



Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22):

Fremstillingserhverv og bygge-anlæg

Sektornotat nr. 6A

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
16-05-2022

J nr. 2022-4923

irb/mis

Indholdsfortegnelse

1. KF22 forløbet: Status og fremskrivning til 2035.....	2
2. Analyse af KF22 forløbet	4
2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035.....	4
2.2 Tilbageværende udledninger i sektoren i 2030 og 2035.....	10
2.3 Udvalgte elementer i sektoren.....	11
3. Kvalificering af KF22 forløbet.....	15
3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF21.....	15
3.2 Usikkerheder og følsomhedsberegninger	17
3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	17
4. Kilder	18
5. Bilag	18
Bilag 5.1 Biogene energirelaterede CO ₂ -udledninger fra sektoren.....	18
Bilag 5.2. Indikatorer for sektoren	19

Dette sektornotat er en del af Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22). KF22 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 2022 eller som følger af bindende aftaler. KF22-resultaterne og de bagvedliggende analyser i sektornotaterne skal derfor ses i denne frozen policy kontekst. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se KF22 forudsætningsnotat 2C om Principper for frozen policy.

Det skal endvidere bemærkes, at forudsætningerne for KF22, herunder også forudsætninger ift. brændselspriser og CO₂-kvotepris, er fastlagt ultimo 2021. Udviklingen i Ukraine og de deraf afledte effekter på energimarkeder og kvotemarked mv. i første kvartal 2022 er derfor ikke afspejlet i KF22 fremskrivningen.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

www.ens.dk



1. KF22 forløbet: Status og fremskrivning til 2035

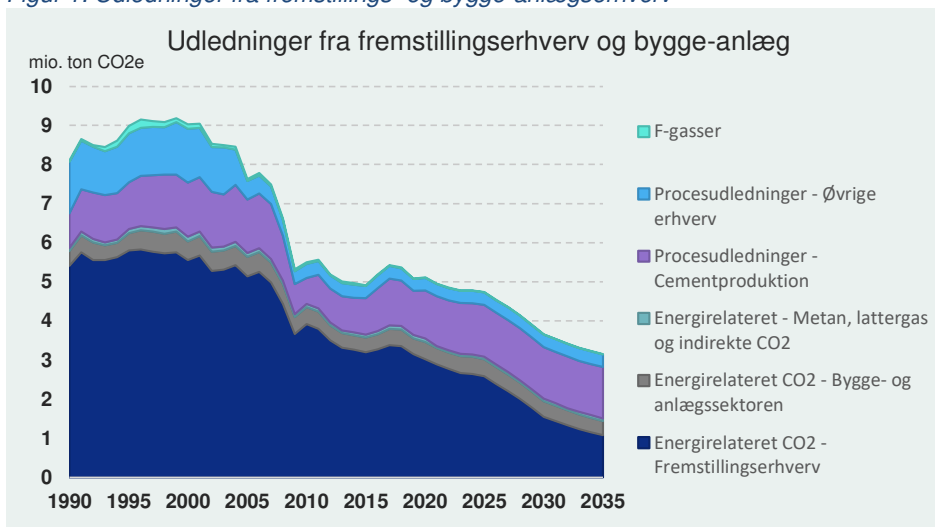
Dette sektornotat omhandler udledninger og energiforbrug inden for fremstillingserhverv og bygge-anlæg. Ved *fremstillingserhverv* forstås virksomheder, som producerer og fremstiller varer, der sælges til private forbrugere eller andre virksomheder og organisationer. Det drejer sig f.eks. om fødevarer og tekstiler, møbler og elektronik, kemiske og farmaceutiske produkter, og byggematerialer og maskiner. *Bygge- og anlægserhverv* udgøres af virksomheder, som opfører, ombygger eller reparerer bygninger, samt foretager anlægsarbejde af veje, jernbaner, broer, cykelstier mm.

Fremstillingserhvervene omsatte for 923 mia. kr. i 2019 svarende til 40 pct. af det danske BNP, mens bygge- og anlægssektoren omsatte for 293 mia. kr. svarende til 13 pct. af det danske BNP i 2019. De to erhverv beskæftiger til sammen godt 300.000 personer.

Produktion af varer og halvfabrikata og opførelse af bygninger og vejanlæg er typisk relativt energikrævende aktiviteter, og hvis energien leveres af fossile brændsler medfører dette energiforbrug også udledning af drivhusgasser. Derudover kan bearbejdningen af nogle typer råmaterialer også i sig selv føre til drivhusgasudledninger (såkaldte procesudledninger).

I Figur 1 ses de samlede udledninger fra fremstillingserhverv og bygge-anlæg siden 1990 samt en fremskrivning heraf frem til 2035. Fra 1990 og frem til 2020 er de samlede udledninger i fremstillingserhverv og bygge-anlæg reduceret med omkring 3 mio. ton CO_{2e}, svarende til 37 pct. for hele perioden eller gennemsnitligt 1,6 pct. årligt. Frem mod 2035 forventes fremstillingserhvervene og bygge-anlæg forventes at gennemføre væsentligt større årlige CO_{2e}-reduktioner de kommende år, end hvad der er set hidtil. Derfor forventes udledningerne yderligere reduceret med næsten 2 mio. ton CO_{2e}, svarerende til 38 pct. i forhold til 2020 eller gennemsnitligt 3,3 pct. årligt.

