



Klimastatus og –fremskrivning 2023 (KF23):

Biogas, PtX og VE-brændstoffer

Sektornotat nr. 7B

Center
Systemanalyse

Dato
31-05-2023

Indholdsfortegnelse

1. KF23 forløbet: Status og fremskrivning til 2035.....	2
2. Analyse af KF23 forløbet	3
2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035.....	3
3. Kvalificering af KF23 forløbet.....	8
3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF22	8
3.2 Usikkerhed og følsomhedsberegninger	9
3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	9
4. Kilder	10
5. Bilag	11
Bilag 5.1 Biogene energirelaterede CO ₂ -udledninger fra sektoren.....	11
Bilag 5.2 Indikatorer for sektoren	11

Dette sektornotat er en del af Klimastatus og –fremskrivning 2023 (KF23). KF23 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at udviklingen i fremskrivningen er betinget af et "politisk fastfrossent" fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget eller EU har besluttet før 1. januar 2023 eller som følger af bindende aftaler. KF23 resultaterne og de bagvedliggende analyser i sektornotaterne skal derfor ses i denne frozen policy kontekst. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se KF23 sektorforudsætningsnotat Principper og politikker kapitel 1 Principper for frozen policy.



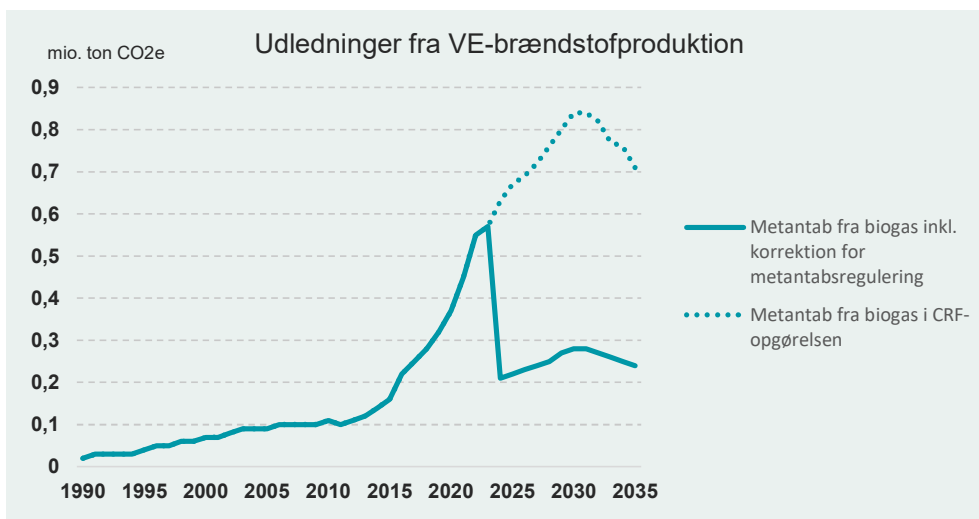
1. KF23 forløbet: Status og fremskrivning til 2035

I Danmark produceres og raffineres en række vedvarende brændstoffer, herunder biogas, opgraderet biogas (bionaturgas) og biobrændstoffer såsom bioethanol og -diesel. På længere sigt forventes det, at der også vil blive produceret elektrobrændstoffer i Danmark ved processer, hvor elektricitet omdannes til brint igennem elektrolyse og eventuelt forædles til kulstofholdige brændstoffer, såkaldt Power-to-X (PtX).

I dette sektornotat redegøres for de forventede udledninger forbundet med produktionen af disse VE-brændstoffer, på baggrund af forudsætningerne fastsat i henholdsvis kapitel 3 og 4 i *KF23 Sektorforudsætningsnotat: Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer*.

