

## Biomassens rolle i Power-to-X

### Indholdsfortegnelse

|  |    |
|--|----|
| 1 Opsummering .....  | 2  |
| 2 Introduktion .....   | 3  |
| 2.1 Hvor meget kulstof kan der være behov for til Danmarks forbrug af PtX-brændstoffer i 2030 og 2050? .....           | 4  |
| 2.2 Hvor meget biogent kulstof forventes der at være fra større danske CO <sub>2</sub> -punktkilder i 2030? .....      | 5  |
| 2.3 Er der grundlag for yderligere anvendelse af biogent kulstof fra danske CO <sub>2</sub> -punktkilder i 2030? ..... | 8  |
| 2.3.1 Det danske bioressourcepotentiale .....  | 8  |
| 2.3.2 Det globale biomassepotentiale til bioenergi .....   | 10 |
| 3 Sammenfatning.....   | 11 |

#### **Energistyrelsen**

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)

## 1 Opsummering

På baggrund af nærværende analyse og øvrigt arbejde i Energistyrelsen kan følgende opsummeres:

- Der vurderes ikke at være grundlag for en øget anvendelse af bioressourcer til energiformål i Danmark i forhold til det nuværende niveau, idet bioressourcen nationalt og globalt er begrænset. Dertil kan anvendelse af bioressourcen til energiformål give merudledning af CO<sub>2</sub> afhængigt af typen af biomasse samt anledning til øvrige bæredygtighedsproblematikker såsom fødevarer sikkerhed og beskyttelse af biodiversitet<sup>1</sup>. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at udarbejde en transparent certificering af indfanget CO<sub>2</sub>.
- På sigt kan anvendelse af CO<sub>2</sub> fra Direct Air Capture (DAC) blive anvendt, når og såfremt DAC bliver en konkurrencedygtig teknologi til CO<sub>2</sub>-fangst.
- Indtil DAC eventuelt bliver kommercielt moden, giver PtX-brændstoffer fremstillet via biogent kulstof fra biogas og affald lavest risiko for, at anvendelsen af bioressourcen bidrager til merudledning af CO<sub>2</sub> i forhold til andre kilder til biogent kulstof<sup>2</sup>. Det samlede biogene CO<sub>2</sub>-fangspotentiale fra biogas og affald vurderes at være omtrent tilstrækkeligt til at dække behovet for kulstof til PtX-produkter i indenrigssektorer både i 2030 og 2050. Den biogene andel af affaldsforbrænding kan ikke umiddelbart separeres fra den fossile andel, og andelen opgøres via regnetekniske metoder, hvortil der med fordel kan udarbejdes certificering.
- Mængde af biogen CO<sub>2</sub> fra biogas og affald vurderes ikke at være tilstrækkelig til at dække det samlede kulstofbehov i Danmark, når udenrigstransport inkluderes medmindre skibsfarten i vid udstrækning anvender ammoniak frem for kulstofholdige PtX-brændstoffer såsom metanol. Ud fra de her angivne betragtninger er der derfor gode argumenter for at fremme anvendelse af ammoniak i skibsfarten, idet det vil give mindre træk på kulstofressourcen og give større sikkerhed for, at anvendelsen af biogent kulstof ikke fører til merudledning af CO<sub>2</sub>. Hvis det på sigt bliver muligt at anvende brint i luftfarten, bør dette også fremmes i henhold til samme argumenter.
- Det samlede totale potentiale for kulstoffangst fra alle biogene kilder i 2040 vurderes at kunne dække hele kulstofbehovet inklusiv anvendelse af kulstofholdige brændstoffer i udenrigsskibsfarten, selv hvis skibsfarten sejler på kulstofholdige brændstoffer. Europakommissionen har dog lagt op til, at bioressourcen skal anvendes prioriteret begyndende med højværdiudnyttelse af bioressourcen til materialer og dernæst udnyttelse af sidestrømme og affald til fx bioenergi, et princip kaldet kaskadeanvendelse. Det betyder,

---

<sup>1</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

<sup>2</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

at det samlede totale potentiale for kulstoffangst fra biogene kilder muligvis nedjusteres fra det her angivne<sup>3</sup>.

- Samlet vurderes det således hensigtsmæssigt at understøtte en udvikling af DAC-teknologi til anvendelse på sigt.

