU-niveau som et supplement til de allerede indførte kriterier for flydende brændstoffer i EU. I andet halvår af 2012 forventes det afklaret, om Kommissionen fremlægger forslag til EU-lovgivning herom. Det større fokus på bæredygtigheden af anvendelsen af biomasse til energi skaber således behov for en analyse med konkrete beregninger af blandt andet omfanget af reduktion af drivhusgasser i forbindelse med produktion og anvendelse af forskellige typer biomasse til en række energi- og transportformål samt øvrige relevante bæredygtighedsparametre.

Disse forhold skaber således behov for at undersøge om der er de rette rammevilkår for en effektiv og miljømæssigt bæredygtig anvendelse af biomasseressourcerne i energi- og transportsystemet.

## Indholdsmæssigt fokus for analysen

Analysen vil fokusere på alle former for biomasse og på både transport- og energisektoren. Det skyldes, at vegetabilsk biomasse (halm, træ, biomasseaffald etc.), animalsk biomasse (f.eks. husdyrgødning), spildevand og spildevandsslam samt andet bionedbrydeligt affald kan indgå i det samme kredsløb. Det vil sige, at "råmaterialer" ofte vil kunne anvendes til flere formål – f.eks. kan halm anvendes til både at producere biobrændstof til transportformål og kraftvarme.

På samme vis kan forskellige former for biomasse "opgraderes" med forskellig teknologi som f.eks. forgasning, raffinering, biogasanlæg, oprensning, tilsætning af brint mv.

Fremtidsperspektiver for dansk landbrugsproduktion vil endvidere blive inddraget hvor relevant. F.eks. i forbindelse med vurderinger af det fremtidige omfang af restprodukter fra landbruget, der eventuelt kan udnyttes til energi.

Derudover vil analysen også inddrage perspektiver i fremtidig alternativ anvendelse af biomassen, f.eks. til industriel anvendelse af biomassen. Der kan således ske en fælles produktion af energi og materialeressourcer, og en række af restprodukterne fra energiproduktion med biomasse kan indeholde f.eks. metaller og næringsstoffer, som kan udnyttes.

Analysen har fokus på perioden frem til 2035, men vil også perspektivere frem til 2050.

I forlængelse heraf vil de overordnede nedslagspunkter for analysen være:

- › Nationale og internationale potentialer og prisfremskrivninger for forskellige typer af biomasse "råmaterialer" (træ, halm, husdyrgødning, affald, blå biomasse etc.). Ved vurdering af potentialet for biomasse til energi vil der indgå betragtninger om den forventede internationale efterspørgsel efter biomasse fra andre sektorer.
- › Centrale teknologier til konvertering og anvendelse af biomasse, herunder forventninger til teknologisk udvikling, omkostninger, energieffektivitet m.v.
- › Bæredygtigheden af forskellige typer produktion af biomasse samt af forskellige typer anvendelse af denne i energi- og transportsystemet med hovedfokus på udledningen af drivhusgasser samt vurdering af øvrige miljøpåvirkninger, herunder udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet, indflydelsen på biodiversiteten og anvendelse af pesticider. Der fokuseres på såvel dansk som udenlandsk produceret biomasse, der er relevant i importsammenhæng.

- › I forbindelse med undersøgelsen af udledning af drivhusgasser vil der blandt andet blive fokuseret på det samlede drivhusgasregnskab pr. produceret energienhed for en række anvendelser af forskellige typer biomasse til energi og transport, herunder udledninger i forbindelse med ændringer af kulstoflagre, proces, transport og anvendelser. Disse udledninger vil blive sammenlignet med den tilsvarende anvendelse af fossile brændsler over tid. I sammenhæng hermed vil brugen af biomasse holdes op imod kendte værdier for "indirect land use change", herunder samspillet med fødevarereproduktionsamt samspillet med EU's CO<sub>2</sub>-kvote-system.

- › Fremskrivning af biomasseanvendelsen samt opstilling af scenarier for den fremtidige anvendelse af biomasse i et energi- og transportsystem baseret på vedvarende energi og vurdering af disse i forhold til bæredygtighed og effektivitet, herunder forsyningssikkerhed, energieffektivitet, ressourceeffektivitet og omkostninger.

- › Undersøgelse af om der er de rette rammevilkår for en effektiv og bæredygtig anvendelse af biomasse i energi- og transportsystemet, herunder sammenhængen mellem nuværende rammevilkår i energi- og transportsektoren og fremskrivninger af samt scenarier for den fremtidige anvendelse af biomasse.

- › Analysere mulige virkemidler til at sikre de rette rammevilkår for en effektiv og bæredygtig anvendelse af biomasseressourcer.

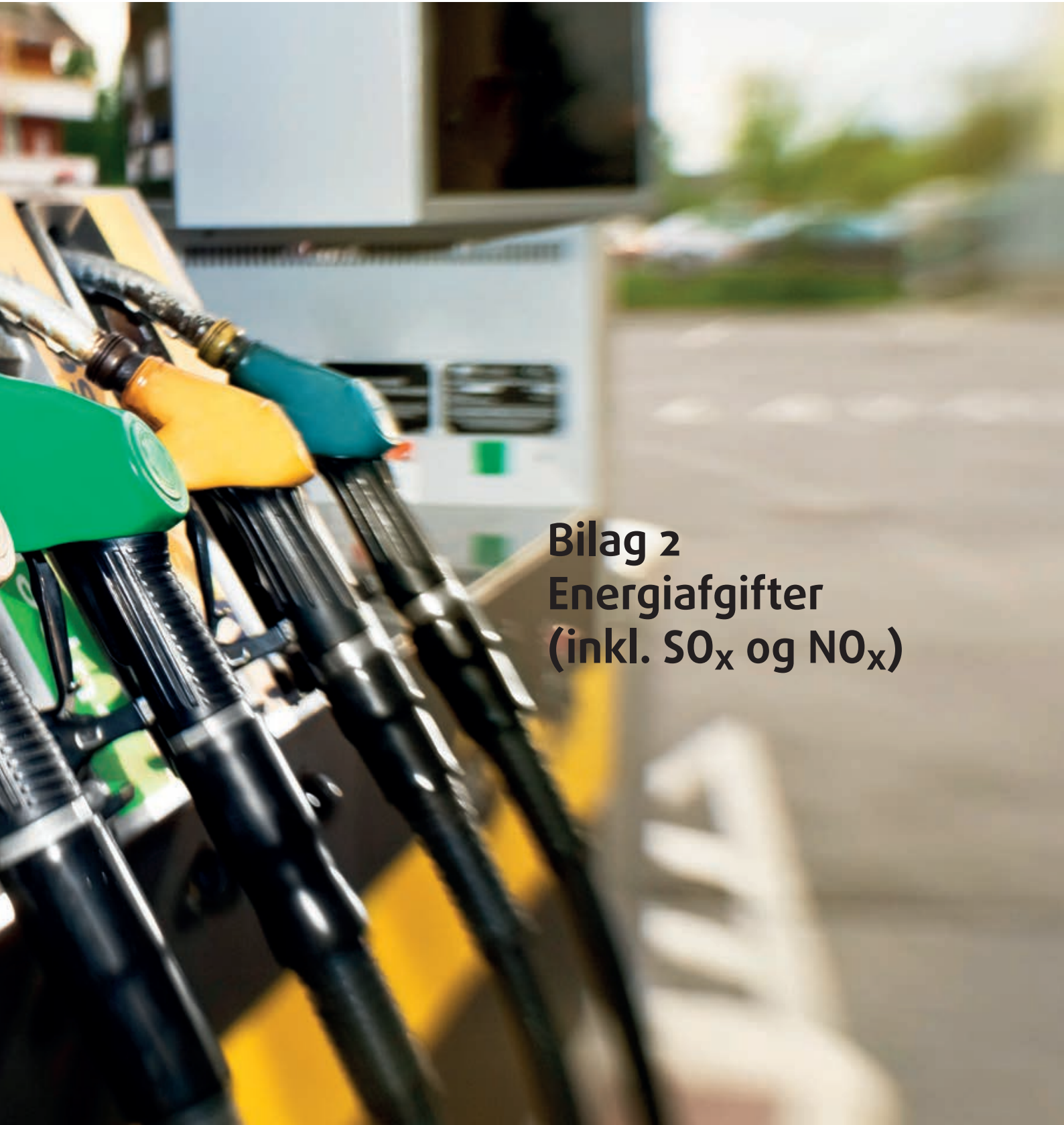
- › Som en del af arbejdet analyseres mulige EU-kriterier for bæredygtig anvendelse af biomasse til energi som platform for fastlæggelse af dansk holdning til indførslen af bæredygtighedskriterier for fast biomasse og biogas til energi i EU.

Arbejdet med udarbejdelsen af analysen forestås af Klima-, Energi- og Bygningsministeriet i samarbejde med relevante ministerier.

I analysen skal indgå forventninger til fremtidige affaldsmængder og anbefalinger vedr. teknologier til energiudnyttelse af affald.

Det forventes, at analyser udarbejdet til Natur- og Landbrugskommissionen og regeringens vækstteams for vand, bio og miljøløsninger samt for klima og energi endvidere vil kunne give input til analysearbejdet.

Der vil være en løbende inddragelse af eksterne parter og eksperter i forbindelse med udarbejdelsen af analysen, herunder temamøder hvor delresultater fremlægges og diskuteres.



**Bilag 2  
Energifgifter  
(inkl. SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub>)**

Forbrug af energi i Danmark reguleres ved energi- og miljøafgifter, herunder især gennem miljøafgifter på metan, SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> og gennem energiafgifterne på kul, affaldsbrændsel, gas, olie og el. Der er ikke energiafgifter på VE-brændsler.

Energiafgifterne differentieres efter, om energiforbruget vedrører transport, rumvarme og andre husholdningsmæssige formål mv., produktionsprocesser eller elfremstilling.

Miljøafgifterne differentieres ikke efter anvendelse. Dog er CO<sub>2</sub>-udledninger vedrørende proces og elfremstilling i den CO<sub>2</sub>-kvoteomfattende sektor fritaget for CO<sub>2</sub>-afgift og belastes i stedet med CO<sub>2</sub>-kvoter. Miljøafgifterne beregnes som udgangspunkt ud fra udledningerne til luften af de miljøbelastende stoffer ved forbrug af brændsler.

Energiafgiftssystemet består dermed af tre forskellige typer af afgifter: energiafgifterne på energiindholdet i brændslerne, CO<sub>2</sub>-afgiften på ikke-kvoteomfattede CO<sub>2</sub>-udledninger samt afgifter på udledningerne af de forurenende og sundhedsskadelige stoffer NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>.

Energiafgifterne er fastlagt i fire forskellige love.

- ▶ Med lov nr. 419 af 14. juni 1995 blev der indført energiafgift på naturgas og bygas. Loven trådte i kraft 1. januar 1996.
- ▶ Med lov nr. 89 af 9. marts 1977 blev der indført energiafgift på elektricitet. Loven trådte i kraft 1. april 1977.

- ▶ Med lov nr. 265 af 9. juni 1982 blev der indført energiafgift på stenkul, brunkul, koks mv. Loven trådte i kraft 1. juli 1982.

- ▶ Med lov nr. 1092 af 19. december 1992 blev reglerne om afgift af visse mineralolieprodukter tilpasset EU's regler om harmoniserede varer. Loven trådte i kraft 1. januar 1993. Mineralolieafgiftsloven indeholder bestemmelser fra den tidligere gasafgiftslov fra 1979, bestemmelserne om benzinafgift, der blev indført i 1927 og fra olieafgiften, der blev indført i 1977.

### Energibeskatningsdirektivet

EU's energibeskatningsdirektiv fastlægger de overordnede rammer for energibeskatningen i EU-medlemslandene, herunder minimumsafgiftssatser på fossile brændsler og elektricitet.

Energibeskatningsdirektivet trådte i kraft 1. januar 2004. Kommissionen fremsatte 15. april 2011 forslag om en revision af energibeskatningsdirektivet. Forhandlingerne om forslaget pågår fortsat.

Minimumsafgiftssatserne er fastsat for hvert enkelt energiprodukt, og er differentieret efter anvendelsesformål mellem motorbrændstoffer og erhvervsmæssig henholdsvis ikke-erhvervsmæssig brug til opvarmning og elektricitet. Biobrændsler og elektricitet produceret ved VE er fritaget for de fælles minimumsafgifter.

Minimumsafgiftssatserne afspejler hverken energi- eller CO<sub>2</sub>-indhold. Endvidere skelner minimumssatserne ikke mellem energifgifter og CO<sub>2</sub>-afgifter. Såvel energifgifter som CO<sub>2</sub>-afgiften tæller med i forhold til overholdelse af minimumssatserne. I tabel 1 er angivet de gældende minimumssatser.

