

Indholdsfortegnelse

Tekniske reduktionspotentialer i Klimaprogram 2020	2
Overordnet metode og forbehold.....	2
Fangst og lagring eller anvendelse af CO₂	3
Opsummering	3
Om teknologien.....	3
Metode.....	4
Afgrensning	4
Antagelse om segmenter	4
Samlet vurdering	5
Power-to-X	6
Opsummering	6
Om teknologien.....	7
Metode.....	7
Afgrensning	7
Antagelser om segmenter	7
Samlet vurdering	9
Biobrændstoffer	10
Biogas	10
Elektrificering og energieffektivitet inden for industrisektoren	11
Eksempler på udviklingsprojekter i land- og skovbrugssektoren	11
Genanvendelse og reduktion af plastaffald	12
Samarbejdsaftaler med erhverv	12
Overlap	13

Tekniske reduktionspotentialer i Klimaprogram 2020

Tabel 1 herunder gengiver de tekniske reduktionspotentialer, som præsenteres i Klimaprogram 2020. Dette notat forklarer metoden og forudsætningerne for skønnene. Bemærk at der er overlap mellem nogle af potentialerne, som der er korrigeret for i totalen.

Tabel 1	
Tekniske reduktionspotentialer frem mod 2030 (mio. tons CO₂e)	
	Potentialer i 2030
Fangst og lagring eller anvendelse af CO ₂	4-9
Grønne brændstoffer	0,6-5,1 *
- Power-to-X	0,5-3,5 (og 1,5-7,5 på længere sigt) **
- Biobrændstoffer	0,5-3,5 (og 1,5-7,5 på længere sigt) **
- Biogas	0,6
Elektrificering og energieffektivitet inden for industrisektoren	2
Eksempler på udviklingsprojekter i land- og skovbrugssektoren	4
- Fodertilsætning	1
- Tilsætningsstoffer til gylle	1
- Binding af kulstof i jord ved biokul	2
Genanvendelse og reduktion af plastaffald	0,15
Samarbejdsaftaler med erhverv	0,2-0,4
Total (korrigeret for overlap)	9-16½

Anm.: Bemærk overlap mellem potentialer, hvorfor summering ikke giver totalen (se afsnit om overlap). Der er taget højde for overlap i totalen. * Forventet overlap med transportudspil på 0,8 mio. tons er trukket fra 'Grønne brændstoffer', men ikke fra underkategorierne, da fordelingen er usikker. ** Heraf 1-4 mio. ton i international skibs- og luftfart, som ikke tæller med i 70 pct.-målsætning.

Kilde: KEFM og MFVM

Overordnet metode og forbehold

Skønnene for tekniske reduktionspotentialer er behæftet med betydelig usikkerhed, både hvad angår størrelse og overlap mellem potentialerne. I potentialeskønnene er der ikke taget højde for teknologiens omkostninger, men fokuseret på det teknisk mulige og omfanget af, hvad der teoretisk vurderes realiserbart i 2030. Reduktionspotentialerne indikerer dermed udelukkende et billede af de tekniske og teoretiske muligheder for, at teknologierne og løsningerne kan reducere drivhusgasudledningen inden for de segmenter, som teknologierne vurderes mest relevante at blive

anvendt til. Endvidere kan teknologispring medføre betydelige reduktioner inden for andre områder.

Reduktionen skal ses i forhold til udviklingen i Basisfremskrivning 2020 (inkl. tiltag i klimaplanerne for energi, industri og affald) i året 2030. Dog skeles der (fx i CCS og PtX's tilfælde) til hvilke langsigtede anvendelser af teknologien, der vurderes hensigtsmæssig ift. kendte alternativer (eksempelvis elbiler), samt hvilken overordnet udbredelse teknologien kan forventes at realisere. Vurderingen forholder sig ikke til konkrete virkemidler for at realisere potentialerne, eller afledte effekter. Det skal understreges, at skønnene er behæftet med stor usikkerhed både i forhold til effekt, dokumentation og udbredelsespotentialer.