## 2 Introduktion

I forbindelse med en dansk strategi for PtX (Power-to-X) er det væsentligt at belyse de input, det kræver at fremstille PtX-produkterne. Kulstofbaserede PtX-brændstoffer såsom metanol, e-diesel og e-jetfuel kræver et input af kulstof (carbon) i fremstillingsprocessen, for eksempel i form af CO<sub>2</sub>. Fremstilling af sådanne brændstoffer efter fangst af CO<sub>2</sub> kaldes også CCU (Carbon Capture and Usage). Kulstoffet kan enten komme fra fossile kilder (såsom industrier og kraftvarmeværker med brug af fossile brændsler), fra biogene kilder (biogasanlæg, biomassefyrede kraftvarmeværker eller den biogene del af affaldsmængden i affaldsforbrændingsanlæg) eller fra atmosfærisk luft (Direct Air Capture, DAC).

En egentlig certificering af bæredygtigt CO<sub>2</sub> er endnu ikke udarbejdet, men kulstoffkildens oprindelse forventes at indgå som et led i en evt. fremtidig certificering. Hvis fossile kulstoffkilder ikke skal indgå i fremstillingen, kan kulstoffet i fremstillingsprocessen enten være af biogen oprindelse eller på længere sigt optaget direkte fra luften (DAC – Direct Air Capture).

At PtX-brændstofferne kan opgøres som klimaneutrale, og dermed er fremstillet via biogent kulstof, vurderes at være en væsentlig konkurrenceparameter for danske PtX-aktører, hvor hovedparten af aktørerne forventer, at alle PtX-brændstofferne på sigt skal kunne certificeres som klimaneutrale<sup>4</sup>.

I dette notat udfoldes de vigtigste aspekter af brug af bioressourcer som kulstoffkilde til PtX.

Spørgsmål, der besvares i nærværende notat er

1. Hvor meget kulstof kan der være behov for til Danmarks forbrug af PtX-brændstoffer i 2030 og 2050?
2. Hvor meget biogent kulstof forventes der at være fra større danske CO<sub>2</sub>-punktkilder i 2030?
3. Er der grundlag for yderligere anvendelse af biogent kulstof fra danske CO<sub>2</sub>-punktkilder i 2030?

---

<sup>3</sup> Europakommissionen, "Vejledning om kaskadeanvendelse af biomasse med eksempler på god praksis vedrørende træbiomasse", 2019

<sup>4</sup> Kilde: Energistyrelsen på baggrund af markedsdialog ifm. udarbejdelsen af en dansk strategi for PtX.

## 2.1 Hvor meget kulstof kan der være behov for til Danmarks forbrug af PtX-brændstoffer i 2030 og 2050?

Til fremstilling af en række PtX-brændstoffer kræves kulstof i fremstillingsprocessen. Brint og ammoniak kan fremstilles uden input af kulstof, mens fremstilling af metanol, e-jetfuel, e-diesel mv. kræver kulstof.

Potentialerne for PtX-anvendelse giver derfor anledning til en potentiel efterspørgsel på CO<sub>2</sub> til syntese af de kulstofholdige brændstoffer, dvs. metanol og e-benzin, e-diesel og e-jetfuel. Potentialerne fremgår af Tabel 1<sup>5</sup>. Der vurderes at være et behov for CO<sub>2</sub> til indenrigssektorer på 0,4 - 1,3 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og 0,1 – 1,9 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050. Skibsfart og luftfart er de sektorer, som forventes at give størst kulstoftræk i både 2030 og 2050. Således forventes kulstofbehovet ved omstilling til PtX-brændstoffer til indenrigsskibsfarten at være ca. 0 - 0,4 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og ca. 0 - 0,7 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050, mens kulstofbehovet til indenrigsluftfarten forventes at være ca. 0,02 – 0,13 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og 0,08 – 0,15 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050.