Figur 1: Udledninger fra fremstillings- og bygge-anlægserhverv



Note: F-gasser er i KF22 blevet fordelt på sektorer. Disse drivhusgasser og fordelingen på sektorer er nærmere beskrevet i forudsætningsnotat 9C



Udledningerne fra fremstillingserhverv og bygge-anlæg kan opdeles i energirelaterede udledninger, procesudledninger og F-gasser. For de energirelaterede udledninger gælder, at det er udledninger forbundet med brændselsanvendelsen i produktionen, herunder også brændselsanvendelse til produktion af procesvarme eller brændstofanvendelse i intern transport.¹

Procesudledninger er udledninger, som fremkommer som produkt af en kemisk proces, men er uafhængige af brændselsanvendelsen. F-gasser er en gruppe potente drivhusgasser, der anvendes som kølemidler i køle- og fryseanlæg, i airconditionanlæg til komfortkøling og i varmepumper samt som drivmiddel i medicinske astmainhalatorer, og til div. specialopgaver, f.eks. i industrielle produkter i elsektoren (jf. også KF22 forudsætningsnotat 9C).

Som det ses af figur 1, er der sket et fald i udledningerne fra alle tre typer udledninger fra 1990 frem til 2020. De energirelaterede udledninger er faldet med 40 pct., mens procesudledningerne er faldet med 30 pct., og sektorens udledninger af F-gasser er faldet med 75 pct. De energirelaterede udledninger udgjorde i 2020 ca. 70 pct. af sektorens udledninger, mens procesudledninger udgjorde ca. 30 pct. og F-gasser udgjorde 0,2 pct. Frem imod 2035 forventes billedet dog at ændre sig, idet de energirelaterede udledninger forventes af falde med 57 pct. i forhold til 2020 samtidig med, at procesudledningerne kun reduceres med 6 pct. Det betyder, at andelen af procesudledninger i de samlede udledninger fra industrierhvervene forventes at stige fra godt 30 pct. i dag til knap 52 pct. i 2035.

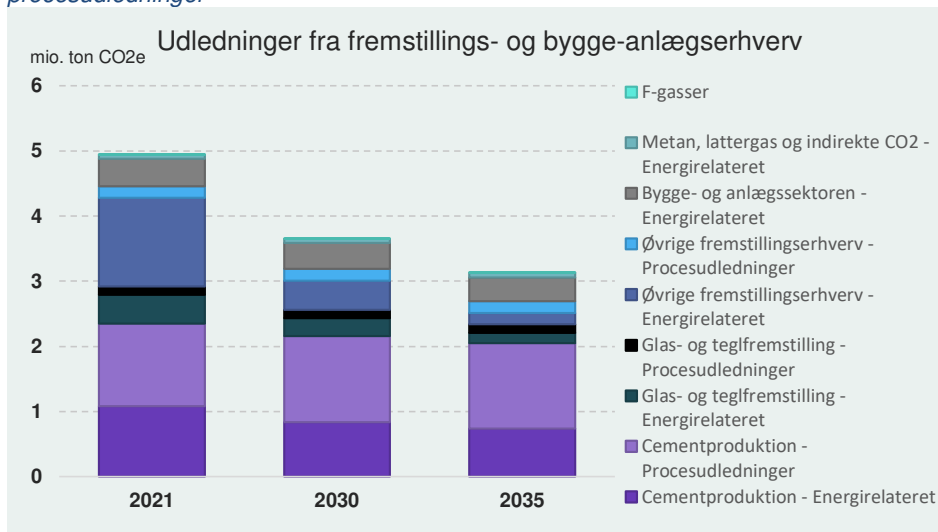
De energirelaterede udledninger kommer fra afbrænding af fossile energikilder, og kan dermed nedbringes ved ændringer af brændslet. Procesudledningerne stammer derimod fra selve behandlingen af råmaterialet, og er dermed uafhængige af brændslet, hvorfor nedbringelse af udledningerne skal ske ved en ændring i fremstillingsprocessen eller sammensætningen af råmaterialerne. Den største kilde til procesudledninger er fremstillingsprocesser, hvor råmaterialer som ler og kridt indgår til produktion af cement og tegl gennem kalcinering. Ved kalcinering forstås afbrænding af de sammenblandede råmaterialer ved høje temperaturer².

Som det fremgår af figur 2, stammer langt størstedelen af procesudledningerne fra cementproduktion, som forventes at stå for 81 pct. af de samlede procesudledninger i både 2025, 2030 og 2035. Også glas- og teglindustrien samt øvrige fremstillingserhverv bidrager med procesudledninger.