Fangst og lagring eller anvendelse af CO₂

Opsummering

Potentialet for fangst af CO₂ i 2030-2040 er vanskeligt at opgøre præcist, og afhænger bl.a. af udviklingen i de sektorer, hvor teknologien kan være relevant. Det vurderes, at den danske undergrund potentielt kan rumme op til 500 gange de nuværende samlede årlige danske drivhusgasudledninger. Potentialet for at anvende teknologien som redskab frem mod opfyldelsen af danske klimamålsætninger vurderes som stort og vil formentlig være i størrelsesordenen 4-9 mio. t. CO₂/år baseret på de forventede punktkilder til CO₂ i Basisfremskrivningen 2020 og estimeringer af tilstedeværelsen af disse punktkilder efter 2030 (hvilket er behæftet med usikkerhed). Ca. halvdelen heraf stammer fra biomassefyrede kraftvarmeværker. Denne potentialevurdering er behæftet med usikkerhed og bør vurderes nærmere. Frem mod 2040 er der yderligere usikkerhed knyttet til udledningerne fra industrielle punktkilder og ikke mindst omfanget og deraf udledningerne fra biomassefyrede kraftvarmeværker. Ændringer i punktkildernes rammevilkår m.v. (fx tiltag til reduktion af udledningerne fra procesindustri, eller forceret udfasning af biomasse til kraftvarme) vil medføre en reduktion i potentialerne.

Om teknologien

Carbon Capture and Storage (CCS) betegner fangst af CO₂ ved udledningskilden og efterfølgende lagring i undergrunden. Teknologien kan bruges til at reducere CO₂ udledningerne fra fossil afbrænding og procesemissioner, som det ellers kan være vanskeligt at reducere. Fx når plast afbrændes i affaldsforbrænding og procesemissioner fra fx brænding af kalk til cementproduktion. Teknologien kan også bruges på CO₂ fra biomasseafbrænding eller biogasanlæg. Det giver teoretisk set anledning til såkaldte negative emissioner (klimapositive), fordi den CO₂, som planter har optaget, fjernes fra atmosfæren og lagres i undergrunden. Negative emissioner forudsætter, at den biogene CO₂ kun tælles med ét sted (eksempelvis vil importeret biomasse ikke kunne tælles med som negativ emission i både eksportlandet og Danmark). I potentialeskønnene opgøres CO₂-emissioner samlet set som

summen af mulige negative emissioner fra biomasse, og fossile emissioner, der potentielt kan fanges og deponeres. Der er ikke medtaget potentialeskøn for udvikling af indfangning af CO₂ fra luften (såkaldt Direct Air Capture).

Metode

Det tekniske potentiale for CO₂-reduktioner via CCS tager udgangspunkt i Energi- styrelsens Basisfremskrivning 2020 (BF20). De angivne tekniske potentialer tager udgangspunkt i punktkilder og fordeler sig på kraftvarme- og varmeværker, affalds- fyrede værker, industrien og biogasanlæg.

Potentialeopgørelserne er behæftet med usikkerhed, og vil særligt være følsomme over for indsatser, der sigter på at reducere brændselsforbrug eller CO₂-emissioner på de angivne punktkilder. Det antages endvidere, at punktkildepotentialerne anvendes til CCS (fangst og lagring), hvormed CO₂'en ikke vil kunne bruges til CCU (Power-to-X). Potentialeskønnene kan derfor ikke 1:1 lægges sammen med eksempelvis Power-to-X-potentialet, eller eventuelle potentialer for at reducere emissionerne fra affaldsforbrænding, kraftværker eller industri. Se derudover afsnit om overlap.

Afgrænsning

CCS vurderes at være mest velegnet til større punktkilder. Omkostningsvurderinger er ikke lagt til grund for potentialevurderingerne, men der skeles til en vurdering af de langsigtede potentielle punktkilde-emissioner. Ydermere tages udgangspunkt i større punktkilder, da det vurderes mest sandsynligt at teknologien, trods eventuel massiv teknologisk udvikling, vil være teknologisk vanskelig at indpasse i udbredt omfang på mindre punktkilder. Denne vurdering er dog behæftet med usikkerhed.

Forventninger til potentialet for indfanget CO₂ forventes at være faldende over tid – både for kraftvarme- og varmeværker, industrien samt de affaldsfyrede værker. Udledninger fra biogasanlæg forventes derimod at stige, men udgør en relativ beskedne mængde. Teoretisk set kan der etableres nye punktkilder med primært formål at genere CO₂ til fangst og lagring, men dette er ikke inkluderet i potentialeskønnene. Der ses alene på forventede, større punktkilder, som forventes at være til stede i Danmark på længere sigt af andre hensyn end CCS.