Inkluderes behov for kulstof til udenrigsskibsfart og –luftfart, dvs. skibe og fly, der tanker i Danmark med efterfølgende destination uden for Danmark, stiger kulstofbehovet. Det samlede kulstofbehov inklusiv udenrigstransport ved omstilling til brug af PtX-brændstoffer forventes at være ca. 0,7 – 4,5 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og ca. 1,5 - 6,6 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050. Heraf forventes det samlede kulstofbehov til skibsfarten at være omkring 0 – 1,2 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og 0,0 – 2,6 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050, mens det samlede kulstofbehov til luftfarten forventes at være omkring 0,3 – 2,5 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og 1,5 – 3,0 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050. Potentialerne og dertilhørende kulstofbehov er behæftet med væsentlig usikkerhed.

---

<sup>5</sup> Energistyrelsen, Leverance 1.2 Efterspørgsel efter PtX-produkter (udarbejdet i forbindelse med dansk strategi for Power-to-X), 2021

Tabel 1. Potentielt behov for CO<sub>2</sub> til PtX i 2030 og 2050

| Anvendelse                                  | CO <sub>2</sub> -behov 2030<br>(mio. ton CO <sub>2</sub> ) | CO <sub>2</sub> -behov 2050<br>(mio. ton CO <sub>2</sub> ) |
|---|--|--|
| PtX til skibe                               | 0,0 - 1,2  | 0,0 - 2,6  |
| - Heraf indenrigs-transport                 | 0,0 - 0,4  | 0,0 - 0,7  |
| PtX til fly                                 | 0,3 - 2,5  | 1,5 - 3,0  |
| - Heraf indenrigs-transport                 | 0,02 - 0,13  | 0,08 - 0,15  |
| Forsvaret (Fly, skibe, køretøjer)           | Ukendt   | Ukendt   |
| Metanol iblandet benzin                     | 0,03 - 0,05  | 0,00 - 0,01  |
| Iblanding af e-brændstof i diesel/benzin    | 0,3 - 0,5  | 0,0 - 0,1  |
| PtX til industri, direkte fyring            | 0,0 - 0,1  | 0,0 - 0,5  |
| PtX til industri, intern transport          | 0,0 - 0,2  | 0,0 - 0,5  |
| <b>I alt (indenrigs)</b>                    | <b>0,4 - 1,3</b>   | <b>0,1 - 1,9</b>   |
| <b>I alt (samlet indenrigs og udenrigs)</b> | <b>0,7 - 4,5</b>   | <b>1,5 - 6,6</b>   |

Anm: Spændet udgøres af potentialevurdering for anvendelse af PtX-brændstoffer i Danmark samt udfaldsrum for kulstofholdige/ikke-kulstofholdige PtX-brændstoffer til anvendelsen. Her antages det samme behov for CO<sub>2</sub> til syntese, som den resulterende CO<sub>2</sub>-reduktion for anvendelsen. Kulstofbehovet til syntese kan være højere (op til 20 pct.) ved forskellige synteseveje og produkter.

Dertil kommer et potentielt yderligere forbrug af CO<sub>2</sub> i Danmark som følge af produktion af kulstofholdige brændstoffer til anvendelse uden for Danmark (eksport). Det kan eksempelvis være til anvendelse i skibs- og flytrafik i andre EU-lande eller til produktion af for eksempel plast m.v. Disse potentielle merforbrug er ikke kvantificeret her.

## 2.2 Hvor meget biogent kulstof forventes der at være fra større danske CO<sub>2</sub>-punktkilder i 2030?

Det vurderes, at den mest oplagte værdikæde til fremstilling af kulstofbaserede PtX-brændstoffer baseres på kulstof fra større punktkilder, hvor der udledes biogent kulstof. Større punktkilder med udledning af biogent kulstof er biomassefyrede kraftvarmeværker og fjernvarmeværker, affaldsforbrændingsanlæg og biogasanlæg. Derudover anvender en del store industrianlæg biobrændsel, som også giver anledning til udledning af biogent kulstof.

Biogene CO<sub>2</sub>-udledninger fra energi- og affaldssektoren regnes som nul-udledninger ifølge IPPC's regneregler. Udledningerne medregnes i stedet i arealsektoren (LULUCF)<sup>6</sup> i de lande, hvor biomassen produceres. Den danskproducerede del af biomasseforbruget indgår således i klimaregnskabet for arealsektoren (LULUCF) i Danmark samt i de danske klimamål, men er ikke opgjort separat for biomasse til

<sup>6</sup> LULUCF - Land Use, Land Use Change and Forestry

energiformål. Mere end halvdelen af det danske biomasseforbrug til energiformål består af importeret biomasse, som ikke afspejles i det danske klimaregnskab.