¹ Det er dog ikke alle dele af sektorens energiforbrug, der medfører udledninger i sektorens udledningsopgørelse. Udledninger forbundet med industrierhvervenes forbrug af el og fjernvarme opgøres således under el- og fjernvarmesektoren (jf. KF22 sektornotat 8A) og affaldsforbrænding i affaldssektoren (jf. KF22 sektornotat 9A). Udledninger forbundet med sektorens forbrug af ledningsgas afhænger af VE-andelen i ledningsgassen (jf. KF22 sektornotat 7B). I overensstemmelse med FN opgørelsesreglerne indgår biogene energirelaterede CO₂-udledninger fra forbrænding af biomasse og biobrændsler ikke i udledningsopgørelsen, men opgøres i et særskilt memo item (jf. KF22 forudsætningsnotat 2B, samt bilag 5.1 i dette notat, der viser sektorens biogene energirelaterede CO₂-udledninger).

² Dette er nærmere forklaret i KF22 forudsætningsnotat 6B om cementproduktion

Figur 2: Udledninger fra de forskellige undersektorer opdelt på energirelaterede og procesudledninger



Det ses også af figur 2, at cementproduktion i dag står for ca. halvdelen af de samlede udledninger (både energirelaterede og procesrelaterede), og mens de samlede udledninger fra den øvrige del af sektoren forventes reduceret fremover, vil de samlede udledninger fra cementproduktion kun falde svagt. Således forventes udledninger knyttet til cementproduktion at udgøre 65 pct. af de samlede udledninger i 2035, mens de i 2021 forventes at udgøre 50 pct.

2. Analyse af KF22 forløbet

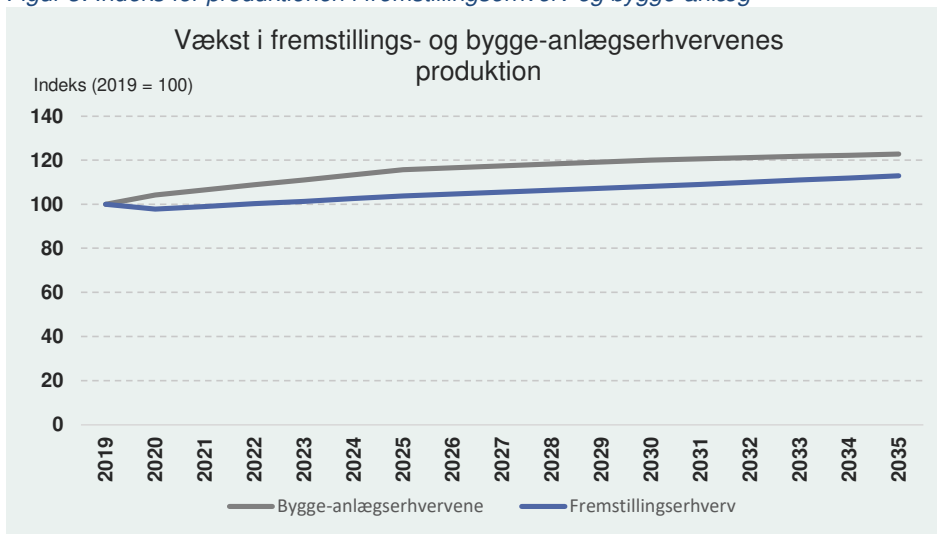
2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035

Sektorens energirelaterede udledninger afhænger bl.a. af sektorens energiforbrug. Energiforbruget afhænger dels af udviklingen i sektorens aktivitetsniveau og dels af udviklingen i sektorens produktionsteknologier, som bl.a. vil have betydning for brændselssammensætningen.

Udviklingen i sektorens aktivitetsniveauer

Produktionsvækst vil alt andet lige medføre et øget behov for produktionsinput, som bl.a. energi. Som det ses af figur 3, skete der en svag stigning i produktionen i fremstillingssektoren i årene efter finanskrisen, mens produktionen i bygge- og anlægssektoren stort set var uændret. Fra 2014 øgedes produktionsvæksten for begge sektorer, og særligt for bygge- og anlægssektoren. I fremskrivningsperioden forventes produktionsværdien for begge sektorer fortsat at stige frem mod 2035. Fra 2020 frem til 2035 forventes produktionsværdien i fremstillingserhvervene således at stige med ca. 15 pct. mens produktionsværdien i bygge-anlæg forventes at stige med ca. 18 pct.

Figur 3: Indeks for produktionen i fremstillingserhverv og bygge-anlæg



Note: Det er valgt at anvende 2019 som indeks-år, da 2020 er et særligt år grundet covid-19.
 Kilde: Historiske data fra Finansministeriets ADAM-model, samt fremskrevne værdier fra Energistyrelsen. Yderligere forklaringer findes i baggrundsnotat 3D om økonomiske vækstforudsætninger.