Antagelse om segmenter

Udledningerne fra kraftvarme- og varmeværker i 2030 forventes at være biogene (biomassefyrede) og udgør samlet set ca. 10 mio. tons i 2030. Det antages, at biomassen – og dermed CO₂-udledningen – er bæredygtig og kan regnes som CO₂-negative emissioner i Danmark. Ca. 6,5 mio. tons kommer fra syv store centrale værker, hvoraf de tre største udgør 5 mio. tons. I perioden efter 2030 forventes flere store kraftværksblokke at lukke, jf. bl.a. Energi- styrelsens Analyseforudsætninger til Energinet 2020 (AF20), hvorfor de tre største punktkilder forventes at udlede op til ca. 3 mio. tons i 2040. Den klare trend er derfor mod markant mindre punktkil-

demissioner fra kraftvarme- og varmegærkerne over tid, men der er betydelig usikkerhed behæftet med denne vurdering. Dette skyldes, at ændringer i rammevilkår, brændselspriser og teknologisk udvikling på en række områder til el- og varmeproduktion har indflydelse herpå.

Udledningerne fra de affaldsfyrede værker forventes at være knap 4 mio. tons i 2030 jf. BF20. Blandt andet grundet aftalen om "*Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi*" fra juni 2020 forventes udledningerne at falde til ca. 2 mio. tons i 2040. De tre største punktkilder forventes, under betydelig usikkerhed, at udgøre ca. 1 mio. tons i 2040.

Punktkildeudledningen fra industrien forventes uden nye tiltag i 2030 at udgøre omkring 4 mio. tons dækkende over ca. 2 mio. tons fra Aalborg Portland, og ca. 1 mio. tons fra de to raffinaderier samt ca. 1 mio. tons fra ca. 10 forskellige industrielle punktkilder (tegl, fødevarerbranchen etc.). Det forventes, at øget elektrificering, energieffektivisering, teknologiudvikling etc. vil reducere udledningerne markant over tid, eksempelvis som følge af omlægninger af raffinaderiernes rolle og produktion, energieffektiviseringer på Aalborg Portland m.v. Det samlede fangstpotentiale fra de større industrielle punktkilder er derfor behæftet med stor usikkerhed, og vurderes at være i størrelsesordenen 1-2 mio. tons CO₂ på længere sigt.

Eventuelle potentialer for indvinding af CO₂ fra olie- og gasproduktion i Nordsøen er ikke nærmere estimeret, da disse er fordelt over mange punktkilder af begrænset individuel størrelse.

Udledningerne fra biogasanlæg forventes at være omkring 1 mio. ton i 2030 og kan potentielt stige til omkring 1,5 mio. tons i 2040. De enkelte punktkilder er små, hvilket vil kræve udbygning af infrastruktur til opsamling og transport af CO₂'en. Til gengæld er CO₂ allerede udskilt i forbindelse med opgradering af biogassen, hvorfor fangsten af CO₂ allerede finder sted på biogasanlæggene, der opgraderer biogassen til naturgasnettet. Dette gør dette mindre segment interessant, men det bør nærmere vurderes om CO₂'en herfra bedst anvendes til deponering eller decentral produktion af brændstoffer (Power-to-X). Til potentialeskønnene for CCS medtages biogas dog, hvilket igen gør, at skønnene ikke kan lægges sammen med Power-to-X potentialerne. Se afsnit om overlap.

Grundet levetiden på fangstanlæg vurderes det at være det langsigtede potentiale (ca. 2040), der bliver styrende for det overordnede potentiale.

Samlet vurdering

I Tabel 2 er opgjort punktkildeemissionerne i 2030 fra Basisfremskrivningen, samt vurderinger af, hvilke tekniske fangstpotentiale der vurderes på længere sigt (efter 2030). Det er sidstnævnte vurderinger, der lægges til grund for det samlede, tekniske potentiale.

Tabel 2
Udledninger i 2030 og tekniske reduktionspotentialer (ca. tal)

	CO ₂ punktkildeudledninger i 2030*	Langsigtet fangstpotentiale – øvre spænd	Langsigtet fangstpotentiale – nedre spænd
Kraftvarme- og varmerværker	10	5	2
Affaldsfyrede værker	4	2	1
Industri	4	2	1
Biogasanlæg	1	1	1
Samlet brutto	19	10	5
Vedtaget initiativ om markedsbaseret CCUS pulje**		-1	-1
Samlet netto-potentiale		9	4

Anm.: *Jf. Basisfremskrivning 2020. De opgjorte punktkildeudledninger for øvre og nedre spænd afspejler usikkerhederne i punktkildernes tilstedeværelse efter 2030. **CCUS puljen indgår ikke i BF20, men vurderes sandsynligt at ville føre til reduktioner inden for de nævnte potentialer. Det anslås under usikkerhed, at puljen kan føre til CO₂-fangst af ca. 1 mio. ton CO₂.

Kilde: KEFM.