<b>Minimumsafgifter for brændsel til opvarmning og elektricitet</b>	<b>Erhvervmæssigt forbrug</b>	<b>Ikke-erhvervmæssigt forbrug</b>
Gasolie pr. 1.000 liter	21,00	21,00
Fuelolie pr. 1.000 liter	15,00	15,00
Petroleum pr. 1.000 liter	0,00	0,00
LPG pr. 1.000 kg	0,00	0,00
Naturgas pr. GJ	0,15	0,30
Kul og koks pr. GJ	0,15	0,30
Elektricitet pr. MWh	0,50	1,00

<b>Minimumsafgifter for motorbrændstoffer</b>	<b>Satser for landbrug, stationære motorer mv.1</b>	<b>Standard sats</b>
Blyholdig benzin pr. 1.000 liter		421,00
Blyfri benzin pr. 1.000 liter		359,00
Diesel pr. 1.000 liter	21,00	330,00
Petroleum pr. 1.000 liter	21,00	330,00
LPG pr. 1.000 kg	41,00	126,00
Naturgas pr. GJ	0,30	2,60

Tabel 1. EU's minimumssatser jf. Energibeskatningsdirektivet.

## Energiafgifter til rumvarme mv. og produktionsprocesser

De almindelige energiafgifter på fossile brændsler (olie, gas og kul) samt affald anvendt som brændsel er i princippet fastsat ud fra energiindhold (GJ) pr. enhed af varen.

Generelt beskattes brændsler som input, hvorimod el er beskattet som output. Derfor er brændsler til produktion af el fritaget for beskatning, mens forbruget af el pålægges afgift. Årsagen til, at el beskattes som output, er, at el importeres og eksporteres i stor målestok, og den el, der forbruges i Danmark, ønskes beskattet.

Produktionen af energityperne el, fjernvarme og bygas er såkaldt konverterede energityper baseret på input af andre energityper (brændsler), først og fremmest kul, olie og naturgas samt vedvarende energi (VE). Konverteringsprocessen involverer et betydeligt energitab (konverteringstab). Derfor er afgifterne pr. energiindhold væsentligt forskellige for den bruttoenergi i brændslerne, der er medgået til produktionen og nettoenergiindholdet i den producerede elektricitet.

Energiafgifterne på fossile brændsler til rumvarme – det normale afgiftsniveau – er balanceret omkring 70,6 kr. pr. GJ i 2013. Afgifterne indekseres med 1,8 pct. årligt til og med 2015, hvorefter den indekseres med nettoprisindekset. Dette afgiftsniveau bæres af husholdningerne og ikke-momspligtige virksomheder – herunder primært den finansielle sektor og den offentlige sektor – samt ved brug til rumvarme i momsregistrerede virksomheder. Forbrug af brændsler betragtes som udgangspunkt som forbrug anvendt til rumvarme mv., medmindre forbruget positivt er defineret som proces.

Momspligtige virksomheder betaler i 2013 en afgift på 9,0 kr. pr. GJ for brændsler til procesformål. Den effektive sats på 9,0 kr. pr. GJ for brændsler anvendt til procesformål fremkommer ved, at den fulde godtgørelse af energiafgifterne efter den normale sats på 70,6 kr. pr. GJ nedsættes med 12,7 pct.

Med Vækstplan DK og aftale om finansloven for 2014 nedsættes energiafgifterne på brændsler til proces til EU's minimumsafgifter (4,5 kr. pr. GJ) fra 2014. Der gives som hovedregel ikke godtgørelse for brændsler til komfort køling og rumvarme mv.

## Mineralogiske og metallurgiske processer

Momsregistrerede virksomheder, der anvender energi til visse særligt energiintensive processer – mineralogiske og metallurgiske processer, elektrolyse og kemisk reduktion – kan opnå en fuld godtgørelse af energiafgiften af brændsler og elektricitet forbrugt til disse processer.

## Energiafgift på VE-brændsler

Der er på nuværende tidspunkt ikke energiafgift på VE-brændsler. Det betyder, at der i 2013 er en afgiftsmæssig fordel på 70,6 kr. pr. GJ ved at benytte VE-brændsler fremfor fossile brændsler.

## Energiafgifter til el

Brændsler til elektricitetsproduktion er fritaget for energiafgift, idet den producerede el beskattes. Det medfører, at der også er afgift på VE-el.

Energiafgiften på elektricitet i husholdningerne udgør 75,5 øre pr. kWh i 2013 (svarende til 209,7 kr. pr. GJ), dog 34,1 øre pr. kWh (svarende til ca. 94,7 kr. pr. GJ) for forbrug udover 4.000 kWh i elopvarmede helårshuse. Satsen er umiddelbart meget højere end på brændsel. Det afspejler dog primært, at der bruges meget brændsel til fremstilling af elektricitet i traditionelle kraftværker. Ved en virkningsgrad på 41,3 ab forbruger svarer 75,5 øre pr. kWh til 86,6 kr. pr. GJ brutto på input-brændslet.

Den fulde elafgiftssats belaster også forbrug af elektricitet i virksomheder, der ikke er momsregistrerede.

Anvendes el i momsregistrerede virksomheder til procesformål, betales 2,1 øre pr. kWh i energiafgift i 2013. Hertil kommer et såkaldt eldistributionsbidrag på 1,0 øre pr. kWh af forbrug indtil 15 mio. kWh for momsregistrerede virksomheder i 2013. Modsat forbrug af brændsler opfattes forbrug af elektricitet som udgangspunkt som anvendt til procesformål. Visse momsregistrerede servicevirksomheder (advokater, arkitekter, bureauer, revisorer mv. omfattet af bilag 1 til elafgiftsloven) er imidlertid undtaget fra adgangen til godtgørelse af elafgiften.

Eldistributionsbidraget for virksomheder på 1,0 øre pr. kWh af forbrug indtil 15 mio. kWh. bortfalder fra 2014 som følge af Vækstplan DK.

For elektricitet anvendt til rumvarme, opvarmning af vand og komfortkøling betaler momsregistrerede virksomheder, herunder momsregistrerede liberale virksomheder omfattet af bilag 1 til elafgiftsloven, samme sats på 34,1 øre pr. kWh i 2013 som husholdninger betaler for elvarme.

For varmegærker kan der ydes en godtgørelse af elafgift af el til fremstilling af fjernvarme efter elpatronordningen, hvis betingelserne om kraft-varmekapacitet m.v. er opfyldt.

### **Energiafgifter til transport**

For energi til vejtransport er afgiftssatserne 71,8 kr. pr. GJ for dieselolie og 123,5 kr. pr. GJ for benzin i 2013. Der opkræves også energiafgift af biobrændstof til vejtransport. Der skelnes ikke mellem, om olien bruges af private eller i virksomheder. Momsregistrerede virksomheder, der forbruger afgiftspligtige brændsler som motorbrændstof til jordbrug, gartneri og landbrug mv., kan opnå godtgørelse for den fulde afgift nedsat med 1,8 pct. Der er fritagelser for mineralolieprodukter til skibe og fly.

Elektricitet, der anvendes til vejtransport, beskattes som el i momsregistrerede virksomheder til procesformål, dvs. med energiafgift på 2,1 øre pr. kWh i 2013, når der er tale om el til opladning af batterier på en virksomheds batteriskiftestationer eller via en elbilvirksomheds ladestander. Dette gælder også, når batteriskiftestationer og ladestander er placeret hos husholdninger eller i det offentlige rum, hvis elektricitetsforbruget måles, og der sker afregning med elbilvirksomheden. For eldrevne motorkøretøjer (ellerter), der oplades ved tilslutning til husholdningernes almindelige elforsyning, betales dog den almindelige elafgiftssats.

### **Svovl og NO<sub>x</sub>**

Svovlafgiften (SO<sub>2</sub>) og kvælstofoxidafgiften (NO<sub>x</sub>) opkræves af brændsler, hvor der ved forbrænding sker udledning af SO<sub>2</sub> eller NO<sub>x</sub> til luften. Det gælder fossile brændsler samt biobrændsel (halm, træflis mv.) og affald, der indfyres i produktionsanlæg med en indfyret effekt på over 1.000 kW, når brændslet indeholder over 0,05 pct. svovl. Afgifterne betales med udgangspunkt i målt eller beregnet emission til luft. I forhold til brændsler anvendt til transport skal der kun betales svovlafgift af brændsler og drivmidler med indhold af svovl på over 0,05 pct. Hermed er f.eks. benzin, let dieselolie, svovlfattig diesel og svovlfri dieselolie i praksis fritaget for svovlafgift.

Svovlafgiften blev indført med lov nr. 421 af 14. juni 1995 og udgør 22,20 kr. pr. kg afgiftspligtigt indhold af svovl (S) i brændslet eller 11,10 kr. pr. kg svovldioxid (SO<sub>2</sub>) udledt til luften i 2013. Afgiften indekseres med 1,8 pct. frem til og med 2015, hvorefter den indekseres med nettoprisindekset.

Virksomheder med et brændselsforbrug på mindst 0,1 PJ pr. år gives et bundfradrag på 50 g svovldioxid (SO<sub>2</sub>) pr. anvendt GJ (25 g svovl (S) pr. GJ for virk-



somheder, der ikke måler udledningen) for kulprodukter anvendt til tung proces (jf. bilag 1 til lov om kuldioxidafgift). Fradraget i afgiften gælder indtil udgangen af 2020.

NO<sub>x</sub>-afgiften blev indført med lov nr. 472 af 17. juni 2008. Som en del af finansloven for 2012 blev afgiften på kvælstofoxider forhøjet med virkning fra 1. juli 2012 og udgør i 2013 25,5 kr. pr. kg, hvor der sker måling af udledningerne. Afgiften indekseres med 1,8 pct. frem til og med 2015, hvorefter den indekseres med nettoprisindekset. Hvis udledningsvirksomheden ikke foretager målinger af den udledte mængde, betaler brændselsleverandøren NO<sub>x</sub>-afgiften ud fra standardsatser og standardemissionsværdier.

Virksomheder med særligt store udledninger pr. anvendt energienhed (GJ) gives et bundfradrag på 0,15 kg NO<sub>x</sub> pr. GJ. Det gælder for virksomheder, som i 2006 udledte mere end 0,5 kg NO<sub>x</sub> pr. GJ til luften, og som havde et årligt brændselsforbrug på over 5 PJ fra stationære anlæg i 2006. Med forhøjelsen af NO<sub>x</sub>-afgiften steg den beløbsmæssige værdi af bundfradraget. Imidlertid afventer det forhøjede fradrag i øjeblikket EU-Kommissionens godkendelse, og der er derfor sket en fastfrysning af den beløbsmæssige værdi af bundfradraget på 0,0312 kg. NO<sub>x</sub> pr. GJ. For meget betalt NO<sub>x</sub> afgift fra 1. juli 2012, og indtil ændringen i bundfradraget træder i kraft, kan tilbagebetales.

Virksomheder kan som hovedregel ikke få godtgjort NO<sub>x</sub>- eller svovlafgiften. Virksomheder, der begrænser udledningen af svovldioxid i luften igennem røgrænsning eller binding af svovl til andre materialer mv., kan dog få godtgørelse svarende til den mængde svovl, der i afgiftsperioden bortrenses eller bindes i andre materialer. For brændsler, der anvendes til erhvervsmæssigt skibsfart, er der mulighed for at få godtgjort svovlafgiften.

NO<sub>x</sub>- og SO<sub>2</sub>-afgiften har meget brede grundlag og er ens på tværs af de forskellige anvendelser (med enkelte undtagelser). De omfatter også VE. De effektive afgiftssatser udtrykt i kr. pr. GJ er forholdsvis lave, men afspejler de skønnede eksterne omkostninger ved SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.

### CO<sub>2</sub>-afgift

CO<sub>2</sub>-afgiften pålægges de samme energiarter, som er belastet af energiafgift.

Dog er vedvarende energi (VE) fritaget for CO<sub>2</sub>-afgift, idet VE forudsættes at være CO<sub>2</sub>-neutralt. Ligesom energiafgifterne er CO<sub>2</sub>-afgiftssatserne fastsat i metriske enheder for de forskellige brændsler.

CO<sub>2</sub>-afgift på visse energiprodukter blev indført ved lov nr. 888 af 21. december 1991. Loven trådte i kraft den 15. maj 1992. CO<sub>2</sub>-afgiftssatserne beregnes ud fra den mængde kulstof, der gennemsnitligt er indeholdt i de forskellige energiprodukter og dermed den mængde CO<sub>2</sub>, der udledes ved forbrænding.

For brændsler (kul, olie og gas) samt ikke-bionedbrydeligt affald anvendt som brændsel er satsen balanceret omkring 164 kr. pr. ton CO<sub>2</sub> i 2013 (svarende til 150 kr. pr. ton i 2008 niveau, som var den forventede kvotepris, da satsen blev fastlagt). CO<sub>2</sub>-udledningerne fra de forskellige fossile brændsler varierer. Derfor belastes kul med 15,6 kr. pr. GJ, gas med 9,3 kr. pr. GJ og dieselolie 12,1 kr. pr. GJ i 2013. Der skelnes ikke mellem, om brændslerne anvendes til rumvarme, proces eller vejtransport.

Ikke-kvoteomfattede virksomheder er tildelt et bundfradrag i CO<sub>2</sub>-afgiften for brændsler til tung proces. Bundfradraget i CO<sub>2</sub>-afgiftsloven svarer til gratiskvoterne for kvoteomfattede virksomheder.

Virksomheder, der er omfattet af CO<sub>2</sub>-kvoter, og hvor marginaludledningerne således belastes med omkostninger til CO<sub>2</sub>-kvoter (kvoteprisen), er fritaget for CO<sub>2</sub>-afgift af brændsler til proces.