Energitjenesteefterspørgslen i fremstillingserhverv og bygge-anlæg

Produktion kræver energi, men virksomhedernes efterspørgsel er typisk ikke rettet mod bestemte energivarer, men derimod mod bestemte energitjenester, der er den ydelse eller funktion, som energiforbruget går til. Virksomhedernes energitjenester er defineret ud fra temperatur og funktion, som fx højtemperatur procesvarme³, rumopvarmning eller motoriseret drift, og virksomhederne vælger normalt den billigst tilgængelige måde at få deres forskellige energitjenestebehov dækket på, under hensyn til tekniske potentialer og den givne regulering (jf. også KF22 forudsætningsnotat 1B om IntERACT). Den billigst tilgængelige måde vil være afhængig af den eksisterende kapacitet og muligheder for investeringer i den enkelte virksomhed.

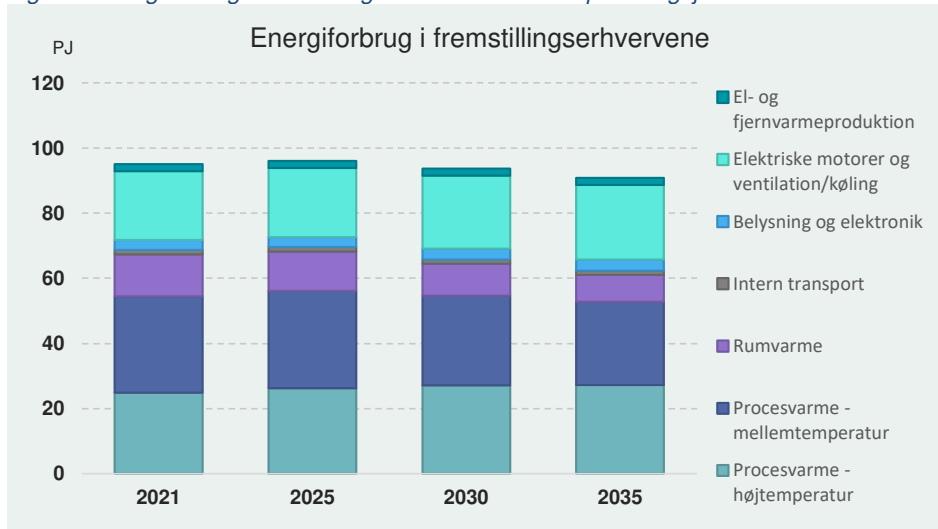
Fremstillingssektoren og bygge-anlægssektorens efterspørgsel efter energitjenester adskiller sig en del fra hinanden. Hvor fremstillingssektoren har en høj andel af energiforbrug til procesvarme, har bygge- og anlægssektoren således et højt forbrug af energi til intern transport.

I figur 4 er det forventede energiforbrug i fremstillingssektoren for årene 2021, 2025, 2030 og 2035 fordelt ud på energitjenester. Det ses af figuren, at procesvarme (både høj- og mellemtemperatur) udgør 57-58 pct. af det samlede energiforbrug i alle de angivne år, og at højtemperatur procesvarme udgør ca. halvdelen af dette energiforbrug. Elektriske motorer og ventilation/køling udgør ca. 22-25 pct. af energiforbruget i de angivne år, mens intern transport udgør under 1,5 pct. i alle de viste år.

³ Fremstillingsprocesser, der kræver varme over 150°C, kaldes højtemperaturprocesser. Processer ved lavere temperaturer kaldes lav- og mellem-temperaturprocesser, og betegnes i KF22-sammenhæng blot som mellem-temperaturprocesser.

En mindre andel af energiforbruget i fremstillingserhverv bliver anvendt til produktion af el- og fjernvarme. I overensstemmelse med FN's opgørelsesregler opgøres udledninger forbundet med fremstillingserhvervenes produktion af el og fjernvarme som en del af udledningerne fra fremstillingssektoren.⁴

Figur 4: Energiforbrug i fremstillingserhvervene fordelt på energitjenester



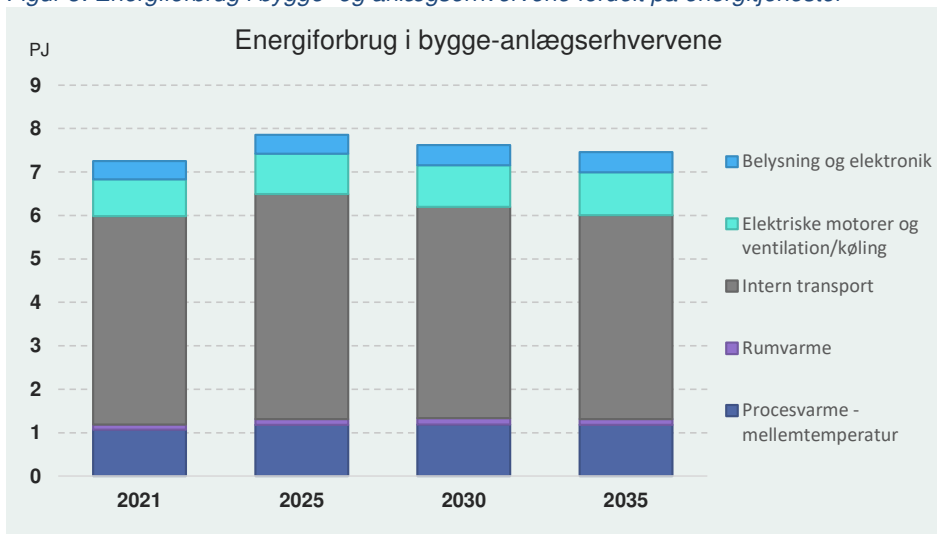
På trods af vækst i sektoren (jf. figur 3) forventes energiforbruget i fremstillingserhvervene frem imod 2035 at falde en anelse. Det skyldes primært nedgang i brændselsforbruget til mellemtemperatur-processer og rumvarme, hvor der i høj grad forventes konverteringer til varmepumper.