Udtag og forbrænding af bioressourcer giver typisk en netto-merudledning af CO<sub>2</sub> i en årrække<sup>7</sup>. Tidsforskydningen påvirkes af mange faktorer, herunder af om bioressourcen kommer fra skov eller landbrug, hvilke arealer der er tale om, fx om der er tale om lavbundslande, og hvordan forvaltningen sker lokalt. Udtag og forbrænding af træ vil typisk resultere i en høj merudledning af CO<sub>2</sub> på kort sigt og en lav merudledning på lang sigt. Det skyldes forenklet sagt, at biomassen afbrændes i hurtigere tempo, end biomassen kan nå at gro op igen, og at kulstoflageret, dvs. den mængde CO<sub>2</sub> der er bundet i træ i skoven, dermed sænkes til et lavere niveau<sup>8,9</sup>. For etårige landbrugsafgrøder er tidsperspektivet ikke så væsentligt, men til gengæld kan der være en større risiko for udledninger fra indirekte arealeffekter (ILUC)<sup>10</sup>, hvor førhen udyrkede naturområder omlægges til fx landbrug. Typen af biomasse er altså afgørende for merudledningen af CO<sub>2</sub>, og udledningen vil være forskellig for stammetræ, halm, biogas, restprodukter osv.

Overordnet set har biogen CO<sub>2</sub> fra biogasanlæg og affaldsanlæg en forholdsvis lav netto-merudledning af CO<sub>2</sub>, mens biomassefyrede kraftvarmeværker har en forholdsvis høj netto-merudledning grundet typen af biomasse, der anvendes. I industrien vil netto-merudledningen ved anvendelse af biomasse ligeledes afhænge af brændslet.

Det affald, der leveres til affaldsforbrænding, er restaffald, der ikke er opdelt i biogene og fossile fraktioner. Røggassen består altså af en blanding af fossil og biogen CO<sub>2</sub>, der ikke kan separeres ved CO<sub>2</sub>-fangst. Andelen af den biogene og fossile fraktion af CO<sub>2</sub> fra røggassen opgøres ved regnetekniske metoder baseret på stikprøvemålinger af affaldsmaterialeprøver og røggas fra forbrændingsanlæg. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at udarbejde en transparent certificering af indfanget CO<sub>2</sub> på det enkelte anlæg.

Bæredygtighedskriterierne for anvendelse af biomasse til energiformål, som trådte i kraft i juni 2021, har til formål at sænke risikoen for væsentlige negative påvirkninger på biodiversitet og klima. Risikoen sænkes bl.a. ved at undgå træ fra skove, som ikke genetableres, men kriterierne eliminerer ikke biomasseanvendelsens

---

<sup>7</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

<sup>8</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

<sup>9</sup> Nielsen et al. 'CO<sub>2</sub> emission mitigation through fuel transition on Danish CHP and district heat plants', Global Change Biology Bioenergy. 4. Maj 2021.

<sup>10</sup> ILUC - Indirect Land Use Change

netto-merudledning på kort og mellemlangt sigt. Der kan derfor være tvivl om, hvorvidt PtX-produkter fremstillet med kulstof fra visse biogene CO<sub>2</sub>-kilder bør betragtes som CO<sub>2</sub>-neutrale<sup>11</sup>.

Det samlede totale potentiale for kulstoffangst fra større biogene kilder i 2040 fremgår af Tabel 2. For at CO<sub>2</sub>-fangstpotentialet er robust, vurderes det, at fangstpotentialet skal være til stede i mere end ti år. Derfor er fangstpotentialet i 2040 relevant for investeringer i CO<sub>2</sub>-fangstanlæg til at dække kulstofbehov i 2030 og til dels i 2050. Det samlede CO<sub>2</sub>-fangstpotentiale fra biogene kilder i 2040 forventes at udgøre op til 3,8 - 6,2 mio. ton CO<sub>2</sub> årligt. I Tabel 2 er også angivet, hvorvidt CO<sub>2</sub>-punktkilden har en lav eller høj netto-merudledning af drivhusgasser.