I klimafremskrivningen omfatter drivhusgasudledningerne fra produktion af VE-brændstoffer alene metantab fra biogasproduktion, jf. Figur 1. Reelt vil der også være andre udledninger forbundet med blandt andet energiforbrug til produktion af biogas og -brændsler. Disse opgøres dog ikke særskilt i KF23, grundet manglende data, men er indeholdt i de samlede udledninger fra fx landbrugets og fremstillingssektorernes energiforbrug. Eventuelle udledninger forbundet med produktionen af el til PtX og opgradering af biogas opgøres under udledninger fra el og fjernvarme.

Figur 1: CO₂e-udledninger fra VE-brændstofproduktion



Note: Som uddybet i afsnit 2.1.1. om biogaslækage nedenfor indregnes den forventede effekt af metantabsreguleringen endnu ikke i CRF-tabellerne, men indgår som en partiel korrektion i mankoopgørelser mv.



2. Analyse af KF23 forløbet

2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035

I det følgende gennemgås den forventede udvikling i følgende undersektorer af VE-brændstofproduktion:

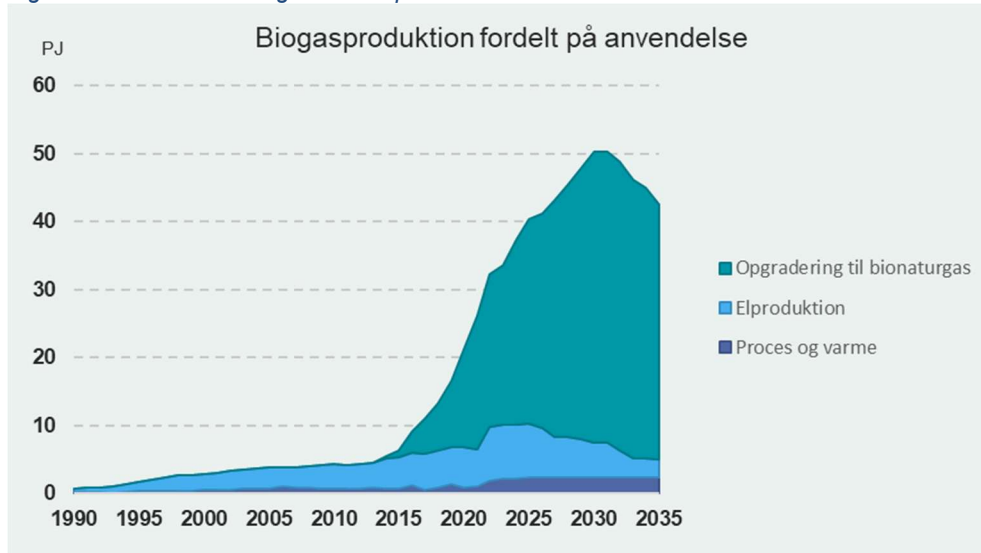
- Biogasproduktion
- PtX
- Biobrændstoffer

Gennemgangen inkluderer undersektorenes forventede produktion af brændstoffer, forventede effektiviseringer eller teknologiskifte i produktionen samt resulterende ændringer i produktionens drivhusgasudledninger.

2.1.1 Biogasproduktion

Produktionen af biogas i Danmark er steget betragteligt siden 1990, fra ca. 0,5 PJ i 1990 til ca. 32 PJ i 2022. Udviklingen har hidtil især været drevet af støtteordningerne for biogas, som blev indført med *Aftale om den danske energipolitik 2012-2020*. Støtteordningerne havde til hensigt at fremme anvendelse af biogas til el-produktion, procesformål og varmeproduktion samt produktion af bionaturgas, som tilføres gasnettet. Det er derfor disse produktionsformer, der kendetegner biogassektoren, med produktion af bionaturgas som den dominerende. Den stærkt stigende produktion af bionaturgas, kombineret med et faldende forbrug af ledningsgas, medfører en stigende VE-andel i ledningsgassen, der i KF23 når over 100 pct. i 2030, jf. *KF23 sektornotat 7C Forbrug og sammensætning af ledningsgas*.