Power-to-X

Opsummering

Mens direkte elektrificering og bio-baserede brændstoffer begge har forskellige begrænsninger, navnlig ift. batteri-kapacitet og bæredygtighed, adskiller Power-to-X sig ved potentielt at kunne skaleres uden væsentlige tekniske begrænsninger ud over tilstrækkelig adgang til VE-baseret strøm. Visse af potentialerne vil dog kræve brug af kulstof (CCU), som igen afhænger af de tilgængelige kulstofkilder, jf. afsnit om CCS. Potentialet for CO₂-reduktion fra Power-to-X er stort, da det teoretisk set kan erstatte al fossil brændstof, forudsat der er tilstrækkeligt VE-strøm, og eventuelt kulstof, tilgængeligt. Inden for transport alene anslås det, at CO₂-fortrængningspotentialet ved anvendelsen af grønne brændstoffer fremstillet via Power-to-X på sigt vil være i størrelsesorden 1,5-7,5 mio. t. CO₂/år, svarende til i alt 40% af de totale emissioner fra indenrigs- og udenrigstransport. Denne potentialevurdering er behæftet med usikkerhed og bør vurderes nærmere. I det anslåede potentiale er både indenrigs- og udenrigstransport inkluderet, og potentialet er derfor ikke direkte sammenligneligt ift. 70%-målsætningen i 2030. Til potentialevurderingen ift. 70%-målet er det simpelt antaget, at ca. 25% af de samlede emissioner til indenrigs transport i 2030 (vej, luft og sø) vil kunne fortrænges af Power-to-X. Dette giver ca. 0,5-3,5 mio. tons CO₂/år. Det vurderes ikke sandsynligt, at der kan ske en større udbygning end dette med Power-to-X inden 2030, grundet begrænsninger i elsystemet.

Om teknologien

Power-to-X (PtX) er en betegnelse for en række teknologier, der konverterer strøm til brint via et elektrolyseanlæg, hvorefter brinten kan anvendes direkte eller viderekonverteres til forskellige brændstoffer såsom ammoniak, metanol, flybrændstof, e-diesel etc. Viderekonvertering af brint til ammoniak sker uden brug af kulstof, mens de øvrige brændstoffer fordrer tilføjelse af kulstof.

Metode

Afgrænsning

Der er betydelig usikkerhed om PtX-teknologiens tekniske potentialer, men det vurderes mest hensigtsmæssigt og sandsynligt, at PtX vil finde anvendelse inden for de forbrugssegmenter, hvor alternativerne til at reducere CO₂-udledninger er begrænsede i omfang. Derfor ses der i potentialevurderingen bort fra brændselsforbrug til opvarmning og industri, og fokuseres i stedet på mulige tekniske potentialer inden for transportsektoren. Det vurderes ikke teknisk muligt at gå til 100% PtX-baseret transport i 2030 eller på lang sigt, da dette vil kræve ca. tre gange større elforbrug og dermed tilhørende elnet og produktionskapacitet, end det samlede nuværende elforbrug.

Antagelser om segmenter

Der tages udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020 (BF20); med forbrug og udledninger for fremskrivningsåret 2030. CO₂-udledningerne for den samlede indenrigstransport forventes i 2030 at være ca. 13 mio. ton CO₂, mens udledningerne for udenrigstransport (skibe og fly, der tanker i danske havne og luft-havne) i dag er ca. 5 mio. ton CO₂ årligt (nærmere analyse af udviklingen inden for udenrigsflyvning- og skibsfart er ikke foretaget i BF20, og det antages derfor, at udledningen herfra også er ca. 5 mio. tons CO₂ i 2030). Det antages, at alle brændstofferne fortrænger deres fossile modstykker i forholdet 1:1; det vil sige eksempelvis brintbusser antages at fortrænge 100% fossile diesibusser, og ikke diesel med iblandede biobrændstoffer, elbusser m.v. Dette er en forsimplet antagelse, som dog er teoretisk mulig.

For hvert af transportsegmenterne er det tekniske potentiale for anvendelse af PtX-brændstof estimeret. Dette gøres med udgangspunkt i et lavt og højt skøn, som afspejler usikkerheden i PtX-teknologiernes konkurrerende alternativer. Hverken det lave eller høje skøn er begrænset af vurderinger af økonomiske forhold; det antages simpelt, at PtX bliver markant billigere end i dag, og at det er muligt at foretage de nødvendige tilpasninger af energisystemet for at indpasse de anslåede potentialer.