Der betales også CO<sub>2</sub>-afgift af elektricitet, selvom elproduktion er kvoteomfattet. CO<sub>2</sub>-afgiften på elforbrug benævnes energispareafgift, men opkræves med hjemmel i CO<sub>2</sub>-afgiftsloven. Satsen for CO<sub>2</sub>-afgift på elektricitet er på 6,5 øre pr. kWh = 18,1 kr. pr. GJ i 2013 og gælder for elforbrug til rumvarme, vejtransport og let proces.

Virksomhedernes elforbrug til proces, dvs. elforbrug, der ikke direkte er elvarme, er opdelt i let og tung proces. Mens den almindelige sats gælder for let proces, kan momsregistrerede virksomheder få tilbagebetalt 57,3 pct. af afgiften for tung proces (særligt energiintensive processer, jf. bilag 1 til CO<sub>2</sub>-afgiftsloven), hvormed afgiften bliver knap 2,8 øre pr. kWh. i 2013. Der ydes endvidere tilskud til CO<sub>2</sub>-afgiften i virksomheder, som indgår en aftale med Energistyrelsen om energieffektiviseringer. Med en aftale kommer nettoafgiften for tung proces ned på ca. 0,3 øre pr. kWh.

Fra 2014 afskaffes CO<sub>2</sub>-afgiften på el (energispareafgiften) for virksomheder (for let og tung proces) som følge af Vækstplan DK.

### **Energiafgift på bioetanol og biodiesel**

Bioetanol og biodiesel er biobrændstoffer, som er fremstillet af biomasse. I afgiftsmæssig sammenhæng forstås biobrændstoffer som flydende eller gasformige brændstoffer, som er fremstillet af biomasse, og som anvendes som motorbrændstof.

Der betales i dag mineralolieafgift af biobrændstoffer, der bliver anvendt som motorbrændstof. Biobrændstoffet er dog fritaget for CO<sub>2</sub>-afgift. Afgiften på biobenzin og biodiesel er omregnet efter energiindhold, jf. lov nr. 528 af 17. juni 2008. Dermed bliver den reelle energiafgift den samme for bio-

brændstof og fossil brændstof.

Den typiske blanding for benzin er 95,2 vol. pct. fossilt benzin og 4,8 vol. pct. bioetanol. For dieselolie er den typiske blanding 93,2 vol. pct. fossilt diesel og 6,8 vol. pct. biodiesel. Der kan for begge blandinger være en variation på +/- 0,2 vol. pct.

Der er en fast afgiftssats for de to ovennævnte typiske blandinger. For svovlfri dieselolie med 6,8 pct. biobrændstoffer udgør energiafgiften 255,1 øre pr. liter i 2013. CO<sub>2</sub>-afgiften udgør 40,5 øre pr. liter. For blyfri benzin med 4,8 pct. biobrændstoffer udgør energiafgiften 396,0 øre pr. liter i 2013, mens CO<sub>2</sub>-afgiften udgør 37,4 øre pr. liter. Det vil sige, at der i alt betales 295,6 øre pr. liter svovlfri dieselolie med 6,8 pct. biobrændstoffer og 433,4 øre pr. liter blyfri benzin med 4,8 pct. biobrændstoffer.

Stort set al den benzin, der betales afgift af, er blyfri benzin med 4,8 pct. biobrændstoffer. Andelen udgjorde 99,7 pct. i 2012. For svovlfri dieselolie med 6,8 pct. biobrændstoffer udgjorde andelen 82,6 pct. i 2012.

### **Energiafgifter og affald**

Der betales som udgangspunkt energiafgift af affaldsvarme. Afgiften på affaldsvarme reguleres med kulafgiftsloven, der blev indført med lov 265 af 9. juni 1982, og loven trådte i kraft 1. juli 1982. Desuden betales NO<sub>x</sub>-afgift og svovlafgift af de fleste varer, som er omfattet af kulafgiftsloven. For svovlafgiften gælder dog, at svovlindholdet skal overstige 0,05 pct. Afgiftspligten kan derfor afhænge af anlægget. Endelig er affaldsforbrændingsanlæg med en samlet nominel indfyret termisk effekt på mere end 20 MW som udgangspunkt omfattet af kvoteordningen.

Ved forbrænding af affald skal der samlet betales affaldsvarmeafgift, tillægsafgift og CO<sub>2</sub>-afgift. Der skal dog kun betales CO<sub>2</sub>-afgift, hvis affaldet ikke er bionedbrydeligt.

Afgiftssatserne ved forbrænding af affald er pr. 1. februar 2013:

- › 58,8 kr. pr. GJ (indekseres) i affaldsvarmeafgift på output.
- › 31,8 kr. pr. GJ (indekseres ikke) i tillægsafgift: med fradrag for affaldsvarmeafgiften delt med 1,2 på input.

Samlet betales der således 58,8 kr. pr. GJ leveret varme (output).

CO<sub>2</sub>-afgiften er pr. 1. januar 2013 164,0 kr. pr. ton CO<sub>2</sub>. For ikke-bionedbrydeligt affald fastsættes CO<sub>2</sub>-indholdet til 28,34 kg CO<sub>2</sub> pr. GJ, hvilket giver 51,1 kr. pr. ton affald i 2013, forudsat at 1 ton affald indeholder 11 GJ.

### Kulprodukter og affaldsvarme omfattet af reglerne

Følgende varer er omfattet af afgiftspligten:

- › Varme produceret ved forbrænding af affald. Ved affald forstås affald, som det er defineret i lov om miljøbeskyttelse eller regler fastsat efter lov om miljøbeskyttelse.
- › Affald anvendt som brændsel til produktion af varme i anlæg. Ved affald forstås affald, som det er defineret i lov om miljøbeskyttelse eller regler fastsat efter lov om miljøbeskyttelse.

Alt affaldsvarme og alt affald, som bruges som brændsel, er dermed som udgangspunkt omfattet af afgiftspligten.

Imidlertid findes der også visse undtagelser for affaldsvarmeafgiften og tillægsafgiften, herunder

- › Biomasseaffald, der kan tilføres forbrændingsanlæg uden kommunal anvisning efter Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1637 af 13. december 2006 om biomasseaffald, i læs, der udelukkende indeholder denne type affald, herunder grene, stød og rødder fra have-park-affald.
- › Kødmel, benmel og fedt, som stammer fra forarbejdning af animalsk affald og tilføres et forbrændingsanlæg i hele selvstændige læs fra en godkendt forarbejdningsvirksomhed. Det er en betingelse for afgiftsfritagelsen, at kød- og benmelet ikke må anvendes i foderet til dyr, der anvendes til fødevarerproduktion. Dvs. affaldet må gerne kunne bruges til f.eks. foder til mink og petfood (f.eks. hunde- og kattefoder).

Desuden er der enkelte fritagelser alene for tillægsafgiften, herunder:

- › Fiberfraktioner efter afgang og separering af husdyrgødning. For at være omfattet af fritagelsen skal afgangningen ske i et husdyrgødningsbaseret biogasanlæg efter Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1650 af 13. december 2006 om brug af affald til jordbrugsformål (slambekendtgørelsen). Husdyrgødning er ikke omfattet af fritagelsen.
- › Farligt affald, herunder klinisk risikoaffald, der tilføres et forbrændingsanlæg i læs og kun indeholder farligt affald. Værker, der forbrænder farligt affald, skal fra og med 1. januar 2015 betale tillægsafgift af farligt affald, der anvendes som brændsel til produktion af varme.

Det følger heraf, at der som udgangspunkt betales affaldsvarmeafgift og tillægsafgift af såvel fossilt affald som VE-affald.

### **Opgørelse af affaldsvarmeafgiften og tillægsafgiften**

Der gælder forskellige regler for henholdsvis affaldsvarmeafgiften og for tillægsafgiften. Afgiftsgrundlaget for affaldsvarmeafgiften opgøres på baggrund af den producerede varme, hvor afgiftsgrundlaget for tillægsafgiften følger energiindholdet i affaldet. Med andre ord er affaldsvarmeafgiften en afgift på output-varme, mens tillægsafgiften er en afgift på input-energi.

Reglerne følger det almindelige princip i energifgiftslovene om, at der ikke skal betales afgift af affaldsvarme/affald, der anvendes til at fremstille elektricitet. Derudover er affaldsvarmeafgift på den varme, som momsregistrerede virksomheder anvender til procesformål, omfattet af de almindelige godtgørelsesregler.

### **[fi] Forsyningsikkerhedsafgiften**

Som angivet i afsnit [fii] reguleres forbrug af energi i Danmark ved energi- og miljøafgifter, herunder især gennem miljøafgifterne på metan, SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> og gennem energifgifterne på kul, affaldsbrændsel, gas, olie og el.

Med forslaget om forsyningsikkerhedsafgiften (FSA), der har været sendt i høring i efteråret 2013, er foreslået en række ændringer:

- › Energifgifterne på fossile brændsler til al rumvarme mv. hos både virksomheder og husholdninger stiger.
- › Der indføres en afgift på biomasse til al rumvarme mv. hos både virksomheder og husholdninger. Denne afgift stiger parallelt med afgiften på fossile brændsler. Dog er det aftalt, at FSA

på biomasse skal være 7,5 kr. pr. GJ (2010-priser) højere end på de fossile brændsler i 2020. Afgiftsfordelen for VE-brændsler indskrænkes dermed med FSA.

- › Energifgifterne på biomasse tilpasses.

Energifgifter, hvor energiforbruget anvendes til transport, energifgifter på elektricitet, og miljøafgifter berøres således ikke af forslaget, og de beskrives derfor ikke nærmere.

Det er forventningen, at FSA vil medføre en stigning i afgiften for fossile brændsler anvendt til rumvarme mv. på ca. 22,2 kr. pr. GJ i 2020 og en afgift på VE-brændsler anvendt til rumvarme mv. på ca. 30,2 kr. pr. GJ i 2020 (2014-priser). Dog blev første del af den samlede FSA indført 1. februar 2013, hvormed de fossile brændsler anvendt til rumvarme blev forhøjet med 10,3 kr. pr. GJ.

Med indførelse af energifgift på VE-brændsler ensrettes energifgifterne på biomasse. I dag sker der en afgiftsmæssig forskelsbehandling af forskellige typer VE. De fleste typer VE er fritaget for afgift, mens andre typer VE er pålagt samme energifgift som fossile brændsler. Det er f.eks. VE-affald såsom husdyrgødning, papir-, pap- og træaffald og spildevandsslam.


En fortsat afgiftsmæssig differentiering vurderes at være uhensigtsmæssig. Derfor vil afgiften for rent VE-affald, der i dag er pålagt den høje fossile energifgift, blive reduceret til den lavere FSA.

Af tabel 1 fremgår afgiftssystemet for de afgifter, der påvirkes af forsyningsikkerhedsafgiften før og efter indførelse af forsyningsikkerhedsafgiftens 1. og 2. fase. Til sammenligning skal det nævnes, at energifgiften udgjorde 53,6 kr. pr. GJ d. 31. december 2009.

## Bioenergien

Kr. pr. GJ, 2014-priser	Energiafgift før FSA 1. fase (1.1.2010-31.1.2013)	Energiafgift før FSA 2. fase (1.2.2013-31.12.2013)	Energiafgift efter FSA i 2014	Energiafgift efter FSA i 2020	CO <sub>2</sub> -afgift
<b>Til rumvarme mv.</b>					
Fossile brændsler <sup>1</sup>	61,6	71,8	73,2	83,8	9,6-15,9 <sup>2</sup>
VE-affald <sup>3</sup>	61,6	71,8	11,6	30,2	0
VE-brændsler omfattet af FSA	0	0	11,6	30,2	0
VE-brændsler, fritaget for FSA <sup>4</sup>	0	0	0	0	0
<b>Til proces</b>					
Fossile brændsler <sup>1</sup>	8,8 <sup>5</sup>	4,5	4,5	4,5	9,6-15,9 <sup>2</sup>
VE-affald <sup>3</sup>	8,8 <sup>5</sup>	4,5	0	0	0
VE-brændsler omfattet af FSA	0	0	0	0	0
VE-brændsler ikke omfattet af FSA <sup>4</sup>	0	0	0	0	0
<b>Til elfremstilling</b>					
Fossile brændsler <sup>1</sup>	0	0	0	0	0,0-15,9 <sup>6</sup>
VE-affald <sup>3</sup>	0	0	0	0	0,0-15,9 <sup>6</sup>
VE-brændsler omfattet af FSA <sup>7</sup>	0	0	0	0	0,0-15,9 <sup>6</sup>
VE-brændsler ikke omfattet af FSA <sup>4</sup>	0	0	0	0	0,0-15,9 <sup>6</sup>
<b>Afgiftsfordel VE- vs. fossil brændsel</b>					
Til rumvarme	61,6	71,8	61,6	53,6	0
Til proces	8,8	4,5	4,5	4,5	0
Til el	0	0	0	0	0

Tabel 1. Afgiftssatser for brændsler. 1. De fossile brændsler omfatter olie, kul, gas samt affaldsbrændsel med fossilt indhold. 2. Afgiftssatsen varierer med det konkrete CO<sub>2</sub>-indhold. 3. VE-affald (f.eks. slam, affald fra træindustrien, gødning m.v.) uden fossilt indhold vil blive omfattet af satserne for VE-brændsel. 4. Der er ikke FSA på sankebrænde, brænde fra egen eller nabos have og små skove samt egen import under 1.000 kr. grænsen. 5. Satsen varierede i perioden og udgjorde ultimo 2012 8,8 kr./GJ. Der er lavere satser til jordbrug, mineralogiske processer og metallurgiske processer. 6. For kvoteomfattede kraft- og kraftvarmeværker er der afgiftsfrihed efter CO<sub>2</sub>-afgiftsloven i samme omfang, som der er afgiftsfrihed efter energiafgiftslovene. Derimod skal ikke-kvoteomfattede kraft- og kraftvarmeværker betale CO<sub>2</sub>-afgift af forbruget af afgiftspligtige brændsler. 7. Der kan gives et elproduktionstilskud på 41,66 kr. pr. GJ.