Brændselsforbruget til højtemperaturprocesser samt elforbruget til belysning og elektronik forventes omvendt at stige svagt i perioden.

Af figur 5 ses det forventede energiforbrug i årene 2021, 2025, 2030 og 2035 i bygge- og anlægssektoren fordelt ud på energitjenester. Intern transport står for mellem 63 og 66 pct. af det samlede, forventede energiforbrug i sektoren i de angivne år. Energiforbruget til intern transport forventes at stige frem imod 2025 for derefter at falde frem imod 2035 således, at det samlede energiforbrug til intern transport ligger 2 pct. lavere end i dag. Energiforbruget til de øvrige energitjenester forventes omvendt at stige i samme periode. Procesvarme med 10 pct., rumvarme med 8 pct., belysning og elektronik med 12 pct. og elektriske motorer og ventilation/køling med 15 pct.

⁴ Jf. også beskrivelse af sekundære producenter af el og fjernvarme i KF22 sektornotat 8A samt bilag 5.1 i KF22 forudsætningsnotat 2B om håndtering af sekundære producenter af el og fjernvarme.

Figur 5: Energiforbrug i bygge- og anlægserhvervene fordelt på energitjenester



Den forventede stigning i energiforbruget til andet end intern transport skyldes den generelle forventning til sektorens vækst som vist i figur 3. Nedgangen i energiforbrug til intern transport kan tilskrives en øget energieffektivitet ift. intern transport, der overstiger effekten af sektorens vækst. Energieffektiviseringerne i den interne transport sker til dels pga. forventet teknologisk udvikling i de fossildrevne køretøjer i bygge- og anlægssektoren, som medfører en stigning i energiudnyttelsen i hele perioden. Da den forventede levetid på køretøjer til intern transport er omkring 5 år, giver køretøjernes stigende energieffektivitet synlige udslag i energiforbruget i løbet af fremskrivningsperioden. Også et mindre skift fra fossil- til eldrevne køretøjer bidrager til energieffektiviseringen, idet eldrevne køretøjer har en bedre energiudnyttelse end fossildrevne.

Samlet energiforbrug i fremstillingserhverv og bygge-anlæg

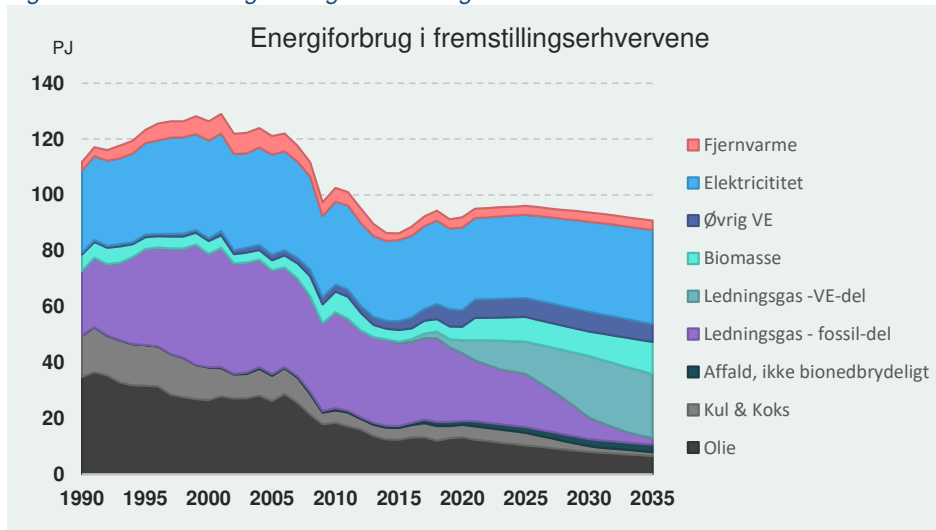
En stor andel af de anvendte brændsler i fremstillingserhvervene og bygge-anlæg har historisk været fossile brændsler. Dette skyldes især omfanget af procesvarme i sektorerne, som kræver høje temperaturer, der bedst opnås ved direkte indfyring, hvor især kul, koks, petrokoks og gas har været anvendt. Også i intern transport udgøres størstedelen af brændslerne af fossile brændsler.