Den høje ende af intervallerne afspejler PtX-potentialet i et scenarie, hvor de konkurrerende teknologier til PtX forventes at være begrænset i sin udbredelse. Dette kan eksempelvis være at prisen på fossile produkter (olie) stiger markant, at batteriteknologierne ikke udvikles i samme omfang som ellers forventet, og at der ikke

sker et teknologisk gennembrud inden for bæredygtige biobrændstoffer. Den lave ende af intervallerne udtrykker et tænkt scenarie, hvor PtX-brændstoffer opnår en mere begrænset anvendelse i Danmark, som følge af, at de konkurrerende VE-teknologier (batteridrevne køretøjer og biobrændstoffer) fortsat står relativt stærkt i konkurrencen med PtX.

Store dele af indenrigstransporten er det oplagt at elektrificere direkte. Frem mod 2030 vil en del af den eksisterende vognpark dog fortsat eksistere, ligesom der er dele af indenrigstransporten, der er vanskelig at elektrificere direkte. Der er antaget en mindre andel PtX-brændstoffer i de transportsegmenter, som er oplagte at elektrificere direkte. Inden for de væsentligste segmenter er det antaget, at PtX-brændstoffer kan erstatte 2-15% af energiforbruget for personbiler, varebiler, og motorcykler, samt 5-25% for busser. Dette antages at ske gennem en kombination af brint-køretøjer, men særligt for det høje spænd antages en markant iblanding af brint-baserede produkter til de fossile brændstoffer benzin og diesel. De totale udledninger i 2030 for personbiler, varebiler og motorcykler er i BF20 ca. 9,5 mio. tons. Med antagelsen om op til 15% fortrængning af dette fra PtX, fås en reduktion på ca. 1,4 mio. tons CO₂ pr. år i dette segment. Udledningen fra busser er ca. 0,4 mio. tons, og forventes med 25% fortrængning dermed at give ca. 0,1 mio. tons i det høje skøn.

Der vurderes at være gode PtX-potentialer inden for søfart; dette særligt i form af brændstofferne ammoniak og metanol. Der er således antaget en relativt stor andel af PtX-brændstoffer inden for de transportsegmenter, som er svære at elektrificere direkte nemlig 50-90% PtX-brændstoffer inden for søfart, 10-75% inden for luftfart og 5-50% for lastbiler. For indenrigsemissionerne, der kan tælle med i 70%-målet, er emissionerne i 2030 for hhv. søfart, luftfart og lastbiltransport ca. 0,5 mio. tons, ca. 0,1 mio. tons, og ca. 1,3 mio. tons. Med de nævnte antagelser for det høje skøn, opnås der i dette segment samlet set reduktioner på i alt ca. 2 mio. tons.

Segmentfordelingerne fører således til, at der i alt antages reduceret med 1,5 + 2 mio. tons CO₂, hvoraf størstedelen kommer fra personbiler (15% fortrængning) og lastbiler (50% fortrængning). Den samlede CO₂-reduktion er dermed ca. 3,5 mio. tons, hvilket svarer til ca. 25% af transportsektorens totale udledninger. Såfremt der anlægges et sigte udover 2030 og 70 % målsætningen hvor udenrigs skibs- og luftfart medregnes øges potentialerne for PtX altså yderligere. Antagelserne for skønnene er opstillet i nedenstående Tabel 3.

Tabel 3

Antagelser i lavt/højt skøn for Power-to-X potentialet

Transportsegment	BF20 udledning i 2030, mio tons. (ca.) (kursiv angiver udenrigs)	Lavt/højt skøn, PtX fortrængning (%) antagelse	Lavt/højt skøn, CO2 fortrængning, kun indenrigs, mio. tons, ca.	Lavt/højt skøn i alt (indenrigs og udenrigs)*
Personbiler og motorcykler (benzin og diesel)	7,5	2%/15%	0,15/1,1	0,15/1,1
Varebiler (benzin og diesel)	2	2%/15%	0,05/0,3	0,05/0,3
Lastbiler (Diesel)	2,5	5%/50%	0,1/1,3	0,1/1,3
Busser (Diesel)	0,5	5%/25%	0/0,1	0/0,1
Søfart	0,6 (1,7)	50%/90%	0,3/0,5	1,2/2,1
Luftfart	0,1 (3,3)	10%/75%	0/0,1	0,3/2,5
Øvrig (militær m.v.)	0,1	0%/50%	0/0,05	0/0,05
I alt (afrundet)	Ca. 13,5 / 18,5		Ca. 0,5/Ca. 3,5	Ca. 1,5**/Ca. 7,5
I alt, relativ til BF 2030			Ca. 5% lavt skøn. Ca. 25% højt skøn (af 13,5 mio tons)	Ca. 10% lavt skøn. Ca. 40% højt skøn (af 18,5 mio. tons)

Anm.: *Vurderes ikke teknisk muligt at realisere både potentiale for inden- og udenrigs inden 2030, grundet for stort elbehov. Antagelser om procentsatser er samme som for indenrigs. Banetransport er ikke medtaget. Emissioner herfra udgør ca. 0,1 mio. tons.