**Bilag 3  
Supplerende  
beskrivelse af  
rammevilkår**

## Rammevilkår vedr. energi og klima

### 1. LULUCF-kategorierne og deres udformning

Tabellen viser de forskellige LULUCF-kategorier, hvor de beskrives i Kyoto-protokollen, samt om de er frivillige eller obligatoriske. Det skal bemærkes, at skovforvaltning (FM) var frivillig under første Kyoto-periode (2008-2012) (KPI), mens det er obligatorisk under anden Kyoto-periode (2013-2020) (KPII).

Type	Forkortelse	Dansk betydning	Artikel	KP I	KPII
Afforestation, Reforestation and Deforestation	ARD	Skove plantet eller ryddet efter 1990	3.3	Obli.	Obli.
Forest Management	FM	Forvaltningen af skove fra før 1990	3.4	Valgfri	Obli.
Cropland Management	CM	Forvaltningen af dyrket jord	3.4	Valgfri	Valgfri**
Grazing Land Management	GM	Forvaltningen af vedvarende græs	3.4	Valgfri	Valgfri**
Revegetation	RV	Genetablering af plantedække på udpinte/øde arealer	3.4	Valgfri	Valgfri**
Wetland Drainage and Rewetting	WDR	Dræning og genetablering af vådområder	3.4	*	Valgfri*
Harvested Wood Products	HWP	Høstet vedmasse brugt i eks. byggeri	3.4	*	*

Tabel. LULUCF typer og rolle i klimaindsatsen.

\* Ikke inkluderet i første forpligtelsesperiode, reglerne er endnu ikke fastlagt.

\*\* Dog obligatorisk hvis kategorien har været valgt til under KP I.

ARD – skove plantet eller ryddet efter 1990 dækker over det CO<sub>2</sub>-optag/udslip, der er forbundet med ændringer i det samlede skovareal efter 1990. Skovrejsning vil generere kreditter, mens skovrydning betyder øget udledning. Effekten af ARD er baseret på ændringer i den samlede, bundne mængde CO<sub>2</sub> (stock), der står på de pågældende arealer. ARD er obligatorisk for alle parter.

FM – forvaltning af skove fra før 1990 dækker over håndteringen af den skovmasse, der eksisterede i 1990. Driftsformen har betydning for mængden af biomasse pr. areal, og øger man biomassen pr. areal, vil man kunne opnå RMU-kreditter svarende til den bundne CO<sub>2</sub>. Hvis der omvendt sker en udtynding af biomasse pr. areal, vil dette tælle som

## Betydningen af LULUCF for biomasseanvendelsen

øget udledning. Der er ligeledes tale om en "stock"-ændrings-opgørelse. Opgørelsen af, om der netto er bundet eller udledt CO<sub>2</sub> i en skov fra før 1990, baserer sig under anden forpligtelsesperiode på den reelle udvikling i biomasse/areal i forhold til den prædefineret baseline, der angiver alt-andet-lige-forventningen til udviklingen i biomassen/ha. Dette betyder, at der skal bindes mere carbon end man har antaget i sin fremskrivning af skovenes udvikling.

CM, GM, RV, WDR – forvaltning af dyrket jord, græsningsarealer, øde/udpinte arealer samt vådområder dækker over CO<sub>2</sub> regnskabet ved forvaltningen af det pågældende areal, set i forhold til CO<sub>2</sub>-regnskabet i basisåret 1990. Reduceres drivhusgasudledningen ved forvaltningen pr. ha i forhold til basisåret, vil det generere RMU-kreditter, uanset at der fortsat samlet set er udledning ved forvaltning. Dette kaldes "net-net-princippet", og er altså en sammenligning af netto-udledningerne forbundet med forvaltningsmetoderne og ikke ændringer i den bundne mængde CO<sub>2</sub> på arealet.

HWP – høstet vedmasse brug til eks. byggeri dækker over en udbygning af reglerne omkring Forest Management. Formålet er at tage hensyn til slutanvendelsen af træet. Hvis træ anvendes i eksempelvis byggeri eller til papir frem for at blive brændt af til energiformål, vil træets carbon blive tilbageholdt i en periode, før den frigives til atmosfæren. Dermed optræder der en sink-effekt, som kan tages med i det samlede billede af udledningerne. HWP forudsætter et troværdigt overvågningssystem. Kreditter genereres på baggrund af mængden af tilbageholdt carbon samt den tid, den forventes at være tilbageholdt. Der kan kun indregnes træ fra nationalt skovbrug – dvs. ikke importeret træ.

Groft sagt vil biomassen fra en arealtype, der er inddraget i den nationale reduktionsindsats via LULUCF-reglerne blive behæftet med en carbon-pris, og kan ikke længere nødvendigvis betragtes som CO<sub>2</sub>-neutral.

For vedbaseret biomasse vil gælde, at hvis udtaget af biomasse betyder en reduktion i skovarealet eller reduktion i tilvækst af skovarealet i forhold til 1990, vil biomassen blive behæftet med en carbon-pris.

Reduceres skovarealet, vil landet skulle stå til regnskab for den udledning, som dette giver anledning til, og reduceres tilvæksten i skovarealet, vil landet gå glip af en RMU-kredit. Under alle omstændigheder vil landet skulle modvirke dette med alternative klimatiltag, hvilket giver en carbon-pris på biomassen svarende til prisen på det alternative tiltag. Hvis udtaget fra skove efter 1990 ikke betyder reduceret skovareal eller reduceret tilvækst i skovareal, vil biomassen fortsat kunne betragtes som CO<sub>2</sub> neutral og uden carbon-pris, da det ikke vil medføre omkostninger til alternative tiltag.

For skove fra før 1990 gælder, at udtagning i princippet altid vil have en carbon-pris. Selv hvis udtaget betyder, at man følger den indmeldte baseline for biomasse/areal, så vil udtaget principielt betyde, at landet går glip af en RMU-kredit, man kunne have opnået, hvis man i stedet havde ladet biomassen stå og øget biomassen pr. areal. Denne kredit ville betyde, at man kunne slække på reduktionsindsatsen et andet sted i økonomien, og medfører på denne måde en alternativ omkostning, selv hvis baseline fastsat er meget lavt. Hvis udtaget betyder, at udviklingen i biomasse/areal bliver mindre end baseline, vil det reelt betyde, at landets udledninger vokser, og at der dermed skal foretages en yderligere reduktionsindsats et andet sted for at modsvare dette.



For de øvrige kategorier gælder, at hvis biomasse-udtaget betyder, at man ændrer (i negativ retning) de årlige udledninger pr. areal i forhold til den nuværende forvaltningsform, vil udtaget have en carbon-pris. Dette gør sig gældende, hvad enten udtaget betyder reelt øgede udledninger eller blot giver anledning til at udledningen fra arealet ikke falder så meget som den kunne have gjort under alternative forvaltningsformer. I det første tilfælde skal der leveres yderligere reduktioner et andet sted i økonomien, og i det andet tilfælde vil landet gå glip af en RMU-kredit, der kunne have været brugt til målopfyldelse. Hvis udtaget af biomasse ikke ændrer på udledningerne og ikke betyder, at man går glip af en ellers realiserbar reduktion i udledninger, vil biomasseudtaget ikke have en carbon-pris.

Generelt vil den konkrete forvaltning af udtag af biomasse være afgørende for, om der kommer en carbon-pris på biomassen, og det er samtidig af stor betydning, at overvågningsmekanismerne kan opfange konsekvenserne af de forskellige forvaltningsformer.

Det vil i vidt omfang være nationalstaterne, der mærker omkostningerne ved øget biomasseudtag via deres reduktionsforpligtelser (i det omfang de optræder), mens det vil være private aktører, der træffer forvaltningsbeslutninger baseret på markedsvilkår, der for en stor dels vedkommende afgør, hvorledes biomasseudtaget tilrettelægges.

LULUCF-udledninger er desuden stærkt afhængige af klimatiske forhold. Klimaeffekten af policy-tiltag kan derfor (især på kort sigt) forsvinde i de klimatiske udsving.

### Hvem er omfattet af LULUCF

EU er som helhed part til Kyoto-protokollen, og medlemsstater har i første forpligtelsesperiode inkluderet udledningerne under art. 3.3 – skovearealet efter 1990 – i deres målopfyldelse. Anden forpligtelsesperiode 2013-2020 er pt. ved at blive ratificeret i EU, og et led i forudsætningerne for deltagelse i

anden periode er, at både skov fra før og efter 1990 er inkluderet i målopfyldelsen. Det er derfor forventningen, at samtlige 28 medlemsstater vil have forvaltningen af deres skovressourcer med i deres klimapolitiske overvejelser.

EU's Klimaindsats for årene 2013-2020 er fastlagt under EU's Klima- og Energipakke, og lever medlemsstaterne op til Klima- og Energipakken, vil de og EU som helhed automatisk leve op til forpligtelserne under Kyoto-protokollens anden periode. LULUCF er ikke inkluderet i Klima- og Energipakken, og det betyder, at lever EU op til Klima- og Energipakkens forpligtelser, indfris EU's forpligtelser samtidigt under Kyoto-protokollen, uden at et LULUCF-optag har bidraget hertil. Det betyder reelt, at LULUCF relateret til EU's skove kun vil være relevant i tilfælde af, at skovforvaltningen giver anledning til betydeligt øget udledning. Denne øgede udledning vil ikke blive reguleret gennem Klima- og Energipakken, men tælle i regnskabet under Kyoto-protokollen. Der kan dermed opstå en situation, hvor LULUCF udledninger vil give anledning til, at et medlemsland vil skulle levere yderligere reduktionsindsats (ud over Klima- og Energipakken) for at EU kan leve op til Kyoto-forpligtelserne. EU vil i den forbindelse særskilt tage stilling til, hvorledes dette skal håndteres.

I første forpligtelsesperiode har 18 ud af 18 medlemsstater frivilligt valgt Forest Management til. Tilsvarende har tre lande (Danmark, Portugal og Spanien) tilvalgt Cropland Management, mens Grazing Land Management er tilvalgt af to lande (Danmark og Portugal). Rumænien har som det eneste EU land tilvalgt Revegetation. Fælles for disse lande er, at de også fremover vil være forpligtet til at inddrage CO<sub>2</sub>-optag og udledning fra de pågældende kategorier.

## 2. Emission Trading System (ETS) – fritagelse for returneringsforpligtelse og bæredygtighedskriterier

I EU's kvoteordning<sup>17</sup>, som omfatter ca. 360 produktionsenheder (kvotevirksomheder) i Danmark, herunder de største energiselskaber, kan virksomheder, der anvender biomasse, sætte emissionsfaktoren til nul ved CO<sub>2</sub>-rapporteringen. Det er under forudsætning af, at biomassen er 100 pct. bio-nedbrydelig og ikke har fossil oprindelse. Ved at sætte emissionsfaktoren til nul fritages virksomheden for at returnere kvoter.

I tredje kvotehandelsperiode tildeles gratis kvoter til kvoteomfattede virksomheder efter benchmarks, f.eks. efter varmeproduktionen. Elproduktion tildeles ikke kvoter.

EU-Kommissionen<sup>18</sup> udmeldte under forberedelsen til tredje kvotehandelsperiode 2013-2020, at det forhold, at emissionsfaktoren kan sættes til nul i EU's kvoteordning for anvendelse af biomasse, anses for at være finansiel støtte. Derfor finder VE-direktivets bæredygtighedskriterier anvendelse i EU's kvoteordning for de brændsler og anvendelser, der er fastsat i direktivet. Det vil sige stationære virksomheder, som anvender flydende brændsler, og luftfartsoperatører, i det omfang de er omfattet af kvoteordningen, som anvender biobrændstoffer. Reglerne trådte i kraft 1. januar 2013 og er tilsvarende de regler, der gælder for biobrændstoffer i transportsektoren<sup>19</sup>.

Inden for de seneste tre år skønnes ca. 30 kvotevirksomheder at have anvendt flydende biobrændsler. Hvis forslaget om ændring af energibeskatningen vedtages, er forventningen dog, at anvendelsen af flydende biobrændsler helt vil ophøre. Der er foreløbigt ingen luftfartsoperatører blandt de operatører, som Danmark administrerer, der anvender biobrændstoffer.

Kvotevirksomheder, som udelukkende anvender biomasse udgår dog af EU's kvoteordning<sup>20</sup>, og undtages dermed også fra bæredygtighedskrav, som måtte gælde det pågældende brændsel – med mindre de uden for ordningen modtager anden finansiel støtte eller i øvrigt måtte være omfattet af VE-direktivets bæredygtighedskriterier. Der er pt. omkring 80 kvotevirksomheder, som forventer at anvende biomasse – enten fast, gasformig eller flydende.