I figur 6 ses det samlede energiforbrug i fremstillingserhvervene fordelt ud på brændsler. Siden 1990 og frem til nu er det samlede energiforbrug i sektoren faldet betydeligt. Særligt frem til 2013 ses et større fald, hvorefter der er sket en mindre stigning, dog uden at energiforbruget har nået niveauet fra før 2013. Nedgangen i energiforbruget kan bl.a. forklares med energieffektiviseringer og strukturelle forskydninger mod mindre energiintensive brancher. Fra 2008 og en årrække frem er finanskrisen også en væsentlig del af forklaringen. Den efterfølgende stigning i energiforbruget skyldes bl.a. økonomisk vækst.

Det ses, at selvom andelen af fossile brændsler i sektorens samlede energiforbrug er faldet, udgør de stadig en væsentlig andel. I 1990 bestod 65 pct. af sektorens samlede energiforbrug af fossile brændsler, og i 2020 var

andelen faldet til 47 pct. Nedgangen i den fossile andel skyldes primært den øgede VE-andel i ledningsgassen⁵.

Figur 6: Samlede energiforbrug i fremstillingserhvervene



Det samlede energiforbrug i fremstillingserhvervene forventes at ligge nogenlunde stabilt den kommende årrække. Der forventes en svag stigning frem imod 2025, hvorefter det falder en smule igen. I 2035 forventes det samlede energiforbrug i industrierhvervene at være ca. 1 PJ lavere end i dag svarende til en nedgang på omkring 0,5 pct. Det stabile energiforbrug sker på trods af vækst i sektoren jf. figur 3, som modvirkes af investeringer i energibesparelser samt konverteringer til mere energieffektive teknologier. Disse investeringer forventes bl.a. at ske som følge af erhvervspuljen, vedtaget ved *Klimaftalen for energi og industri af juni 2020*. Også de høje energi- og kvotepriser er med til at trække i nedadgående retning, da de giver økonomisk incitament til at reducere energiforbruget.⁶

Af figur 6 ses også, at der frem mod 2030 forventes yderligere reduktioner i anvendelsen af fossile brændsler i fremstillingserhvervene. Fra 2020 til 2030 estimeres en nedgang på 53 pct., således at den fossile andel udgør 22 pct. af det samlede energiforbrug i 2030. I 2035 forventes andelen at være faldet yderligere til 14 pct. Reduktionerne er primært drevet af den højere VE-andel i ledningsgassen (jf. sektornotat 7B).

Forbruget af biomasse forventes omvendt at stige relativt til det nuværende niveau. I 2020 anvendte fremstillingserhvervene 4,7 PJ biomasse, hvilket forventes at stige til 8,7 PJ i 2030 og til 11,6 PJ i 2035. Dette svarer til stigninger på hhv. 84 pct. og 146 pct. i forhold til niveauet i 2020. Det øgede forbrug af biomasse skyldes først og fremmest, at biomasse bliver et økonomisk attraktivt alternativ for mange virksomheder grundet de forventede prisstigninger på særligt de fossile brændsler samt det givne kvoteprisforløbet (jf.

⁵ Læs mere om fordelingen imellem fossil gas og bionaturgas i ledningsnettet i sektornotat 7B Forbrug og sammensætning af ledningsgas

⁶ Det skal her bemærkes at brændselspriser og CO₂-kvoteprisforløb er fastlagt ultimo 2021 og derfor ikke afspejler den markante udvikling på energimarkedene i løbet af første kvartal 2022.

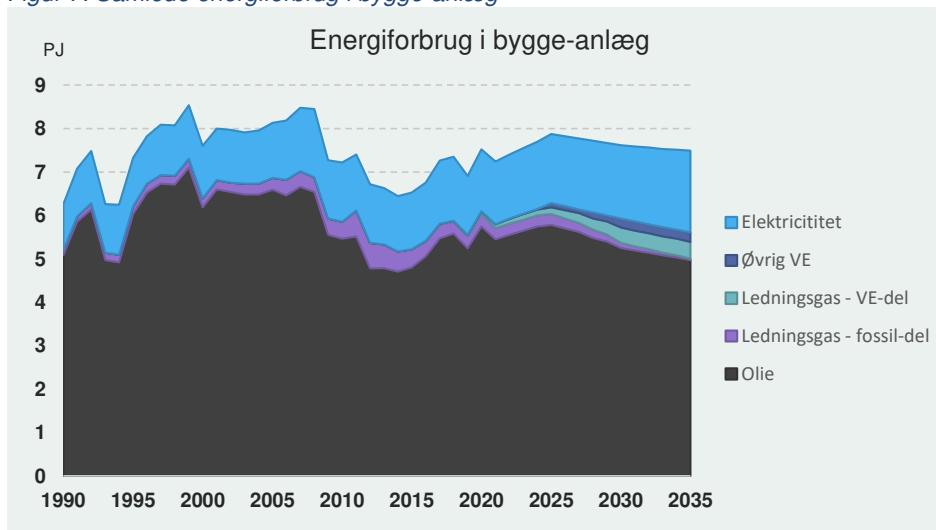
forudsætningsnotat 3A og 3B om brændselspriser og CO₂-kvotepris). Biomasse forventes primært at blive anvendt som brændsel i høj- og mellemtemperaturprocesser som erstatning for kul og olie.