Figur 2: Produktion af biogas fordelt på anvendelse



Med *Klimaaftale for energi og industri mv.* blev der aftalt seks nye støtteudbud, som skal afholdes over perioden 2024-2030¹. Disse udbud forventes at øge biogasproduktionen med op til 10 PJ i 2030. Samtidig antages en højere udnyttelse af de tildelte årnormer på de eksisterende støtteordninger, hvilket også medfører en forøgelse af den produktionen. Således forventes en samlet produktion på ca. 50 PJ i 2030.

De eksisterende støtteordninger er tildelt for en 20-årig periode, hvorfor støtten begynder at bortfalde fra 2032. Dette forventes at medføre et mindre fald i produktionen, således at der i 2035 forventes ca. 42 PJ, jf. kapitel 3 i *KF23 Sektorforudsætningsnotat: Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer*.

Lækage fra biogasanlæg

Biogassektorens drivhusgasudledninger består hovedsageligt af metantab, som følge af lækage fra biogasanlæggene.

Med *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022* blev der vedtaget en regulering af metantab fra biogasanlæg. Reguleringen trådte i kraft 1. januar 2023, og pålægger biogasanlæg med opgraderingsfaciliteter at reducere lækageraten til 1 pct. Øvrige biogasanlæg pålægges at reducere lækageraten mest muligt. Som det fremgår af *Sektorforudsætningsnotat: Principper og politikker*, indgår den forventede effekt af metantabsreguleringen som en partiel korrektion i KF23 mankoopgørelse mv., skønt den endnu ikke indregnes i CRF-opgørelsen, da der afventes konkrete målinger af effekten. På denne baggrund er der udarbejdet en

¹ Den præcise indfasning af støtteuddene blev ændret med *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*, hvor et af udbuddene blev fremrykket og støttepuljen reduceret.



korrektionsberegning, hvor biogasanlæggenes lækagerate sænkes til 1 pct. fra 2024 og frem.

Såfremt lækageraten for alle biogasanlæg sænkes til 1 pct., skønnes det at reducere metantabet til ca. 0,2 mio. ton CO_{2e} i 2025, ca. 0,3 mio. ton i 2030 og ca. 0,3 mio. ton CO_{2e} i 2035. Det bemærkes, at korrektionsberegningen bygger på en simpel antagelse om lavere lækagerate, og at der er usikkerhed forbundet med den forventede effekt af metantabsreguleringen, bl.a. fordi biogasanlæggene skal identificere og planlægge udbedring af eventuelle kilder til metantab. Der gennemføres et måleprojekt i 2025, med henblik på at dokumentere effekten af metantabsreguleringen.

I CRF-tabellerne opgøres tabsraten til henholdsvis 2,9 pct. for biogasanlæg og 6,9 pct. på spildevandsrensning, på baggrund af rapporten *Målrettet indsats for at mindske metantab fra danske biogasanlæg*. Metantabet i CRF-opgørelsen forventes på denne baggrund at udgøre ca. 0,7 mio. ton CO_{2e} i 2025, 0,8 mio. ton CO_{2e} i 2030 og falde til ca. 0,7 mio. ton CO_{2e} i 2035.

2.1.2 Power-to-X

Begrebet Power-to-X (PtX) dækker over konverterings- og lagringsteknologier af elektricitet fra vedvarende energi som vindenergi, solenergi og vandkraft. Elektriciteten anvendes til at drive en elektrolyseenhed, som spaltes vand til brint og ilt. Brinten kan herefter enten bruges som slutprodukt i sig selv eller syntetiseres videre til andre brændstoffer, såsom ammoniak, metanol, metan eller jetfuel, som med en samlebetegnelse kaldes elektrobrændstoffer eller e-brændstoffer. Et elektrolyseanlæg, med eller uden synteseanlæg til viderekonvertering af brint, kan således omdanne elektricitet til flydende og gasformige brændstoffer, der kan bidrage til en grøn omstilling af energiforbrug, der ellers er vanskelig at omstille, fx i transportsektoren. Herudover kan brint eller andre PtX-produkter anvendes som kemikalier i landbruget eller i industrielle processer fx til produktion af plast og tekstiler. Anvendelse af PtX-produkter i industrien forventes dog ikke at vinde stor udbredelse frem mod 2035 i et Frozen Policy-scenarie grundet en relativt høj merpris. Systemmæssigt kan der endvidere være positive synergieffekter mellem udbygningen af vedvarende energi og PtX, (øget fleksibilitet, prisstabilisering).