*Tabel 2. Det samlede teoretiske fangstpotentiale for biogen CO<sub>2</sub> i 2040 samt CO<sub>2</sub>-punktkildens netto-merudledning af CO<sub>2</sub><sup>12</sup>. Kilde: Energistyrelsen<sup>13</sup>*

| Biogen CO <sub>2</sub> -punktkilde | Biogent fangstpotentiale i 2040 <sup>1</sup> (mio. ton CO <sub>2</sub> ) | CO <sub>2</sub> -punktkildens netto merudledning | Kommentar   |
|------------------------------------|--|--|---|
| Biogasanlæg                        | 0,7 – 1,3  | Lav  | Mange små kilder  |
| Affaldsforbrænding                 | 1,7 – 2,1  | Lav  | Nye rammevilkår på vej  |
| Træflisfyrede kraftvarmeværker     | 0,9 – 1,9  | Høj-medium                                       | Både dansk og importeret træflis  |
| Træpillefyrede kraftvarmeværker    |  | Høj-medium                                       | Primært importerede træpiller   |
| Industri                           | 0,5 – 0,9  | Afhænger af brændsel                             | Få, store anlæg. Tilstedeværelse af procesudledninger udover udledninger ifm. anvendelse af brændsel. |
| <b>Total</b>                       | <b>3,8 – 6,2</b>   |  |   |

Anm. 1. Fangstpotentiale under antagelse af at 90 pct. af udledningerne opfanges.

For at PtX-produkterne kan siges at være årsag til en lav merudledning af CO<sub>2</sub>, bør den CO<sub>2</sub>, som anvendes i fremstillingen, opfanges fra biogasanlæg og den biogene del af affaldsmængden<sup>14</sup>. Det samlede CO<sub>2</sub>-fangstpotentiale for disse to kilder er op til ca. 2,4 - 3,4 mio. ton CO<sub>2</sub> årligt. Dette vurderes tilstrækkeligt til at dække behovet for CO<sub>2</sub>-fangst til kulstofbaserede PtX-produkter til Danmarks indenrigssektorer i

<sup>11</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

<sup>12</sup> Svarer til Global Warming Potential (GWP) bruges her om risikoen for en væsentlig samlet netto-merudledning af CO<sub>2</sub>, som følge af høsten og afbrændingen af bio-ressourcen, i forhold til et alternativ, hvor bio-ressourcen ikke blev udnyttet på denne måde.

<sup>13</sup> Energistyrelsen, Lev 1.1 Punktkilder til CO<sub>2</sub> – potentialer for CCS og CCU

<sup>14</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

2030 og 2050, men ikke nødvendigvis tilstrækkeligt til at dække det samlede kulstofbehov inklusiv udenrigstransport, jf. Tabel 1. Dog, hvis skibsfarten i videst mulig udstrækning anvender ammoniak, kan kulstofbehovet muligvis næsten dækkes af biogen kulstof fra biogas og affald. Dertil kan dog komme en potentiel yderligere efterspørgsel efter PtX til eksport af ukendt størrelse.

## 2.3 Er der grundlag for yderligere anvendelse af biogent kulstof fra danske CO<sub>2</sub>-punktkilder i 2030?

### 2.3.1 Det danske bioessourcepotentiale

I Danmark anvendes i dag ca. 176 PJ bioessource til bioenergi, hvoraf omkring halvdelen, ca. 95 PJ, udgøres af dansk biomasse. Husdyrgødning fra danske stalde betragtes her som dansk bioessource, selv om 27 pct. af foderet er importeret. Det er muligt at øge den danske bioessource, hvilket dog har nogle komplikationer og omkostninger<sup>15</sup>.

Den kommende opdatering af +10 mio. tons planen fra Københavns Universitet belyser tre scenarier for den fremtidige biomasseproduktion i skov og landbrug i Danmark<sup>16</sup>. De tre scenarier er "Business as Usual", "Biomassescenariet" og "Ekstensiveringsscenariet". Alle tre scenarier forudsætter, at en generel udbyttestigning i landbruget vil gøre det muligt at frigøre arealer til energiafgrøder uden en nedgang i fødevarerproduktionen. Biomassescenariet omfatter i de foreløbige beregninger 79 pct. øget biomasseproduktion i forhold til Business as usual, mens ekstensiveringsscenariet omfatter 46 pct. øget biomasseproduktion i forhold til Business as Usual.