I EU's kvoteordning kan en kvotevirksomhed, som kan dokumentere, at der er annulleret såkaldte bionaturgascertifikater, sætte emissionsfaktoren til nul ved den årlige CO<sub>2</sub>-rapportering og fritages dermed for at returnere kvoter. Energinet.dk har etableret et system for oprindelsesgarantier for bionaturgas i form af bionaturgascertifikater. Gascertifikater udstedes for den biogas, der opgraderes til gassystemet, og gør det muligt at spore bionaturgassen gennem forsyningskæden – fra biogasproducenten, via opgraderingsanlægget og ud til forbrugerne.

17. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2009/29/EF af 23. april 2009 om ændring af direktiv 2003/87/EF med henblik på at forbedre og udvide ordningen for handel med kvoter for drivhusgasemissioner i Fællesskabet, som implementeret ved lov nr. 1095 af 28. november 2012 om CO<sub>2</sub>-kvoter

18. Præambel fra KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 601/2012 af 21. juni 2012 om overvågning og rapportering af drivhusgasemissioner i medfør af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2003/87/EF.

19. Bekendtgørelse nr. 1182 af 12. december 2012 om bæredygtighed m.v. af biobrændstoffer og flydende bio-brændsler, som anvendes til aktiviteter omfattet af lov om CO<sub>2</sub>-kvoter

20. Med udgangen af 2012 udgik i størrelsesordenen 30 danske kvotevirksomheder af EU's kvoteordning omkring – virksomheder, som udelukkende anvendte biomasse (fortrinsvis fast biomasse). I det omfang, der blev anvendt fossile brændsler til opstart og nedlukning af anlæggene, var dette ikke til hinder for, at der blev truffet afgørelse om, at virksomheden skulle træde ud af EU's kvoteordning.

### 3. Affaldshåndtering og affaldsforbrændingskapacitet

EU's affaldsrammedirektiv<sup>21</sup> regulerer overordnet affaldsområdet, mens mere konkret regulering sætter rammer for anvendelse af specifikke typer af affald, f.eks. elektronisk affald, eller for bestemte handlinger med affald, f.eks. import og eksport. Reguleringen findes primært i miljøbeskyttelsesloven og affaldsbekendtgørelsen<sup>22</sup>, som hører under Miljøministeriets ressortområde.

### 4. Affaldsprislofter og hvile-i-sig-selv priser for affaldsforbrænding

Taksterne for forbrænding af affald er ifølge dansk lovgivning<sup>23</sup> omfattet af hvile-i-sig-selv-princippet. Det betyder, at prisen for at forbrænde affald er residualt beregnet som alle omkostninger minus indtægter fra salg af varme og el. Der er således ikke givet mulighed for at optjene overskud. Økonomien skal hvile i sig selv over en årrække.

For levering af fjernvarme kan affaldsforbrændingsanlægget maksimalt kræve den laveste af enten den omkostningsbestemte pris, en aktuel substitutionspris fra et konkurrerende varmeproduktionsanlæg eller prisloftet, som udmeldes årligt den 15. oktober, gældende for et kalenderår ad gangen. Energitilsynet har udmeldt et generelt dækkende prisloft for 2014, for prisaftaler indgået efter 1. januar 2013, på 91 kr. pr. GJ før tillæg af forsynings-sikkerhedsafgiften<sup>24</sup>. Se figur 56.

21. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/98/EF af 19. november 2008 om affald og ophævelse af visse direktiver.

22. Derudover er der udstedt en række bekendtgørelser om specifikke ting som f.eks. affaldsdatasystemet.

23. Miljøbeskyttelsesloven og elforsyningsloven

24. Bekendtgørelse nr. 1213 af 17. december 2012 om fastsættelse af prislofter og maksimalpriser for fjernvarme fra affaldsforbrændingsanlæg.

## 5. Oversigt over biomassepålæg

Selskab	Pålæg : Driftsklar kapacitet til rådighed	Udløb pålæg
DONG Energy	<b>Øst for Storebælt:</b> 300.000 tons træ 20.000 tons halm 140.000 tons uspecificeret biomasse 150.000 tons halm på Avedøreværket  <b>Vest for Storebælt:</b> 300.000 tons uspecificeret biomasse 200.000 tons træflis på Herningværket 100.000 tons halm på Studstrupværket	Pålæggene bortfalder den 3. juni 2022, hvilket er 20 år fra de oprindelige bevillingers udstedelse.
Vattenfall	<b>Øst for Storebælt:</b> 130.000 tons uspecificeret biomasse på Amager-værket  <b>Vest for Storebælt:</b> 150.000 tons halm på Fynsværket	Pålæggene bortfalder den 1. juli 2026, hvilket er 20 år fra bevillingens udstedelse.

Figur 56. Oversigt over biomassepålæg.

## 6. Brændstofs-kvalitetsdirektivet

Miljøstyrelsens ressortområde omfatter kvaliteten af benzin, diesel, gasolie og biobrændstoffer samt kvalitetskontrol med benzin og dieselolie.

Krav til kvaliteten af benzin omfatter grænseværdier for kulbrinter, ilt, oxygenater, svovl, bly, mangan, damtryk, oktantal og fordampningsegenskaber. Blandt oxygenaterne kan nævnes etanol og metanol, som maksimalt må udgøre henholdsvis 10 og 5 volumenprocent. Direktivet stiller krav om, at der skal markedsføres benzin med et maksimalt indhold af etanol på 5 pct. indtil 2013, og med mulighed for at medlemsstaterne kan forlænge perioden. I Danmark er perioden forlænget til 1. januar 2015.

Krav til kvaliteten af dieselolie omfatter grænseværdier for PAH'er, svovl, mangan, FAME, cetenal, massefylde og fordampningsegenskaber.

Kontrollen med kvaliteten af benzin og dieselolie omfatter udtagning af brændstofprøver til analyse på et antal tankstationer fordelt efter geografi, selskabernes markedsandele og årstid. Resultaterne skal rapporteres til Kommissionen.

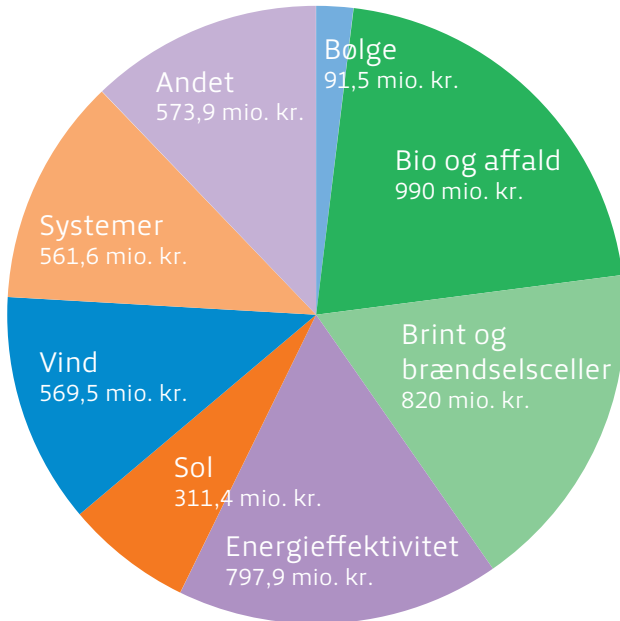
For gasolie er der krav om, at det kun må anvendes i traktorer og mobile ikke-vejgående maskiner, herunder fartøjer til sejlads på indre vandveje og fritidsfartøjer, hvis der overholder direktivets krav til svovlindhold.

Ved salg af biobrændstofblandinger, dvs. brændstofblandinger med en andel af biobrændstof på mere end 10 pct., skal brugerne oplyses herom på salgsstedet.

## Bioenergi

### 7. Tilskud til forskning og udvikling indenfor bioenergi

Figur 57 nedenfor viser de samlede tilskud fra EUDP, Energinet.dk, Dansk Energi og Højteknologifonden fordelt på teknologiområder 2008 – 2012.



Figur 57. Forskning i VE m.v.

”Bio & affald” er også det teknologiområde, der samlet set har fået den største del af EUDPs midler. I alt har 57 bioenergi-projekter modtaget 420 mio. kr. i støtte fra 2008-2012. Området omfatter fast biomasse, biogas og flydende biobrændsler, herunder en særlig pulje på 200 mio. kr. til produktions-teknologier for 2. generations bioetanol, som blev afsat fra politisk side.

Projekterne fokuserer f.eks. på at forbedre de processer, der omdanner biomassen til energi. Det kan f.eks. være at udnytte biomassen optimalt ved både at producere flydende biobrændstof og foder samtidig med, at næringsstofferne tilbageføres.

Mange forsknings- og udviklingsaktiviteter fokuserer på at udnytte de særlige fordele ved bioenergi, nemlig at biomasse ofte kan lagres og dermed bruges, når der ikke er vind eller sol, og at biomasse kan levere en høj energitæthed – altså meget energi

i et lille volumen – som der f.eks. er behov for til transport. Projekterne fokuserer ofte på at skabe mulighed for et effektivt og fleksibelt samspil med andre energikilder. Endelig inddrager projekterne ofte miljøaspekter, som lugt og håndtering af aske, samlet energiregnskab m.v.

#### EUDP tilsagn 2008 – 2012

NB: kun 248 ud af 420 mio. kr. er kategoriseret.

	Antal projekter	Total tilsagn (mio. kr.)	Total-budget (mio. kr.)
Flydende biobrændstoffer	12	115	377
Biogas	14	50	120
Faste biobrændsler	11	83	224

### Rammevilkår for andre sektorer

#### Tømmer- og skovregulering

Drift af skov er et nationalt anliggende og derfor ikke underlagt EU-regulering som sådan. Handel med træ og træprodukter er imidlertid et fælles EU-anliggende. EU har som led i bekæmpelsen af ulovligt fældet træ vedtaget en forordning, der gør det ulovligt i første led at bringe ulovligt fældet træ og træprodukter heraf på EU’s indre marked. Det gælder også for træprodukter, der importeres ind i EU.

Som en del af definitionen for lovligt træ omfattes relevant lovgivning inden for miljø- og skovbrugslovgivningen, herunder lovgivning om skovforvaltning og bevarelse af den biologiske mangfoldighed. Kravet om lovlighed er således et første skridt til at sikre bæredygtighed.

## Skovstrategi

EU-Kommissionen sendte i september 2013 en meddelelse om en ny EU-skovbrugsstrategi i høring. Centrale fokusområder i strategien er udvikling af et multifunktionelt og dokumenterbart bæredygtigt skovbrug i EU samt styrkelse af en ressourceeffektiv optimering af bidraget fra skove og skovsektoren til udvikling af landdistrikter, vækst og jobskabelse. Der er også fokus på midler til sikring af skovens økosystemstjenester, herunder styrket beskyttelse af skovens biodiversitet, ligesom der er fokus på at styrke det globale ansvar for skovene og fremme af bæredygtig produktion og bæredygtigt forbrug af skovprodukter.

### Vejledende principper

Meddelelsen foreslår følgende tre overordnede principper for forvaltning af skove og den skovbaserede sektor i EU:

- › Bæredygtig skovforvaltning og skovens mangeartede funktioner, forsyning af varer og tjenester på en afbalanceret måde og sikring af skovens beskyttelse
- › Ressourceeffektivitet, optimering af bidraget fra skove og skovsektoren til udvikling af landdistrikter, vækst og jobskabelse
- › Et globalt ansvar for skovene og fremme af bæredygtig produktion og bæredygtigt forbrug af skovprodukter.

### 2020-mål

Meddelelsen foreslår som et overordnet mål frem mod 2020, at det sikres og påvises, at alle skove i EU forvaltes efter principperne for bæredygtig skovforvaltning, og at EU's bidrag til fremme heraf, og til begrænsning af skovrydningen på globalt plan, styrkes. Som midler peges på, at EU bidrager til at afbalancere skovens forskellige funktioner, imødekomme efterspørgsel og sikre vitale økosystemtjenester samt at understøtte, at skovsektoren kan yde et konkurrencedygtigt og bæredygtigt bidrag til den biobaserede økonomi.

25. Med toldkode 4401

## FLEGT-aftale med ikke-EU-lande (Voluntary Partnership Agreement VPA)

EU har indgået 6 frivillige partnerskabsaftaler (FLEGT-aftaler) og er i forhandling med en række andre lande, der eksporterer træ og træprodukter til EU. Af aftalerne fremgår den relevante lovgivning i landene, der skal være overholdt for, at træet kan sælges med FLEGT-licens som dokumentation for lovligheden. I en række af aftalerne indgår miljø og bæredygtighedskrav som en del af det lovgrundlag, der skal være overholdt, men FLEGT-licenserne er ikke pr. automatik dokumentation for bæredygtigt skovbrug.

Rydning af skov i forbindelse med ændret arealanvendelse eksempelvis til landbrug, minedrift og gummiplantager vil fortsat kunne gennemføres lovligt i VPA-landene. Træ til brændsel<sup>25</sup> er ikke omfattet af alle aftalerne, hvorfor eksport fra VPA-lande uden for denne varegruppe ikke er garanti for lovlig og bæredygtig skovdrift.