**Nedrundet til 1,5 for at indikere usikkerheden i det samlede udfaldsrum fra lavt til højt skøn.

Kilde: KEFM

En andel på 25% af indenrigstransport svarer til ca. 3,5 mio. tons CO₂, og 40% af al transport svarer til ca. 7,5 mio. tons CO₂. Dette vil medføre elforbrug i størrelsesordenen henholdsvis 21-52 TWh, hvilket dog også er behæftet med usikkerhed.

Samlet vurdering

I alt fører de to teoretiske potentiale-skøn til følgende vurdering:

- Indenrigs potentiale frem mod 2030: I det lave skøn vurderes et teoretisk potentiale på ca. 0,5 mio. tons CO₂, og i det høje ca. 3,5 mio. tons CO₂/år, inkl. indenrigs skibs- og luftfart. Dette vil kræve samlede PtX-anlæg på ca. 1 og 4 GW anlæg. Elforbruget hertil vil være henholdsvis ca. 4 og 21 TWh el/år, hvilket er en markant forøgelse fra dagens elforbrug på ca. 34 TWh. Skønnene for elforbrug er behæftet med usikkerhed.
- Indenrigs og udenrigs potentiale på længere sigt: Der vurderes et betydeligt potentiale for CO₂-reduktioner ift. udenrigs skibsfart og evt. luftfart, som estimeres at være ca. 1 til 4 mio. tons CO₂ per år. Dette giver et samlet potentiale på mellem 1,5 og 7,5 tons CO₂ for hhv. det lave og høje skøn. Dette er under betydelig usikkerhed, og kan i praksis både være markant højere eller lavere. Det vurderes ikke teknisk muligt, at det samlede, øvre potentiale-skøn inkl. udenrigsemissioner vil kunne realiseres inden 2030. Det samlede reduktionspotentiale for det lave og høje skøn (inkl. udenrigsemissioner) vil kræve PtX-anlæg på i alt ca. 3 og 10 GW, samt elforbrug i størrelsesordenen 13 og 52 TWh.

Biobrændstoffer

Der vurderes et teknisk reduktionspotentiale for iblanding af eller brændselsskift til bæredygtige biobrændstoffer på ca. 25% ift. 70%-målet, og ca. 40% af Danmarks samlede transportemissioner (langsigtet potentiale). Metodetilgangen er identisk med PtX, og potentiale-skønnet er derfor afgrænset fra opvarmning og industri. Det vurderes ikke muligt at reducere 100% af transportsektorens emissioner, givet begrænsninger i det internationale udbud af bæredygtige brændstoffer. Denne antagelse er behæftet med massiv usikkerhed, og er ikke nærmere estimeret her, men blot antaget parallel til antagelserne for PtX.

Fordelingen af anvendelse af biobrændstoffer (under de 25% og 40% antagelse) baserer sig på samme antagelser om segmenter som for PtX (se afsnit om dette). En så udbredt anvendelse af biobrændstoffer i disse segmenter vil enten kræve udvikling og udbredelse af relativt ny teknologi, særligt ift. at kunne erstatte brændstof til benzinmotorer og fly eller udskiftning af køretøjerne. Disse estimater er derfor behæftet med usikkerhed, som ikke er nærmere estimeret her.

Biogas

Der vurderes et teknisk reduktionspotentiale for biogas på 0,6 mio. tons. Reduktionspotentialerne er baseret på en forudsætning om, at biogasproduktionen kan øges med ca. 9 PJ ud over den forventede biogasmængde i Basisfremskrivningen 2020 og tiltagene i klimaaftalen. Størrelsen af denne mulige merproduktion af biogas er forbundet med væsentlig usikkerhed og det langsigtede potentiale skal løbende vurderes i forhold til udviklingen på landbrugsområdet. Tabel 4 herunder uddyber beregningsforudsætningerne.