Tabel 3 viser det årlige danske biomassepotentiale i 2030 i de tre scenarier. Ifølge foreløbige tal vil dansk biomasse i et Business As Usual-scenarie kunne levere i alt ca. 136 PJ i 2030 til materialer og energi uden ændringer i landbrugsproduktionen ud over den forventede generelle udbyttestigning. I de to øvrige scenarier vil dansk biomasse formentlig kunne dække det nuværende forbrug af bioenergi på ca. 176 PJ og måske op til ca. 250 PJ. Eftersom dansk biomasse i mange tilfælde dog vil være dyrere end importeret biomasse, er der risiko for, at en del af den danske ressource ikke udnyttes. I en del tilfælde er den danske ressource heller ikke kompatibel med behovet, fx behov for "rene/ensartede" træpiller i stedet for mere uensartet træflis.

<sup>15</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

<sup>16</sup> Tidligere rapport: Gylling, Jørgensen, Bentsen, Kristensen, Dalgaard, Felby & Johannsen (2012), "+10 mio. tons planen: muligheder for en øget dansk produktion af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier", Fødevarøkonomisk Institut, Københavns Universitet. [https://ifro.ku.dk/publikationer/saerlige\\_ifro-udgivelser/10miotons/](https://ifro.ku.dk/publikationer/saerlige_ifro-udgivelser/10miotons/)



Tabel 3. Forventet dansk biomassepotentiale i 2030 opdelt på fast biomasse og biogas-mængde. Der er ikke her afsat en mængde til anvendelse uden for energisektoren, fx til materialer. Tallene stammer fra foreløbige beregninger fra Københavns Universitets opdatering af +10 mio. tons planen.

|                        | 2030              |                   |                          |
|------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
|                        | Business as Usual | Biomasse-scenarie | Ekstensiverings-scenarie |
| Fast biomasse (PJ)     | 84                | 201               | 154                      |
| Biogas (PJ)            | 52                | 52                | 52                       |
| Samlet potentiale (PJ) | 136               | 253               | 207                      |

Det kræver en stor omlægning af landbrug og skovdrift at indfri det høje biomassepotentiale på omkring 253 PJ i biomassescenariet, og derudover er det dyrt at bjærge visse biomassefraktioner, fx dunhammer og tagrør.

Foruden anvendelse af bioressourcen til energiformål kan det meste af den faste biomasse bruges til fremstilling af materialer, fx bioplast, tekstil, isoleringsmateriale mv, hvilket udgør en konkurrent til biomasse anvendt til energiformål. SDU har anslået behovet for biomasse til fremstilling af plastik alene til ca. 20 PJ<sup>17</sup>. Dertil har Europakommissionen formuleret retningslinjer for anvendelse af biomasse ud fra kaskadeprincippet, begyndende med højværdiudnyttelse af bioressourcen til materialer og dernæst udnyttelse af sidestrømme og affald til bioenergi med efterfølgende potentiel CO<sub>2</sub>-fangst samt fremstilling af kulstofholdige PtX-brændstoffer<sup>18</sup>. En anvendelse af hele bioressourcen til energiformål flugter altså ikke med kaskadeprincippet.

Alt i alt er det danske bioenergi potentiale derfor fortsat uklart, og det må anses for usikkert om mere end ca. 140-160 PJ af den danske bioressource vil kunne udnyttes til energi selv ved en temmelig omfattende omlægning af produktionen<sup>19</sup>. Ud af denne mængde vil en del af bioenergiressourcen formentlig afbrændes i individuelle træpillefyr m.v., hvor det vil være praktisk umuligt at anvende CO<sub>2</sub>-fangst, og derfor vil det tilbageværende biomassepotentiale til CO<sub>2</sub>-fangst være tilsvarende mindre. Det er dog muligt, at den danske biomasseproduktion i 2030 vil kunne dække det danske biomasseforbrug, hvis det fastholdes på det nuværende niveau på ca. 176 PJ eller sænkes.