Det ses yderligere af figur 6, at der forventes en øget elektrificering i fremstillingssektorerne. Mens de fleste andre brændsler er enten nedadgående eller stabile frem imod 2030 og 2035, forventes elforbruget at stige. Dermed øges el-andelen af det samlede energiforbrug i industrierhvervene fra 32 pct. i 2020 til 34 pct. i 2030. I 2035 forventes andelen at være oppe på 37 pct. Det øgede elforbrug forventes primært at være relateret til en øget udnyttelse af overskudsvarme ved brug af varmepumper, som er blevet mere økonomisk attraktivt (se også afsnit 2.3).

Som det ses af figur 7 har bygge- og anlægssektoren en høj andel af fossile brændsler i det samlede energiforbrug, en mindre andel af elektricitet og ganske lidt vedvarende energi. Energiforbruget i sektoren påvirkes i endnu højere grad end fremstillingssektoren af konjunkturbevægelser. Ligesom for fremstillingssektoren ses der reduktioner i det samlede energiforbrug i årene efter finanskrisen. Fra 2013 sker der en stigning i energiforbruget, drevet af økonomisk vækst. Det nuværende energiforbrug ligger en anelse under niveauet fra før finanskrisen.

Ligesom for fremstillingserhvervene forventes energiforbruget i bygge-anlæg at ligge stabilt de kommende år, med en svag stigning frem imod 2025 og derefter et ligeledes svagt fald.

Figur 7: Samlede energiforbrug i bygge-anlæg



Der forventes ikke store ændringer i brændsels sammensætningen inden for sektoren frem imod 2030 eller 2035. Størstedelen af energiforbruget i bygge-anlæg består af gas- og dieselolie til intern transport. Kun en mindre andel af den interne transport forventes at blive elektrificeret. Fra 2025 forventes også en iblanding af VE-brændstoffer i diesel til intern transport som følge af CO₂-fortrængningskravet, men iblandingsprocenten forventes at være væsentlig lavere



for intern transport end for vej- og banetransport (jf. tabel 2 i sektornotat 4B Brændstoffer).

2.2 Tilbageværende udledninger i sektoren i 2030 og 2035

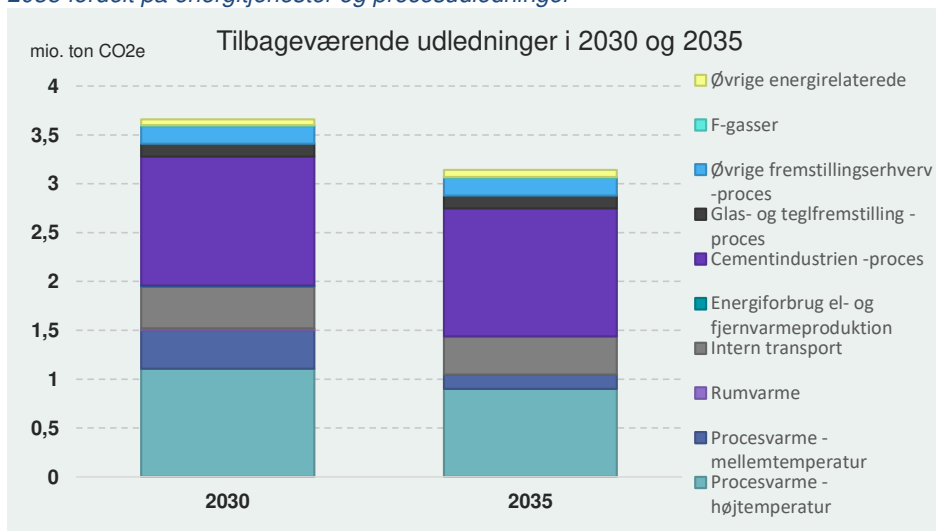
Klimafremskrivningen er en del af klimalovens årshjul og fungerer som input for regeringens årlige klimaprogram, der kommer til efteråret. Et af elementerne i klimaprogrammet er en opgørelse af tekniske reduktionspotentialer for forskellige sektorer. Som input til denne opgørelse sættes der derfor i dette afsnit fokus på de tilbageværende udledninger i sektoren i hhv. 2030 og 2035.

Udover procesrelaterede udledninger, sker en stor andel af fremstillings- og bygge-anlægssektorens udledninger fra anlæg og processer, der foregår ved høje temperaturer (over 150°C), såkaldte højtemperaturprocesser, samt fra intern transport.