### Landbrugsstøtte

EU's kommende landdistriktsprogram 2014-2020 giver mulighed for at yde støtte til bl.a. projekter, der omfatter samarbejde mellem aktører i forsyningskæden om bæredygtig produktion af biomasse til brug i fødevarer, energiproduktion og industriprocesser. Det næste danske landdistriktsprogram er under udarbejdelse.

Det fremgår af regeringens vækstplan vand, bio og miljøløsninger fra marts 2013, at regeringen vil sikre, at eksisterende tilskudsordninger kan søges til indsatser, der fremmer teknologier, som har til formål at gøre indsamling, transport, forbehandling og raffinering af biomasse mere rentabel. Landdistriktspolitikken nævnes som en mulighed for at støtte aktiviteter i landbruget eller landdistrikterne, som har til formål at understøtte overgangen til en biobaseret økonomi.

## Affaldshåndtering og affaldsforbrændingskapacitet

### 12-årige planer for affaldshåndtering

I affaldsrammedirektivet indgår krav om, at der skal udarbejdes en 12-årig national plan for affaldshåndtering, som skal revideres mindst hvert 6. år. Planen skal bl.a. indeholde en beskrivelse af den nationale affaldspolitik og prioriteringen på affaldsområdet samt EU- og nationale mål for håndteringen af de samlede affaldsmængder. Planen udarbejdes i Danmark af Miljøministeriet. Med udgangspunkt i den udarbejder kommunerne tilsvarende 12-årige affaldsplaner, som skal revideres mindst hvert 6. år. Planerne må ikke stride mod den nationale affaldshåndteringsplan<sup>26</sup>. De kommunale planer omsættes i et husholdningsaffaldsregulativ og et erhvervsaffaldsregulativ, som beskriver de lokale regler og ordninger, som borgerne og virksomhederne skal følge.

### Affaldsforbrændingskapacitet

I affaldsrammedirektivet indgår endvidere, at medlemslandet har pligt til at sikre kapacitet til affaldsforbrænding. I Danmark er det kommunerne, der har pligt til at sikre kapaciteten og kan enten ske ved, at kommunerne selv opfører kapaciteten, eller ved at kommunen tegner kontrakt med en kommerciel aktør eller en anden kommune, som ejer et anlæg.

Forbrændingseget affald er i dag undergivet kommunal anvisningsret og -pligt. Kommunerne indsamler forbrændingseget affald (dagrenovation) fra husholdningerne og i nogle tilfælde også fra virksomheder, der har til huse i områder med blandet bolig og erhverv og sender affaldet til det forbrændingsanlæg, kommunen er medejere af<sup>27</sup>.

Det forbrændingseget affald fra de øvrige erhvervsvirksomheder anvises af kommunen til det

kommunale forbrændingsanlæg. De kommuner, som ikke er medejere af et forbrændingsanlæg, udbyder forbrændingen af al kommunens affald, både erhvervsaffaldet og husholdningsaffaldet, på markedet. Traditionelt har alene de ikke-kommunale forbrændingsanlæg budt, men i takt med faldende affaldsmængder til forbrænding, er også de kommunale anlæg begyndt at byde, hvilket har ført til skærpet konkurrence<sup>28</sup>.

Mens husholdningerne har pligt til at overlade affaldet til den kommunale affaldshåndtering, kan virksomheder enten benytte det kommunalt anviste affaldsforbrændingsanlæg eller eksportere det forbrændingsegnet affald til nyttiggørelsesanlæg i udlandet. Muligheden for eksport af forbrændingseget erhvervsaffald til dedikerede nyttiggørelsesanlæg med en vis energieffektivitet er blevet kraftigt udvidet efter affaldsdirektivets ikrafttrædelse december 2010, hvor nyttiggørelsesbegrebet i f.t. forbrænding er blevet præciseret. Forbrændingseget erhvervsaffald har siden december 2010 kunnet eksporteres til forbrænding i resten af EU. Typisk er eksporten gået til Sverige og Tyskland.

I Danmark er det Energistyrelsen, som godkender affaldsgrundlaget i forbindelse med etablering af nye eller udvidelser af eksisterende forbrændingsanlæg.

### Forest Europe

Forest Europe var en af de første regionalpolitiske processer til at udvikle og godkende kriterier og indikatorer for bæredygtig skovforvaltning. Kriterierne og indikatorer blev vedtaget i Lissabon i 1998 og blev efterfølgende forbedret og godkendt op til ministerkonferencen i Wien i 2003. De er godkendt

26. Kommunerne må gerne gå videre, end den nationale plan lægger op til. Et eksempel herpå er de 16 kommuner, som allerede udsorterer organisk affald, uanset at det ikke er et krav i den eksisterende nationale affaldsplan.

27. I praksis udliciterer næsten alle kommuner transporten af affaldet.

28. Når offentlige myndigheder indgår kontrakter om indkøb af varer eller tjenesteydelser, skal udbudsdirektivets procedurer overholdes, hvis kontrakten overstiger den tærskelværdi, som er fastsat i direktivet. Offentlige myndigheders indkøb af ydelsen "forbrænding af affald" er omfattet af udbudsreglerne og skal som udgangspunkt udbydes.

ved konsensus mellem de 47 underskrivende europæiske lande og angiver de vigtigste aspekter af bæredygtig skovforvaltning. Samtidig giver de vejledning for udviklingen af politikker og hjælp med at vurdere fremskridtene vedrørende bæredygtig skovforvaltning.

De seks paneuropæiske kriterier for sustainable forest management (SFM) er:

- › Vedligeholdelse og hensigtsmæssig forbedring af skovressourcer og deres bidrag til den globale kulstof cyklus;
- › Vedligeholdelse af skovøkosystemers sundhed og vitalitet;
- › Vedligeholdelse og tilskyndelse til produktive funktioner i skove (træ og ikke træprodukter);
- › Vedligeholdelse, bevaring og hensigtsmæssig styrkelse af den biologiske mangfoldighed i skovøkosystemer;
- › Vedligeholdelse, bevaring og hensigtsmæssig forbedring af beskyttelsesfunktioner i skovforvaltningen (navnlig jord og vand ) og
- › Vedligeholdelse af andre socioøkonomiske funktioner og betingelser.

Kriterierne beskriver de forskellige aspekter af bæredygtig skovforvaltning i Europa. Opfyldelsen af kriterierne evalueres gennem et sæt af 35 kvantitative indikatorer.

### International skov-regulering

Efter næsten 3 års intense forhandlinger, der startede ved UNFF5 og kulminerer på UNFF7, blev det ikke-juridisk bindende instrument for alle skovtyper færdigforhandlet den 28. april 2007. Instrumentet blev vedtaget af FN's Generalforsamling (resolu-

tion 62/98) den 17. december 2007. Formålet med instrumentet er:

- › At styrke det politiske engagement og indsats på alle niveauer for effektivt at gennemføre bæredygtig forvaltning af alle typer skove og for at opnå de fælles globale mål på skovene
- › At øge skovenes bidrag til opfyldelsen af de internationalt aftalte udviklingsmål, herunder minimumviklingsmålene, især med hensyn til udryddelse af fattigdom og miljømæssig bæredygtighed;
- › At skabe en ramme for nationale foranstaltninger og internationalt samarbejde;

Af instrumentet fremgår bl.a. de globale mål for verdens skove, som er:

**Globalt mål 1:** Vende tabet af skovdække over hele verden gennem bæredygtig skovforvaltning og ledelse, herunder beskyttelse, reetablering, skovrejsning og genplantning samt øget indsats for at forebygge skovødelæggelse;

**Globalt mål 2:** Forbedre den skovbaserede økonomi, sociale og miljømæssige fordele, herunder ved at forbedre levevilkårene for befolkninger, der er afhængige af skovene;

**Globalt mål 3:** Væsentligt at forøge området af beskyttede skove over hele verden og andre områder af bæredygtigt forvaltede skove samt den andel af skovprodukter der kommer fra bæredygtigt forvaltede skove;

**Globalt mål 4:** Vende nedgangen i udviklingsbistand for bæredygtig skovdrift og ledelse og mobilisere nye og yderligere finansielle ressourcer fra alle kilder til gennemførelse af en bæredygtig skovforvaltning.



Der findes ikke én samlet FN-skovkonvention, men derimod en række andre konventioner, der inkluderer aktiviteter relateret til skove. Det drejer sig specielt om Klimakonventionen fra 9. maj 1992, Biodiversitetskonventionen fra 5. juni 1992 og Konventionen til bekæmpelse af ørkenspredning fra 17. juni 1994. Yderligere 7 andre konventioner indeholder forhold, som omfatter skov.

## Offentlige indkøb og indkøbsvejledning

I 2003 udgav Miljøministeriet en guideline til offentlige indkøb af lovligt og bæredygtigt tropisk træ og implementerede derved Folketingsbeslutning B197. I bæredygtighedsstrategien "Vækst med omtanke" fra 2009 blev der sat som mål, at alle private og offentlige indkøbere aktivt skulle søge at købe lovligt og bæredygtigt træ og træprodukter omfattende alle typer skove.

I 2010 udgav Miljøministeriet efterfølgende en revideret indkøbsvejledning omfattende alle typer træ. Vejledningen omfatter alle typer træprodukter med undtagelse af energitræ til varme og forbrænding. Vejledningen definerer bæredygtigt træ som træ, der kommer fra skove, der lever op til kravene svarende til FSC og PEFC-certificering og anerkender derved disse som dokumentation for bæredygtighed. Genbrugsfibre anerkendes på lige fod som bæredygtigt træ.

Vejledningen anbefaler som minimum, at træet skal være lovligt med præference for bæredygtigt træ. Vejledningen anvendes specielt i arbejdsfællesskabet mellem stat og kommuner vedrørende indkøb af træbaserede produkter i Partnerskab for Grønne Indkøb, men anvendes også i andre sammenhænge. Vejledningen er under revision i lyset af ikrafttrædelsen 3. marts 2013 af EU's Tømmerforordning, der forbyder handel med ulovligt fældet træ og træprodukter heraf.

Der er i vejledningen ikke medtaget indkøb af varme og energi baseret på træ og træprodukter.

## Danmarks nationale skovprogram

I Danmarks nationale skovprogram opstilles mål for skovene og deres forvaltning. Et nyt skovprogram er under udarbejdelse, og forventes færdigt ultimo 2014. Heri vil spørgsmålet om energiproduktion fra skovene blive behandlet.

Som grundlag for skovprogrammet er der foretaget en række analyser bl.a. af skovens biomassepotentiale og skovbrugets økonomiske rammevilkår.

## Tilskud til produktion og etablering af flerårige energiafgrøder


Fødevareministeriet har siden 2010 ydet tilskud til etablering af flerårige energiafgrøder (pil, poppel, rødell ask og hassel) og fra 2012 tillige ydet tilskud til produktion af flerårige energiafgrøder. Formålet med at give tilskud til etablering og produktion af flerårige energiafgrøder er at fremme produktionen af biomasse, som kan erstatte fossile brændstoffer og på den måde reducere CO<sub>2</sub>-udledningen. Ordningen skal også bidrage til at reducere udvaskningen af næringsstoffer og plantebeskyttelsesmidler.

Det er endnu uvist, om ordningerne fortsætter i 2014.

## Tilskud af produktionen af biomasse i skovbruget

Der er på Finansloven 2014-2017 afsat 268 mio. kr. til tilskud til privat skovrejsning. Hertil kommer tilskud til bæredygtig skovdrift og sikring af skov i Natura 2000-områder i samme periode på 146 mio. kr. Der er dermed tale om en væsentlig samfundsmæssig investering i det private skovbrug – både i forhold til at øge skovarealet og i forhold til en mere bæredygtig skovdrift.

Hertil kommer bevillinger til en overvågning af skovene, herunder opgørelse af det samlede skovareal, tilvækst og hugst, kulstoflagring mv., samt til forskning og udvikling i skovsektoren.

A photograph of a beach with seaweed in the foreground and ocean waves in the background. The seaweed is dark brown and wet, with some pieces showing a lighter, yellowish-brown color. The ocean waves are white and foamy, crashing onto the sandy beach. The sky is bright and overcast.

## **Bilag 4 Blå biomasse**

Blå biomasse defineres som biomasse fra det akvatiske miljø, dvs. makroalger, mikroalger og vandplanter. Dette afsnit omhandler udelukkende makroalger. Makroalger (tang) omfatter tre overordnede grupper: Brunalger, rødalger og grønalger. Der er mest fokus på store brunalger som marin biomasseafgrøde i tempererede egne. Fordelene ved de store brunalger er, at de kan dyrkes på og høstes fra liner udsat i åbent vand, og at de producerer en relativt stor høstbar biomasse inden for en vækstsæson. Endvidere er de store brunalger effektive til at optage næringsstoffer i vinterhalvåret, hvor næringsstofkoncentrationen i de danske farvande generelt er højest.

I Danmark findes tre arter af store brunalger, hvoraf to, sukkertang (*Saccharina latissima*) og fingertang (*Laminaria digitata*) er almindelige i både Nordsøen og indre danske farvande. Industriel høst af store brunalger fra naturlige populationer i Danmark er udelukket, da algerne i høj grad vokser naturligt på beskyttede stenrev.