Sektor/teknologi	Teknisk reduktionspotentiale (mio. tons CO ₂ e i 2030)	Beregningsforudsætninger
Landbrugssektoren	0,1	Reduktion af metanudledning fra husdyrgødning i landbruget som følge af biogasudnyttelse. CO ₂ -reduktionsfaktor på 0,0073 mio. ton CO pr. PJ biogas er antaget*
Erstatning af naturgas	0,5	Opgraderet biogas (og biogas anvendt direkte) antages at erstatte naturgas 1:1 energimæssigt. CO ₂ -reduktionsfaktor på 0,057 mio. ton CO pr. PJ biogas er antaget
Total	0,6	

Anm.: * Erfaringstal baseret på biomasseindberetninger til Energistyrelsen.

Kilde: KEFM.

Elektrificering og energieffektivitet inden for industrisektoren

Der er et betydeligt potentiale for at reducere udledningerne fra industrien gennem energieffektivisering og elektrificering. En mindre del af energiforbruget vurderes imidlertid ikke teknisk at kunne elektrificeres inden 2030 – det gælder særligt for en del højtemperaturprocesser. Den del, der ikke er mulig at elektrificere er ikke nøjagtig kortlagt, men er alene skønsmæssigt anslået. Det samlede tekniske potentiale for reduktioner efter indregning af erhvervspuljemidlerne fra klimaaftalen er derefter med betydelig usikkerhed anslået til i størrelsesordenen 2 mio. ton i 2030. Det er antaget at 25 pct. kan leveres gennem energieffektivisering.

Eksempler på udviklingsprojekter i land- og skovbrugssektoren

Drivhusgasudledningerne fra land- og skovbrugssektoren forventes at udgøre ca. 16 mio. ton CO_{2e} i 2030 uden nye tiltag. Det vurderes overordnet, at udviklingen af teknologier og løsninger, der kan mindske klima- og miljøpåvirkningen fra fødevarerproduktion og jordbrug, vil kunne bidrage til Danmarks klimaindsats frem mod 2030. En række nye teknologier og løsninger er under udvikling, hvor særligt nogle forskningsprojekter har vist et stort teknisk reduktionspotentiale, herunder især fodertilsætningsstoffer, gylletilsætningsstoffer samt bioraffinering.

For eksempel har et af de mest lovende fodertilsætningsstoffer udvist potentiale til at reducere metanudledningen fra malkekvæg (forventet udledning på ca. 2,6 mio. ton i 2030) med cirka 35-40 pct. Dertil forskes der aktuelt i et tilsætningsstof til gyllen, som potentielt vil kunne reducere udledningerne af metan fra stalde og lagre med op til 50 pct., hvilket svarer til et teknisk reduktionspotentiale på cirka 1 mio. ton.

Endelig er der et stort reduktionspotentiale inden for bioraffinering, hvor man fx ved pyrolyse-processen kan omdanne biomasse til biokul samt olie og gas. Biokullene indarbejdes i jorde, hvorefter de kulstof, der er bundet i kullene, nedbrydes meget langsomt og derved er fjernet fra atmosfæren i mange år. Et igangværende forskningsprojekt i testfasen forsøger at omdanne gassen fra denne proces til flybrændstof ved at tilføje brint til gassen. Kulstofbinding fra biokul vurderes af DTU til at have et teknisk reduktionspotentiale på op til 6 mio. ton. Klimarådet vurderer, at en tredjedel af dette tekniske potentiale kan realiseres før 2030, såfremt teknologien skulle vise sig at fungere og virke i stor skala.

På landbrugsområdet er det særligt svært at opgøre udledningen af drivhusgasser samt øvrige miljøforurenende stoffer, hvorfor forskning i nye emissionsfaktorer ift. landbrugs- og fødevarerproduktion er en forudsætning for at kunne realisere reduktionspotentialerne. Det bemærkes, at de nævnte tekniske reduktionspotentialer på nuværende tidspunkt er behæftet med meget stor usikkerhed ift. både effekt, dokumentation samt udbredelsespotentiale.

Genanvendelse og reduktion af plastaffald

Teknologier og løsninger som at designe og producere plastikemballage og produkter til genbrug og genanvendelse; sporings- og genkendelsesteknologier til mærkning af plastprodukter og emballager; sorterings- og oparbejdningsteknologier, der giver en høj kvalitet i genanvendelsen og et lavt tab af materialer; og sortering, oparbejdning og genanvendelse af plastikholdige tekstiler kan reducere mængden af plastisk- og fossilt affald og understøtte indfrielsen af aftalen om klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi. Disse teknologier og løsninger skal spille sammen for at få en høj genanvendelse af plastmaterialer, hvor plast indgår i kredsløb igen og igen.