<sup>17</sup> Henrik Wenzel, M.Sc. Chem. Eng., Professor, Institut for Grøn Teknologi (IGT) og SDU Livscykluscenter, Syddansk Universitet

<sup>18</sup> Europakommissionen, Udkast til revideret VE-direktiv, juli 2021

Europakommissionen, "MEDDELELSE FRA KOMMISSIONEN TIL EUROPA-PARLAMENTET, RÅDET, DET EUROPÆISKE ØKONOMISKE OG SOCIALE UDVALG OG REGIONSUDVALGET Kredsløbet lukkes - en EU-handlingsplan for den cirkulære økonomi", COM (2015) 614 final, Bruxelles, 2015

Europakommissionen, "Vejledning om kaskadeanvendelse af biomasse med eksempler på god praksis vedrørende træbiomasse", 2019

<sup>19</sup> Energistyrelsen 2020: "Biomasseanalyse". [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

### 2.3.2 Det globale biomassepotentiale til bioenergi

Danmark importerer i dag ca. halvdelen af den anvendte biomasse til energiformål, og her kunne man forestille sig at øge importen af biomasse for at skabe grundlag for øget CO<sub>2</sub>-fangst fra større punktkilder i Danmark. Biomasse er dog også en begrænset ressource globalt. Der er lavet adskillige vurderinger af, hvor store biomasseressourcer der globalt kan anvendes til energi. Vurderingerne af bioressourcen afhænger af antagelser om befolkningsudvikling, kostvaner, produktivitetstigninger i landbrug og skovbrug, og hvor store landarealer, der inddrages til dyrkning hhv. bevares som naturområder.

Der er stor enighed blandt forskere om, at det globale bæredygtige bioenergi-potentiale i 2050 vil være begrænset til omkring 100 EJ pr. år, idet et forbrug over dette niveau vil lægge et betydeligt pres på tilgængeligt areal, fødevareproduktion og -priser<sup>20</sup>.

Tabel 4 illustrerer biomasseforbruget i Danmark i forskellige scenarier. Det nuværende biomasseforbrug til energiformål pr. indbygger i Danmark er ca. 30 GJ årligt. Hvis Danmark kun anvender biomasse svarende til den mængde, der kan produceres nationalt, er det potentielle danske biomasseforbrug pr. indbygger ca. 28 GJ, svarende omtrent til det nuværende forbrug. Hvis den mulige, globale biomasseressource på 100 EJ sættes i forhold til jordens befolkning i 2050, svarer det til ca. 10 GJ pr. person forudsat en global befolkning på 9,7 mia. mennesker svarende til, at Danmark skulle reducere biomasseforbruget til en tredjedel af det nuværende forbrug. Hvis det globale potentiale i stedet fordeles efter BNP, og det antages, at Danmark beholder sin andel af det globale BNP, kan der tildeles omkring 65 GJ biomasse pr. person i Danmark svarende til en fordobling af det nuværende biomasseforbrug.

*Tabel 4. Biomasseforbrug til energiformål pr. indbygger og samlet i Danmark. Hhv. nuværende biomasseforbrug, biomasseforbrug svarende til biomassepotentiale i Danmark og biomasseforbrug svarende til det globale biomassepotentiale.*

|  | Biomasseforbrug pr. indbygger i Danmark (GJ) | Samlet biomasseforbrug i Danmark (PJ) |
|--|--|---------------------------------------|
| Nuværende biomasseforbrug til energiformål   | 30   | 176                                   |
| Biomasseforbrug svarende til biomassepotentiale i Danmark på 160 PJ <sup>21</sup> i 2030 | 28   | 160                                   |

<sup>20</sup> IPCC 2018: Special Report: Global Warming of 1,5 °C. IPCC 2018.

<sup>21</sup> Vurderet relativt sikkert potentiale til energiformål, jf. teksten.

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Biomasseforbrug svarende til globalt biomassepotentiale på 100 EJ i 2050 ved lige fordeling mellem verdens borgere | 10 | 63  |
| Biomasseforbrug svarende til globalt biomassepotentiale på 100 EJ i 2050 ved fordeling efter BNP                   | 65 | 410 |

Anm. Antagelser: Globalt befolkningstal 7,7 mia. nu og 9,7 mia. i 2050. DK befolkningstal 5,8 mio. nu og 6,3 mio. i 2050. Danmarks BNP udgør nu 0,41 pct. af det globale BNP<sup>22</sup>. Nuværende biomasseforbrug til energiformål 176 PJ i 2019.