Elektrolysekapacitet

I KF23 fremskrives kun energiforbrug til fremstilling af grøn brint via elektrolyse, mens eventuel viderekonvertering til ammoniak, metanol mm. ikke inkluderes. Viderekonverteringsanlæg kræver generelt mindre energi end elektrolyseanlæg til at drive processen, bl.a. fordi behovet for el er langt mindre. Elektrolysekapaciteten i Danmark stiger i fremskrivningen fra under 5 MW i 2019 til ca. 700 MW i 2025, ca. 900 MW i 2030 og ca. 1650 MW i 2035. Udbygningen af elektrolyse er under fravær af nye tiltag primært drevet af et kommende udbud til PtX, som forventes at



give anledning til anslået 200 MW elektrolyse, og vedtagne EU-puljer om IPCEI. Disse to elementer udgør til sammen størstedelen af den antagne elforbrugskapacitet til PtX frem mod 2030. Kapaciteten bliver suppleret med yderligere mindre projekter, som har fået tilsagn til støtte på anden vis, eller som har truffet endelig investeringsbeslutning.

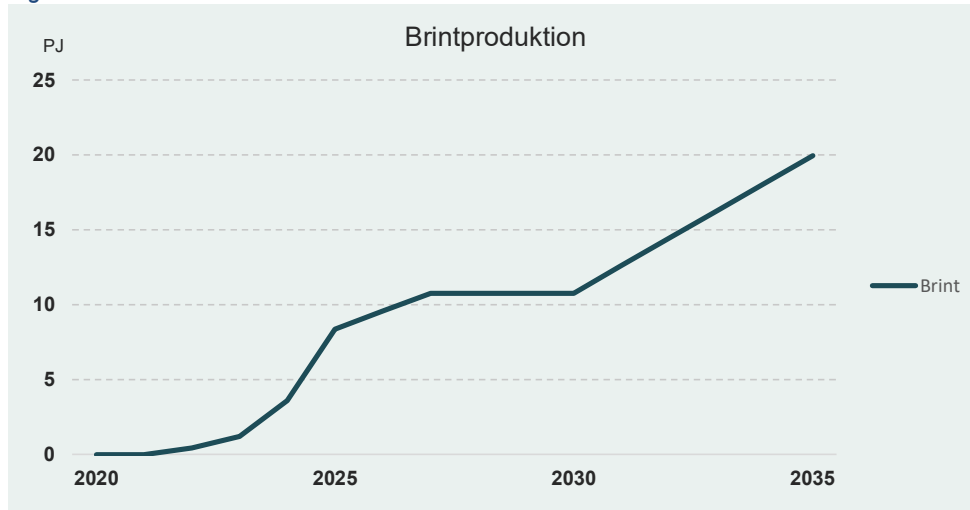
Estimatet for kapacitetsudbygningen baseret på PtX-udbuddet er behæftet med betydelig usikkerhed, da et væsentligt formål med det danske PtX-udbud er at få indblik i omkostningerne til at opføre og drive storskala PtX-anlæg. Desuden er det usikkert, hvor meget kapacitet støttepenge fra EU til IPCEI-projekter giver anledning til i en frozen-policy kontekst. Disse antagelser og usikkerheder er beskrevet i KF23 Sektorforudsætningsnotat Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer kapitel 4: Power-to-X

Brintproduktion

Produktion af brint via elektrolyse afhænger ikke alene af elektrolysekapaciteten, men også af driftsmønsteret. Driftsmønsteret for anlæg, som er eksponeret for spotmarkedet for el, forventes at afhænge af elprisen, idet elektrolyseanlæg kun forventes at være i drift, når elprisen er tilstrækkelig lav, og når produktionen af PtX-produkter hænger sammen med produktion af el fra vedvarende energi såsom vindkraft og solceller. Det modellerede antal fuldlasttimer er følsomt over for elprisen, således at et mindre fald i elprisen kan give et stort antal yderligere fuldlasttimer. Driftsintensiteten for elektrolyseanlæg opgøres typisk i årlige fuldlasttimer.