Det vurderes nødvendigt med en forskningsmæssig indsats inden for bl.a. disse teknologier og løsninger for at opnå visionen om at fjerne 80 pct. af plastaffaldet fra forbrændingen i 2030 og dermed fjerne ca. 53.000 tons plastikaffald ud over reduktionen i aftalen om en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi. Det er denne vision og reduktion, som er lagt til grund i beregningen af reduktionspotentialer. At nå det teknologiske reduktionspotentialer er helt afhængig af den endelige udvikling af løsninger samt de nødvendige investeringer i og implementering af løsninger samt samarbejde mellem aktører i værdikæden.

Det vurderes, at hvis 80 pct. af plastaffaldet fjernes fra forbrændingen i 2030 (i forhold til hvad der ville være uden tiltagene i aftalen om en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi) vil dette medføre en yderligere reduktion af CO₂e fra affaldsforbrænding på ca. 0,15 mio. ton CO₂e i 2030. Reduktionen i affaldsmængde til forbrænding vil alt andet lige medføre afledte effekter i forhold til importeret affald, som ikke er medregnet her.

Samarbejdsaftaler med erhverv

Ved indgåelsen af "*Roadmap for bæredygtig cement produktion i Danmark*" forpligter Aalborg Portland sig til et CO₂-reduktionsmål på 30 pct. frem mod 2030, svarende til en årlig reduktion på 660.000 ton CO₂. Reduktionerne forventes at komme fra brændselsskift, energieffektivisering samt et ændret produktionsmix for cementprodukter og dermed reduktion af procesudledninger.

Under antagelse af at lignende virksomhedsaftaler resulterer i lignende CO₂-reduktion for resten af de øvrige 9 største udledere, vil det samlet kunne resultere i ca. 180.000 ton CO₂ ved 10 pct. reduktion og ca. 360.000 ton CO₂ ved 20 pct. reduktion. Denne opgørelse er ikke en virksomhedsspecifik betragtning med dertilhørende tekniske og økonomiske potentialevurderinger, men udelukkende et regneeksempel på mulige størrelsesordener af en CO₂-reduktion ved indgåelse af virksomhedsaftaler med de øvrige 9 største udledere baseret på den indgåede aftale med Aalborg Portland. Der kan derfor være tilfælde af mulige aftaler med lavere eller højere reduktioner.

Yderligere udnyttelse af tekniske reduktionspotentialer gennem virkemidler som f.eks. tilskudsordninger, normkrav eller afgiftsændringer med tilhørende aftaleordninger, er ikke afspejlet i denne vurdering af størrelsesordenen.

Det bemærkes, at de reduktioner Ålborg Portland forpligter sig til er i forhold til deres aktuelle udledninger og aktivitetsniveau. Der vil være en vist overlap med den forventede udvikling i basisfremskrivningen frem mod 2030. Den additionelle effekt er foreløbigt skønnet til en reduktion på op til i størrelsesordenen 0,5 mio. ton i forhold til de forventede 2030-udledninger. Samme form for baseline-overlap må forventes at kunne forekomme ved indgåelse af aftaler med andre virksomheder.

Overlap

Der er overlap mellem en række af potentialerne, som der er taget højde for i totalen i Tabel 1:

- CCS og PtX: Der vurderes at være overlap mellem potentialerne som følge af, at nogle PtX-brændstoffer skal bruge kulstof, som CCS således ikke kan lagre i jorden. Overlappet vurderes med betydelig usikkerhed at være op til ca. 25 pct. i det høje skøn.
- Biobrændstoffer og PtX: Det er yderst vanskeligt at vurdere overlappet, da det kan være fuldt overlappende, men det kan også supplere. I det lys vurderes overlappet til 50 pct. Dertil er der et overlap til de forventede effekter af transportudspillet på 0,8 mio. tons. Dette er trukket fra totalen 'Grønne brændstoffer', men ikke underkategorierne, idet fordelingen er usikker.
- Elektrificering og energieffektivitet i industrisektoren: Potentialet overlapper ikke med de tekniske potentialer for PtX og biogas. Der er heller ikke overlap med CCS-potentialet som fsva. industrien primært er relevant ift. procesemissionerne.
- Landbrug: Der vurderes, at være et overlap mellem potentialet for binding af kulstof i jord ved biokul og produktion af biobrændstoffer, evt. biogas og CCS af samme biomasse på ca. 50 pct. Det vurderes endvidere, at der kan være overlap mellem gylletilsætningsstof og biogas.
- Plastik og CCS: Der vurderes kun at være et meget begrænset overlap.
- Klimapartnerskaber: Der vurderes ikke at være signifikant overlap til andre potentialer – kan dog påvirke potentialet for CCS.