Teknologien til dyrkning af tang på liner er velbeskrevet (f.x. Edwards & Watson, 2011). På globalt plan produceres årligt ca. 15 mio. tons tang til fødevarerindustrien (ca. 50 pct. brunalger (Zemke-White & Ohno, 1999)), heraf produceres 99,7 pct. i Asien (FAO, 2010). De sidste 0,3 pct. af produktionen foregår hovedsageligt i Amerika, mens kun knap 900 tons produceres i Europa, primært ved høst af store brunalger fra naturlige populationer i Frankrig og Norge. Denne biomasse anvendes hovedsageligt til produktion af alginat til fødevarerindustrien. De her nævnte tal er vådvægt.

Der findes p.t. kun én kommerciel producent af tang i Danmark (BlueFood (SMV)), men Børresen & Jarlbæk (2010) anbefaler, at produktionen af marine afgrøder, bl.a. tang, øges i danske farvande.

Brunalger har en tørstofprocent på ca. 10-25 pct. (Black, 1950). Tørstoffet består af kulhydrater (15-

74 pct.), protein (5-15 pct.), fedt (0-2 pct.), aske/mineraler (10-44 pct.) og forskellige højværdistoffer som pigmenter og antioxidanter (bl.a. carotenoider) og andre bioaktive stoffer (f.eks. polyfenoler) (Holdt & Kraan, 2011). Den store variation i værdierne skyldes især årstidsvariation (Black, 1950).

Biomasse fra store brunalger er ikke velegnet til termisk konvertering (f.eks. afbrænding eller pyrolyse), pga. det høje vand- og askeindhold. Biologisk konvertering til biogas giver med eksisterende teknologier et udbytte på op til 80 pct. af det teoretiske udbytte: Ca. 300 kubikmeter metan per tons organisk materiale ( $\text{Nm}_3 \text{CH}_4$  (ton VS)-1) dvs. ca. samme energiudbytte som fra landbaserede energiafgrøder. Forbedringer forventes bl.a. ved optimering af sammensætningen af de mikroorganismer, der producerer biogassen eller ved at fjerne det giftige hydrogensulfid tidligt i processen.

Biologisk konvertering til bioetanol giver pt. et energiudbytte på ca. 0,16 L (kg DW)-1, hvilket svarer til godt halvdelen af udbyttet for 2. generations energiafgrøder som halm, majs, halm og bagasse. Det relativt lave udbytte skyldes dels mangel på specifikke enzymer til hydrolyse af en del af kulhydraterne i brunalger (alginater), dels at en del af sukkerstofferne ikke kan omsættes af almindelige gær bakterier (C5 sukre). Det forventes, at en optimering både af enzymatisk forbehandling af alginat, og af fermenteringsprocessen med organismer, der også kan omsætte C5 sukre, vil kunne øge udbyttet indenfor de næste 5 år.

### Hvor stort er potentialet for udnyttelse af tang i Danmark?

Der dyrkes endnu ikke tang i industriel skala hverken i Danmark eller i resten af Europa, og derfor mangler man dokumentation for det reelle dyrkningspotentiale og de reelle omkostninger. Man estimerer en mulig produktion på mellem 5 og 15 tons tørstof (TTS) per hektar under forhold svarende til danske. Dette estimat er baseret på resultater

fra forskellige forskningsbaserede dyrkningsforsøg i Europa samt mindre produktioner til fødevarer (bl.a. BlueFood) i Danmark.

Omsat til energiudbytte per hektar vil den potentielle produktion i Danmark svare til et energiudbytte på 20-60 GJ ha<sup>-1</sup>, hvis energibæreren er bioetanol, eller 40-120 GJ ha<sup>-1</sup> ved biogasproduktion fra biomassen. Samtidig med energiproduktionen ville man kunne opsamle næringsstoffer, kvælstof og fosfor, fra havmiljøet og føre dem tilbage i fødekæden på land som protein.

#### **Biodiversitet og drivhusgasemissioner**

Under produktionen vil algerne udgøre et "hængende rev" med forventet øget lokal biodiversitet.

Foreløbige forsøg fra England tyder på, at elproduktion baseret på biogas fra dyrkede brunalger kan give reduktioner i drivhusgasudledningen set i forhold til elektricitet produceret ud fra naturgas. Her er energiforbruget ved produktionen af tang medregnet.

Der er begrænset viden omkring emission af andre drivhusgasser, f.eks. lattergas fra tang, men eksisterende viden antyder, at emission af lattergas fra tang er sammenlignelig med emissionen fra terrestrisk biomasse

#### **Næringsstofbelastning**

Tang er en såkaldt ekstraktiv afgrøde. Dvs at den ikke gødes aktivt, men optager næringsstoffer fra havmiljøet. Dyrkning af tang vil således have en negativ næringsstofbelastning, og forskningsforsøg tyder på, at der vil være væsentlige positive miljøeffekter forbundet med kommerciel produktion af tang.





**Bilag 5**  
**Træ fra danske**  
**skove**

## Skovenes biomasse

På baggrund af målingerne på skovstatistikens prøveflader i 2003-2007 var den samlede vedmasse 113,3 mio. m<sup>3</sup>, mens den på baggrund af målingerne i 2008-2012 var 125,2 mio. m<sup>3</sup>. I perioden er vedmassen forøget med 11,9 mio. m<sup>3</sup>, eller 2,4 mio. m<sup>3</sup>/år. Forøgelsen svarer til en nettotilvækst på 1,2 m<sup>3</sup>/ha/år. Opbygningen af vedmasse skyldes formentlig, at der til stadighed foretages en del skovrejsning og måling af et større skovareal, men kan også forklares ved skævheder i aldersklassefordelingen for visse træarter.

### Hugst

På baggrund af de genmålte prøveflader er den samlede årlige hugst i de danske skove bestemt til 4,3 mio. m<sup>3</sup>. Heraf er 3,4 mio. m<sup>3</sup> registrerede som fældede, 0,4 mio. m<sup>3</sup> er døde (men efterladt i bevoksningen), 0,04 mio. m<sup>3</sup> er angivet som stormfældede, mens der for 0,6 mio. m<sup>3</sup> ikke er angivet en årsag. Ifølge opgørelserne fra Danmarks Statistik har hugsten i gennemsnit været omtrent 2,4 mio. m<sup>3</sup>/år i perioden 2003-2011. Sammenholdes dette med hugsten estimeret ud fra Danmarks Skovstatistik (4,3 mio. m<sup>3</sup>/år) fremgår det, at der er en betydelig forskel.

En del af forklaringen skal findes i forskelle mellem opgørelsesmetoderne. Hugsten, der er rapporteret af Danmarks Statistik, er baseret på spørgeskemaundersøgelser og omfatter alene den markedsførte vedmasse. I modsætning til det omfatter hugsten, der er estimeret ud fra Danmarks Skovstatistik, træernes samlede vedmasse, hvoraf en del vil blive efterladt i skoven i forbindelse med hugst og altså ikke bliver markedsført, samt den døde vedmasse (0,4 mio. m<sup>3</sup>/år). Antages det, at 20 pct. af den totale vedmasse samt hele den døde vedmasse efterlades i skoven i forbindelse med hugst, anslås den samlede markedsførte hugst til 3,2 mio. m<sup>3</sup>/år. Således er forskellen mellem hugsten opgjort af Danmarks Statistik og af Danmarks Skovstatistik ca. 0,9 mio. m<sup>3</sup>/år.

Forklaringen på den observerede forskel mellem hugstopgørelserne skal formentlig findes i flere forhold. For det første er Danmarks Statistiks register over skovejere ikke komplet, men er for tiden under revision. Det er således forventningen, at den registrerede hugst vil stige som følge af, at flere skovejere indgår i registret. Dernæst er der mange mindre skovejere, der kan have svært ved at opgøre deres faktiske hugst, fordi den er lille og overvejende går til eget forbrug. Endelig er der en vis usikkerhed på den stikprøvebaserede undersøgelse i Danmarks Skovstatistik.

Hugsten i de danske skove vurderes at kunne øges betydeligt, såfremt der kan findes afsætning for de producerede effekter, og såfremt produktionen er rentabel. Nord-Larsen og Suadican (2011) peger på, at hugsten i 2006-2008 kun udgør 68 pct. af den potentielle hugst i 2010-2019. Hovedparten af den ikke udnyttede vedmasse er formentlig kun egnet som energitræ, og dele af den vil kun vanskeligt kunne høstes økonomisk forsvarligt. Det ændrer dog ikke ved, at der kunne leveres betydeligt større mængder brænde og skovflis, hvis afsætningen var til stede.

### Anvendelse af hugsten

Den årlige hugst af salgbar vedmasse i de danske skove opgøres af Danmarks Statistik ud fra indberetninger fra skovejere. Skovejere indberetter træ, der er skovet i det pågældende år, i salgbare enheder, hvorefter Danmarks Statistik omregner hugsten til kubikmeter fastmasse, ligesom de korrigerer for manglende indberetninger.

I perioden 2003-2011 er der sket en svag stigning i den samlede hugst, når man ser bort fra hugsten i 2005, som er påvirket af stormfald. Den gennemsnitlige hugst i perioden var 2,4 mio. m<sup>3</sup>. I 1980'erne udgjorde den samlede hugst i skovene godt 2,4 mio. m<sup>3</sup> årligt. Hugsten var lavere i de fleste år, men trækkes op af det store stormfald i oktober 1981.

I 1990'erne var hugsten faldet til ca. 1,9 mio. m<sup>3</sup>, idet det skal bemærkes, at stormfaldet i december 1999 ikke indgår i statistikken for 1990-1999. Umiddelbart er der ikke de store udsving i forhold til hugsten i 1980'erne og 1990'erne, men man ser dog en faldende hugst af løvtræ, som opvejes af en stigende hugst i nåletræ.



Den samlede hugst 1980-89, 1990-99 og 2003-2011 fordelt til løv- og nåletræ.

Hugsten i løvtræ er faldet i perioden frem til 2008, hvorefter den er steget frem til 2011. I det længere perspektiv er hugsten i løvtræ faldet med 44 pct.

Gavntræandelen har ligget nogenlunde konstant for bøg og eg. For bøg er gavntræandelen ca. 33 pct. og for eg er den ca. 47 pct. I det længere perspektiv ses det, at den faldende hugst i løvtræ skyldes en faldende hugst af gavntræ og en stigning i hugsten af energitræ, som kun delvis opvejer faldet i hugst

af gavntræ. Gavntræhugsten i løvtræ er faldet med ca. 80 pct. fra 1980'erne til i dag.

Træprodukter kan udnyttes til energi, når de på et tidspunkt går ud af anvendelse. Det samme gælder for den del af vedmassen, der kun kan udnyttes til energi. Generelt gælder der det, at al biomasse så vidt muligt skal udnyttes til energi, når det udgår af brug. Derfor har Danmark i mange år haft et forbud mod deponering af biomasse.



### Afsætning af hugst

Skovene sælger normalt det skovede træ til den anvendelse, der giver det højeste dækningsbidrag, men trods dette har skovene i perioder været meget aktive for at sikre den aftagende industris overlevelse. Skovene har historisk været medejere af f.eks. Junckers Industrier, Centralsavværket og Dansk Spånpladekompani. Prisdannelse på gavntræmarkedet sker i dag på et internationalt marked. Der har været meget lave priser på gavntræ i de sidste mange år. Det har bl.a. betydet, at der er en stor mængde af hugstmodent løvtræ, der endnu står i skovene og afventer bedre priser, før det bliver hugget. Man har ikke de samme muligheder for opsparing i nåltræ, men også dette marked har været præget af lave priser.

Træindustrien i Danmark har haft vanskelige vilkår i mange år. Mange industrier er lukkede, og andre har flyttet produktionen til udlandet. Der findes i dag kun tre større koncerner, som skærer nåltræ og én betydende spånpladeindustri. På løvtræsiden findes der kun 10-20 betydende løvtræssavværker, og Junckers Industrier, som tidligere brugte 200.000-300.000 m<sup>3</sup> råtræ, forbruger i dag kun ca. 50.000 m<sup>3</sup> råtræ. Tidligere brugte Junckers Industrier betydende mængder bøg af dårlig kvalitet i deres papirmasseproduktion, men den lukkede i begyndelsen af 1990'erne. I dag brændes alt resttræ fra Junckers Industrier af på en kraftvarmecentral, som leverer fjernvarme til Køge by.

Det er ikke kun den danske træindustri, der er i krise. Det gælder også de kæmpestore træindustrier i Sverige og Finland og resten af Europa. Cellulosetræindustrien i Sverige, Norge og Finland er under pres fra nye industrier i plantagelande såsom Brasilien, Sydafrika mm. Den nordiske savværksindustri er voldsomt ramt efter finanskrisen, da den påvirkes af konjunkturerne i byggeriet. De tidligere østlande er også med deres lavere lønniveau med til at presse priserne på savskåret nåltræ.

Der er ingen nåltræssavværker på Sjælland. Alt gavntræ skal derfor sendes enten til Jylland, Sverige eller til Tyskland. Det samme gælder på Bornholm. I 1990'erne blev der etableret et meget stort nåltræssavværk i det tidligere DDR, og det var i en periode med til at presse priserne op på savværkstømmer, hvilket lagde pres på de danske nåltræssavværker. Spånpladeindustrien giver traditionelt meget lave priser for råtræ. Tidligere eksporteredes der op mod 700.000 m<sup>3</sup> cellulosetræ primært til Sverige. Denne eksport er nu helt ophørt.