Antallet af fuldlasttimer til elektrolyse er modelleret i KF23 på baggrund af elprisen og andre forhold. Det antages, at elektrolyseanlæg er i drift, når den opnåede produktionsomkostning på brint er under 200 kr./GJ brint. Det er yderligere antaget, at virkningsgraden fra el til brint følger antagelser i Energistyrelsens teknologikatalog, som indeholder forudsætninger om virkningsgrader og fremskrivninger heraf for forskellige former for elektrolyse. For den kapacitet, som ikke kan tilknyttes en bestemt form for elektrolyseteknologi, er der antaget virkningsgrader fra alkalisk elektrolyse, som er den mest modne elektrolyseteknologi. Virkningsgraden for alkalisk elektrolyse ligger ifølge teknologikataloget på ca. 66 pct. stigende til 68 pct. frem mod 2030, hvilket betyder, at energitabet i omdannelsen fra el til brint er ca. 32 pct. til 34 pct. for disse anlæg. Elektrolyseprocessen er varmedannende, og det antages, at 10 pct. af elforbruget bliver til overskudsvarme, som kan afsættes til fjernvarmenet. Afsætningen af overskudsvarme til fjernvarmenet er indregnet som en indtægt ved brintproduktion i modelkørsler.

Figur 3: Produktion af brint



Fremskrivningen viser, som også indikeret i figuren ovenfor, at produktionen af brint stiger til ca. 10,8 PJ frem mod 2030 som følge af den forventede udbygning af elektrolysekapacitet og det modellerede antal årlige fuldlasttimer, stigende til 20,3 PJ i 2035. Med antagelser om virkningsgrader ligger elforbruget til elektrolyse på 16,3 PJ i 2030 og 29,8 PJ i 2035.

Det bemærkes, at afledte effekter på drivhusgasudledningen ved afsætning af den producerede brint til fx transport- eller industriformål ikke er indarbejdet i KF23. Det betyder, at det i de samlede resultater implicit antages, at den producerede brint enten fortrænger anden VE i Danmark, eller indgår i produkter som sælges til udlandet, dvs. eksporteres. Dette skyldes, at fremskrivningen forudsætter, at grøn brint under fravær af nye tiltag ikke er konkurrencedygtig med fossile brændstoffer, og at der i KF23 ikke indregnes en ekstra betalingsvillighed for grønne brændstoffer. Fsva. brintproduktionens betydning for raffinaderiers brændsels sammensætning og udledninger er dette beskrevet i *KF23 sektornotat 7A Indvinding af olie og naturgas samt raffinaderier*.

2.1.3 Produktion af biobrændstoffer

I Danmark blandes biobrændstoffer i benzin og diesel, der sælges til landtransportformål. Dette beskrives i sektornotat 4B. Iblandingen består både af biobrændstoffer produceret i Danmark og af importerede biobrændstoffer. Den danske produktion af biobrændstoffer består af to større anlæg, der producerer biodiesel af hhv. raps og animalsk fedtaffald. Energiforbrug og udledninger forbundet med den danske produktion af biobrændstoffer indgår i andre af fremskrivningens sektorer (bl.a. landbrugs- og fremstillingssektorerne), og kan ikke identificeres eksplicit. De danske producenter af biobrændstoffer eksporterer en del af deres produktion og danske brændstofleverandører benytter både danske og