### 3 Sammenfatning

Biomasse er et afgørende element i fremstilling af kulstofbaserede PtX-brændstoffer såsom metanol, e-diesel og e-jetfuel, idet brændstofferne kræver et input af kulstof i fremstillingsprocessen for eksempel i form af CO<sub>2</sub>. For at brændstofferne kan klassificeres som CO<sub>2</sub>-neutrale i energisektorens klimaregnskab, skal CO<sub>2</sub>-en i fremstillingsprocessen være biogen, indtil DAC (Direct Air Capture) evt. bliver en moden og kommerciel teknologi.

Der er med stor usikkerhed estimeret et behov på ca. 0,4 – 1,3 mio. ton CO<sub>2</sub> til PtX-brændstoffer til indenrigsformål i 2030 og ca. 0,1 – 1,9 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050, mens kulstofbehovet inklusiv udenrigstransport vurderes at være omkring 0,7 – 4,5 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 og omkring 1,5 - 6,6 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050. Dertil kommer et ukendt potentiale for kulstofforbrug til eksport af PtX-produkter.

Det samlede totale potentiale for kulstoffangst fra biogene kilder i Danmark i 2040 udgør op til ca. 3,8 - 6,2 mio. ton CO<sub>2</sub> årligt. En del af de biogene CO<sub>2</sub>-kilder har dog forholdsvis høj risiko for netto-merudledning af CO<sub>2</sub>. Det gælder bl.a. en del anvendelse af træbiomasse. Hvis der skal være relativt lav risiko for, at kulstoffdelen i PtX-produkterne bidrager til netto-merudledning af CO<sub>2</sub> (i en livscyklusbetragtning), bør kulstoffet stamme fra biogas eller den biogene del af affaldsmængden.

Det samlede CO<sub>2</sub>-fangstpotentiale fra biogas og den biogene del af affaldet er op til omkring 2,4 - 3,4 mio. ton CO<sub>2</sub> årligt. Det vurderes omtrent tilstrækkeligt til at dække behovet for CO<sub>2</sub>-fangst til kulstofbaserede PtX-produkter til indenrigssektorer i 2030 og i 2050, men ikke til også at dække produktion af kulstofholdige brændstoffer til udenrigstransport i 2030 og i 2050, jf. Tabel 1. Det er dog muligt, at biogen CO<sub>2</sub> fra biogas og affald omtrent kan dække den lave del af spændet for kulstofbehovet i både 2030 og 2050. Den lave del af spændet afspejler bl.a. et scenarie, hvor skibsfarten i vid udstrækning anvender ammoniak frem for kulstofholdige PtX-brændstoffer såsom metanol. Der er derfor betydelige argumenter for at fremme anvendelse af ammoniak i skibsfarten frem for anvendelse af fx metanol, idet anvendelse af ammoniak vil give mindre træk på kulstoffressourcen og dermed

<sup>22</sup> <https://www.worldometers.info/gdp/gdp-by-country/>

gøre det muligt i langt højere grad at sikre, at bioressourcen er bæredygtig og at anvendelsen har lav risiko for at bidrage til merudledning af CO<sub>2</sub>.

Dansk biomasse til energiformål kan udgøre op til ca. 140-160 PJ i 2030, hvilket kræver en temmelig omfattende omlægning af produktionen og derudover, at langt størstedelen af bioressourcen reserveres til energiformål på bekostning af fx fremstilling af biomassebaserede materialer i byggesektoren. I dag anvendes ca. 176 PJ biomasse i Danmark til energiformål årligt, hvoraf ca. halvdelen importeres. Der er altså ikke grundlag for at øge biomasseforbruget til energiformål på grundlag af en øget dansk biomasseproduktion. Hvis det globale biomassepotentiale i 2050 fordeles ligeligt blandt verdens befolkning, vil Danmark skulle begrænse biomasseforbruget til ca. en tredjedel af det nuværende forbrug. Hvis det globale biomassepotentiale i 2050 derimod fordeles efter BNP, kan Danmark fordoble sit forbrug i 2050 i forhold til det nuværende niveau, hvilket dog ikke er i god overensstemmelse med Parisaftalens principper om global retfærdighed i den grønne omstilling. Det er derfor ikke entydigt, hvorvidt Danmark kan øge anvendelsen af biomasse til energiformål.