Med uregelmæssige mellemrum eksporteres der betydelige mængder løvtrækævler bl.a. til Kina. Der er typisk tale om de bedste kævler, hvor de udenlandske opkøbere kan tilbyde en stor merpris, og hvor transportprisen har mindre betydning.

### Ændringer i sortimenter

Der kan være mange årsager til de store forskudninger mellem gavntræ og energitræ. Tidligere anvendelser forsvinder og andre dukker op. Gamle produktionsmetoder erstattes af nye, som stiller nye krav til råtræet. Det betyder, at noget som tidligere var egnet til træprodukter, ikke er det mere. Man kan med andre ord ikke adskille gavntræ og brænde alene ved at kigge på træets dimension og kvalitet, for det handler helt om, hvilke afsætningsmuligheder der er i den periode, hvor træet skal sælges.

For 20-30 år siden var markedet for gavntræ langt større, end det er i dag, og det var langt mere forskelligartet. Der var industrier, som var specialiserede i at anvende de bedste kvaliteter og industrier, der var specialiserede i at anvende de ringeste kvaliteter. I dag er mange industrier forsvundet, og den danske træindustri kan ikke forbruge alt det gavntræ, der produceres i de danske skove. Derfor er Danmark et råtræeksporterende land, når der alene ses på gavntrædelen.

# Litteraturliste

- Bang, C., Vitina, A., Gregg, J. S., Lindboe, H. H., 2013: Analysis of Biomass Prices
- Bentsen, N. S., Johannsen, V. Q., Nord-Larsen, T., Riis-Nielsen, T., Suadicani, K., 2012: Baggrundsnotat: Oversigt over nuværende skov- og affaldsbiomasse, samt potentialer i 2020.
- Bergmann JC, Tupinamba DD, Costa OYA, Malmeida JR, Barreto CC, Quirino BF, 2013: Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21 411-420
- Berndes, G. Bird, N., Cowie, A, 2011: Bioenergy, Land Use Change and Climate
- Change Mitigation, Background Technical Report, IEA Bioenergy
- Bickel U, Dros, JM, 2003: The Impacts of Soybean Cultivation on Brazilian Ecosystems Three Case Studies. World Wildlife Foundation, Forest Conversion Initiative.
- Birkmose, T., Hjort-Gregersen, K., Stefanek, K., 2013: Biomasse til biogasanlæg i Danmark – på kort og lang sigt.
- Bentsen, N. og Stubak, I., 2013: Imported wood fuels, A regionalised review of potential sourcing and sustainability challenges, Københavns Universitet
- Black, WAP., 1950: The seasonal variation in weight and chemical composition of the common British Laminariaceae. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 29: 45-72.
- Børresen, T., Jarlbæk, H., 2010: Havet - en uudnyttet ressource, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
- Campbell A, Doswald N, 2009: The impacts of biofuel production on biodiversity: A review of the current literature. UNEP-WCMC, Cambridge, UK
- Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dharmija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud, 2011: Bio-energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlomer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Cocchi, M. (ed.), 2011, Global Pellet Industry Market and Trade Study, IEA Bioenergy
- Dalgaard, T., Olesen, J.E., Petersen, S.O., Petersen, B.M., Jorgensen, U., Kristensen, T., Hutchings, N.J., Gyldenkaerne, S. & Hermansen, J.E., 2011: Developments in greenhouse gas emissions and net energy use in Danish agriculture - How to achieve substantial CO2 reductions? *Environmental Pollution*, 159, 3193-3203.
- Edwards, M., Watson, L., 2011: Aquaculture Explained No. 26. Cultivating Laminaria digitata.
- Evald, A., Guilin Hu, Hansen, M., 2013: Technology data for advanced bioenergy fuels, Force Technology
- Fearnside PM, 2001: Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* 28 23-38
- Frier, C., Wenzel, H. Høiby L., Grandahl, R., Hamelin, L., 2014: Life Cycle Assessment of bioenergy pathways for the future Danish energy system, COWI og Syddansk Universitet
- Gislum, R. & Boelt, B., 2011: Seminar Report. NJF Seminar 42,0 Herbage Seed Production: Findings from research plots to commercial seed multiplication.
- Global Carbon Project, 2013: Global Carbon Budget 2013

Goldemberg J, Coelho ST, Guardabassi P, 2008: The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy* 36 2086–2097

Graudal, L., Nielsen, U. B., Schou, E., Thorsen, B. J., Hansen, J. K., Bentsen, N. S., Johannsen, V.K., 2013: Perspektiver for skovenes bidrag til grøn omstilling mod en biobaseret økonomi

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, Frederiksberg. [www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle\\_FOI-udgivelser/10miotons.aspx](http://www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle_FOI-udgivelser/10miotons.aspx)

Haberl, H., T. Beringer, S.C. Bhattacharya, K.-H. Erb, and M. Hoogwijk, 2010: The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), pp. 394-403.

Holdt, S.L., Kraan, S., 2011: Bioactive compounds in seaweed; functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, vol 23, no. 3, pp.

IEA, 2010: Technology Roadmap Biofuels for Transport. International Energy Agency OECD/IEA

IEA, 2012: World Energy Outlook 2012

IEA, 2013: Redrawing the Energy-Climate Map

IPCC, 2007: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Junginger M, Dam JV, Zarrilli S, Mohamed FA, Marchal D, Faaij A (2010): Opportunities and barriers for international bioenergy trade. *IEA Bioenergy*, Task 40

Jørgensen, U., Kristensen, E. F., Gylling, M., Bojesen, M., Bruhn, A., Rasmussen, M. B., Jensen, S. K., 2013: Kortlægning af biomasse-ressourcer i Danmark, anvendelsen af biomasse i dag og fremtidige biomasse-ressourcer.

Krewitt, W., K. Nienhaus, C. Klemann, C. Capone, E. Stricker, W. Graus, M., Hoogwijk, N. Supersberger, U. von Winterfeld, and S. Samadi, 2009: Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply. ISSN 1862-4359, Federal Environment Agency, Dessau-Rosslau, Germany.

Lam MK, Lee KT 2011: Renewable and sustainable bioenergies production from palm oil mill effluent (POME): Win-win strategies toward better environmental protection. *Biotechnology Advances* 29 124–141

Macedo MN, DeFries RS, Morton DC, Stickler CM, Galford GL, Shimabukuro YE, 2012: Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *PNAS* 109 1341–1346

Marelli, L. (ed.), 2013: Carbon accounting of forest bioenergy, Conclusions and recommendations from a critical literature review, JRC Technical Report

Martinelli LA, Filoso S, 2008: Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. *Ecological Applications*, 18 885–898

Kristensen, I. T., Jørgensen, U., 2012: Baggrundsnotat: Forudsætninger for og beregninger af biomasse-scenarier for landbruget. Aarhus Universitet.

NEAA (2008): Biomass Assessment: Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy. Netherlands Environmental Assessment Agency, NEAA, Bilthoven, Netherlands, 2008.

OECD, 2012: OECD Environmental Outlook to 2050.

Simpson TW, Martinelli LA, Sharpley AN, Howarth RW, (2009): Impact of ethanol production on nutrient cycles and water quality: the United States and Brazil as case studies. I Howarth RW og Bringezu S (eds) Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment, 22-25 September 2008, Gummersbach Germany. Cornell University, Ithaca NY, USA.

Slette JP, Wiyono IE (2012): Indonesia Biofuels Annual 2012. Global Agricultural Information Network. USDA Foreign Agricultural Service

Smeets, E.M.W., A. Faaij, I. Lewandowski, and W. Turkenburg, 2007: A bottomup assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. Progress in Energy and Combustion Science, 33(1), pp. 56-106.

van Vuuren, D.P., J. van Vliet, and E. Stehfest, 2009: Future bio-energy potential under various natural constraints. Energy Policy, 37(11), pp. 4220-4230.

Zemke-White, L., and M. Ohno, 1999: World seaweed utilisation: An end-of-century summary. Journal of Applied Phycology, 11(4), pp. 369-376.



# Ordliste og anvendte forkortelser

**450 ppm scenarium:** Scenarium fra World Energy Outlook (IEA), hvor verden tilstræber opnåelse af en to-graders målsætning på klimaområdet.

**Arealanvendelse:** Det økonomiske eller sociale formål, der er styrende for et givent areals anvendelse (f.eks. landsbrugsproduktion, tømmerproduktion etc.).

**Biomasse:** Biomasse defineres bredt i analysen. Dvs. alle former for biomasse, herunder vegetabilsk biomasse (halm, træ, alger etc.), animalsk biomasse (f.eks. husdyrgødning), spildevand og spildevands-slam samt andet bionedbrydeligt affald.

**CO<sub>2</sub>-ækv.:** Kuldioxid-ækvivalenter eller CO<sub>2</sub>-ækvivalenter er omregningsfaktorer til sammenligning af forskellige drivhusgassers indvirkning på drivhusgaseffekten. Man har således beregnet, hvor mange ton CO<sub>2</sub> der skal til for at skabe den samme effekt som ét ton af en anden gas inden for en given tidshorisont (jf. afsnit om GWP nedenfor). Dette tal er så gassens CO<sub>2</sub>-ækvivalent.

**CCS:** Carbon Capture and Storage. Fjernelse af CO<sub>2</sub> fra røgen fra f.eks. et kulkraftværk og lagring af denne CO<sub>2</sub> i undergrunden i velegnede geologiske formationer.

**Current Policy scenarium:** Scenarium fra World Energy Outlook (IEA), hvor verden fastholder den nuværende retning på og omfang af reguleringen på klima- og energiområdet.

**EJ:** Energienheden exajoule. 1 EJ = 1000 PJ. Danmarks bruttoenergiforbrug var 0,8 EJ i 2011.

**GWP:** Global Warming Potential: GWP er et indeks, der søger at tage højde for de forskellige drivhusgassers henfaldstid og dermed for den potentielle globale opvarmning forbundet med disse. En GWP beregnes over et bestemt tidsinterval, almindeligvis 20, 100 eller 500 år. GWP udtrykkes som en faktor af kuldioxid (hvis GWP er standardiseret til 1). Eksempelvis er GWP 20 for metan 86, hvilket betyder, at hvis den samme masse af metan og kuldioxid blev tilført i atmosfæren ville metan tilbageholde 86 gange mere varme end kuldioxid i de næste 20 år.

**Hydrogenering:** Fællesbetegnelse for processer, hvor brint (H<sub>2</sub>) anvendes til at forøge energiudbyttet af en given bioenergimængde. Eksempel: Biogas består af ca. 2 dele metan (CH<sub>4</sub>) og 1 del kuldioxid (CO<sub>2</sub>). Ved hydrogenering laves CO<sub>2</sub> om til metan vha. følgende proces: CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O. Her ved bliver antallet af metanmolekyler – og dermed energiindholdet – halvdelen gang så stort som det, biogassen oprindeligt bestod af.

**Indirekte arealændring:** Ændring af landanvendelse, der på indirekte vis kan være afstedkommet af ændringer af markedsforhold eller regulering. Hvis eksempelvis et områdes omlægning til bioenergi (f.eks. energiafgrøder eller en plantage) mindsker landbrugsarealet, kan det pga. efterspørgslen efter landbrugsprodukter gøre det attraktivt at øge landbrugsarealet et andet sted – f.eks. gennem skovrydning

**Livscyklusvurdering (LCA):** Livscyklusvurderinger er analyser, som igennem en sammenregning af samtlige inputs og outputs fra et givet produkt fra dets udvinding af råmaterialer, over produktion og brug til endelig afskaffelse kan give en samlet vurdering af udledninger af drivhusgasser og andre miljøeffekter

**LULUCF:** - Land-Use, Land-Use Change and Forestry (arealanvendelse, ændret arealanvendelse og skovbrug). Under FN's Klimakonvention opgøres udledningerne og optag i forbindelse med landbrug, skovbrug eller naturforvaltning generelt under denne sektor.

**New Policy scenario:** Scenarium fra World Energy Outlook (IEA), hvor verden har øget reguleringen for at imødegå global opvarmning, men i mindre omfang end, hvad der vurderes at være nødvendigt for at nå en to-graders målsætning.

**Ppm:** Parts per million. Anvendes i klimasammenhæng som et mål for koncentrationen af kuldioxid i atmosfæren.

**PJ:** Energienheden petajoule (10<sup>15</sup> joule). Danmarks korrigerede bruttoenergiforbrug i 2012 var 785 PJ.

**Ændret arealanvendelse:** Aktivitet hvorved et areals anvendelse ændres fra f.eks. skov til landbrugsjord eller bebyggelse.

## Bioenergi

# Analyse af bioenergi i Danmark

Udarbejdet af Energistyrelsen marts 2014.

Analysens samlede tekniske bilag kan læses og downloades på [www.ens.dk/analyser](http://www.ens.dk/analyser)

De øvrige udgivelser i samme serie er:

Energiscenarier for  
2020, 2035 og 2050

Fjernvarmens rolle i den  
fremtidige energiforsyning

Den fremtidige anvendelse  
af gasinfrastrukturen

Analyse af elnettets  
funktionalitet

Analyse af  
bioenergi i Danmark

Biogas i Danmark  
– status, barrierer og perspektiver

ISBN: 978-87-93071-68-1

Grafik og layout: Solid Media Solutions