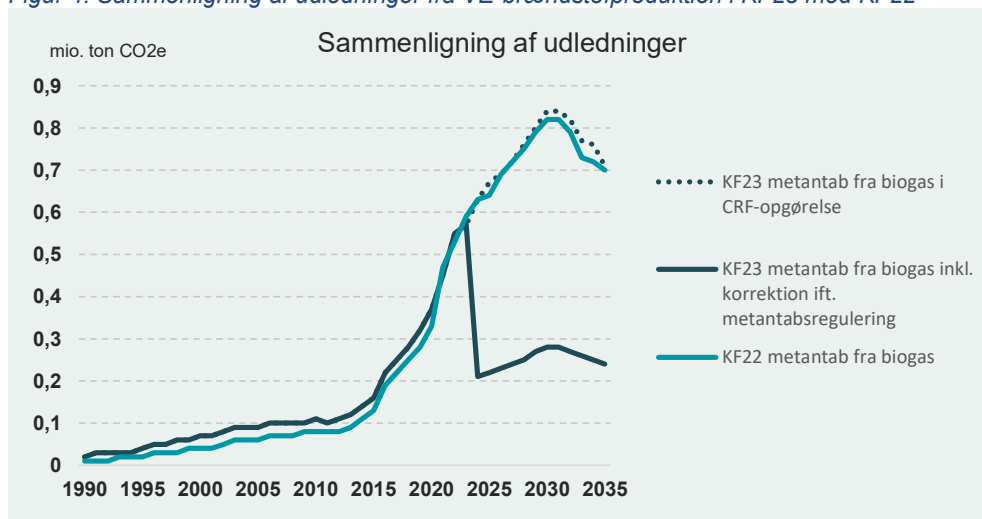
importerede biobrændstoffer. Importen af biobrændstoffer er hovedsageligt fra andre lande i Europa.

3. Kvalificering af KF23 forløbet

3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF22

I dette afsnit sammenlignes sektorens samlede udledninger i KF23 med de tilsvarende udledninger for sektoren i KF22. Det skal i denne forbindelse bemærkes, at det generelt ikke vil være muligt entydigt at forklare alle ændringerne fra KF22 til KF23, da disse ændringer vil være det samlede resultat af både politiktiltag og ændrede generelle forudsætninger om fx priser og teknologi samt afledte effekter mellem sektorerne. I nogle tilfælde kan resultaterne endvidere også være påvirket af metode- og modeludvikling (som bl.a. beskrevet i KF23 sektorforudsætningsnotaterne).

Figur 4: Sammenligning af udledninger fra VE-brændstofproduktion i KF23 med KF22



Forventningen om et reduceret metantab fra biogasanlæg i KF23 ift. KF22 skyldes en forventning om lavere biogasproduktion, jf. kapitel 3 i KF23

Sektorforudsætningsnotat: Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer, foruden ny regulering af metantab fra Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022. Derudover er lækageraten for spildevandsanlæg øget ift. KF22, hvilket medfører en mindre stigning i det forventede metantab, jf. KF23 Sektorforudsætningsnotat 9B: Øvrigt affald.



3.2 Usikkerhed og følsomhedsberegninger

PtX: Udbygning og driftsmønstre mv.

De fleste af ovenstående antagelser vedrørende elektrolyse kapacitetsudbygning og driftsmønstre er behæftet med en betydelig usikkerhed og vil afhænge af en række faktorer, herunder p.t. ukendte omkostninger til etablering af anlæg i omtalte skala, markedspris på grøn brint m.m. Dette er nærmere beskrevet i sektorforudsætningsnotatet om Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer. Elektrolyseanlæggenes driftsmønster vurderes at have lille betydning for den samlede fremskrivning i KF23 grundet den relativt lille elektrolysekapacitet i KF23 og antagelser om additionalitet fra VE-anlæg ift. PtX-kapacitet, og modellering af driftsmønstret har derfor ikke været et væsentligt fokuspunkt i KF23. Det forventes, at modellering af driftsmønster videreudvikles i fremtidige klimafremskrivninger i takt med, at der samles mere erfaring fra idriftsatte anlæg.

3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Udviklingselementer relateret til biogas og PtX i klimafremskrivningen omfatter:

- Mere detaljeret modellering af sammenkobling af PtX-anlæg med elproduktion fra vedvarende energi på geografisk og tidsmæssigt niveau
- Bredere PtX-modellering, hvor andre e-brændstoffer end brint kan inkluderes i fremskrivningen. Endvidere modellering af, hvor de producerede e-brændstoffer finder anvendelse i det nationale energisystem, og hvilken effekt det har på udledninger i den givne sektor
- Indsamling af bedre historiske data for PtX-anlægs elforbrug og -produktion. Herudover kan modellering af driftsmønster videreudvikles i fremtidige klimafremskrivninger
- Gennemførelse af et måleprojekt i 2025, med henblik på at anslå effekten af metantabsregulering og kunne indregne denne i CRF-opgørelsen.

4. Kilder

Energistyrelsen. (2021-2022). Energistyrelsens årlige Biomasseopgørelse.
Energistyrelsen. [*Afventer udgivelse*]

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (27. 12 2019). Lov om ændring af lov om fremme af vedvarende energi, lov om naturgasforsyning og lov om elforsyning. LOV nr 1566 af 27/12/2019. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1566>

Klimaaftalen for energi og industri af 22. juni 2020 Hentet fra https://fm.dk/media/18082/faktaark_klimaaf tale-for-energi-og-industri-2020-et-overblik.pdf

Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022. Hentet fra <https://www.regeringen.dk/media/11470/klimaaf tale-om-groen-stroem-og-varme.pdf>

Wenzel H, JM Triolo, LV Toft, N Østergaard (2020): Energifgrødeanalysen. SDU og SEGES. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/energifgroedeanalysen_med_bilag.pdf



5. Bilag

Bilag 5.1 Biogene energirelaterede CO₂-udledninger fra sektoren

Klimafremskrivningens opgørelse af sektorenes udledninger følger FN's opgørelsesregler, da udledningsopgørelsen ift. 70 pct. målsætningen ifølge klimaloven skal følge disse. CO₂-udledning fra forbruget af biomasse medregnes i LULUCF-sektoren i det land, hvor biomassen høstes. Ved afbrænding af dansk og importeret biomasse og biobrændsler til energiformål medregnes den heraf følgende biogene CO₂-udledning derfor ikke for at undgå dobbelttælling (jf. KF22 forudsætningsnotat 2B). Ifølge FN-reglerne skal CO₂-udledningerne fra forbruget af biomasse til energi dog opgøres og indberettes under et såkaldt "memo item". Dette bilag viser de samlede biogene energirelaterede CO₂-udledninger forbundet med forbrænding af biomasse og biobrændsler.

Der er som udgangspunkt ingen biogene drivhusgasudledninger fra produktion af biogas, PtX og biobrændstoffer.

Bilag 5.2 Indikatorer for sektoren

I Klimahandlingsplan 2020 blev der opstillet en række indikatorer, der fremadrettet kan bidrage til at vurdere fremdriften i omstillingen af de enkelte sektorer. I dette bilag præsenteres data for de indikatorer, der er relevante for produktion af biogas PtX og VE-brændsler.

Der er ikke opstillet indikatorer for biogasproduktion i Klimahandlingsplan 2020.

Der er kun opstillet én indikator for produktion af PtX:

- Mængden af brint fremstillet via elektrolyse

Den historiske produktion af brint fremstillet via elektrolyse er meget lille. Energistyrelsen har ikke data på historisk produktion af brint, men mængderne fra elektrolyse må formodes at være meget små. Produktionen af brint fra elektrolyse forventes i KF23 at være ca. 10,8 PJ i 2030 som følge af den forventede udbygning af elektrolysekapacitet og det modellerede antal årlige fuldlasttimer og ca. 20,3 PJ i 2035. Med antagelser om virkningsgrader forventes elforbruget til elektrolyse at være 16,3 PJ i 2030 og 29,8 PJ i 2035.