Af figur 8 ses, at intern transport står for 12 pct. af de samlede CO₂-udledningerne i fremstillings- og bygge-anlægssektoren i både 2030 og 2035. Ligeledes ses, at højtemperaturprocesserne i 2030 forventes at bidrage med 1,1 mio. ton CO₂-udledninger svarende til 30 pct. af fremstillings- og bygge-anlægssektorens samlede udledninger. I 2035 forventes udledningerne fra højtemperaturprocesser at være faldet til 0,9 mio. ton CO₂, svarende til 29 pct. af sektorens samlede udledninger.

De procesrelaterede udledninger er stort set ens i 2030 og 2035, men grundet fald i de øvrige udledninger forventes de procesrelaterede udledninger at udgøre 52 pct. af sektorens samlede udledninger i 2035 mens de i 2030 udgør 45 pct. af sektorens udledninger

Figur 8: Tilbageværende udledninger i fremstillings- og bygge-anlægs erhverv i 2030 og 2035 fordelt på energitjenester og procesudledninger



Note: Udledninger afledt fra forbrug af el- og fjernvarme, indgår i opgørelsen af udledninger fra forsyningssektoren, præsenteret i sektornotat 8A Produktion af el og fjernvarme.

Grøn omstilling af højtemperaturanlæg og -processer anses normalt som vanskelig, da processerne kan kræve direkte indfyring af brændsel eller skal



ske ved temperaturer, hvor mere bæredygtige opvarmningsteknologier, som for eksempel elektrificering, i nogle tilfælde kun vanskeligt kan anvendes eller endnu er uafprøvet.

Intern transport dækker over mobile maskiner, hvis hovedformål ikke er vejtransport, fx entreprenørmaskiner og gaffeltrucks⁷. På den korte bane kan det være vanskeligt at omstille fra fossile energikilder uden en væsentlig meromkostning, fx til el eller VE-brændsler.

2.3 Udvalgte elementer i sektoren

Ved gennemgang af fremstillings- og bygge-anlægserhvervenes energiforbrug og udledninger, er der flere detaljer, som falder i øjnene. Herunder forventningen om et kraftigt stigende energiforbrug til varmepumper samt de høje udledninger knyttet til cementproduktion. Disse to elementer er analyseret nærmere nedenfor.

Udnyttelse af overskudsvarme

Der er de seneste år sket en øget anvendelse af varmepumper i fremstillingserhvervene til levering af både lav- og mellemtemperatur procesvarme samt rumvarme. Varmepumper anvender elektricitet til at trække varme fra en varmekilde, som typisk vil være omgivelsesvarme (fx fra luften eller jorden) eller overskudsvarme (fx fra industrielle processer).

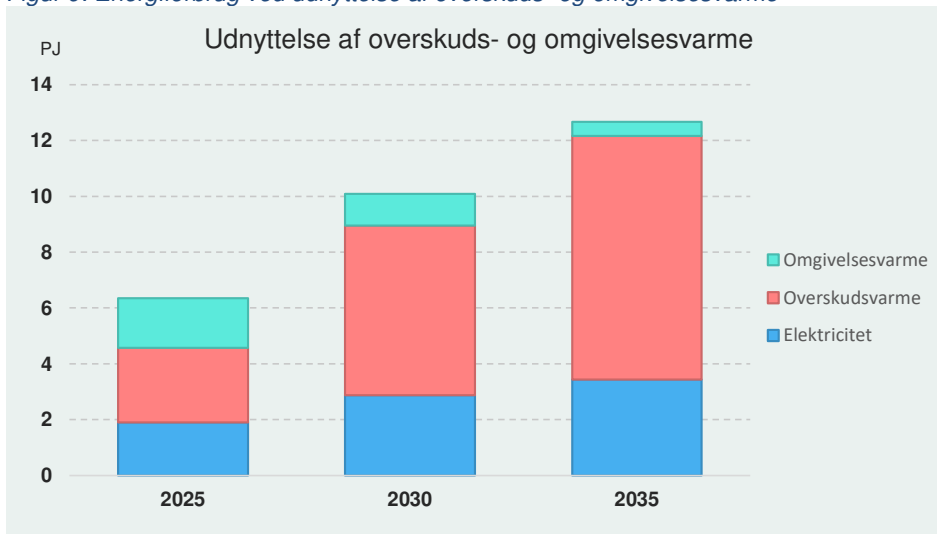
Varmepumperne, der anvendes i fremstillingserhvervene, kan typisk levere procesvarme op til en temperatur på 150 grader Celcius dvs. til lav- og mellemtemperatur procesformål. Ved udnyttelse af intern spildvarme fra industrielle processer, kan varmepumper levere varmen med højere effektivitet dvs. ved anvendelse af en mindre mængde el.

Som det ses i Figur 9, forventes stigningen i brugen af varmepumper i fremstillingserhvervene at fortsætte frem imod 2030 og videre til 2035, særligt i kombination med udnyttelse af intern overskudsvarme. I 2021 forventes der anvendt knap ca. 4,5 PJ til varmepumper i fremstillingsindustrien inkl. både el og varme. Dette forventes at stige til ca. 10 PJ i 2030. I 2035 forventes energimængden at være øget til ca. 12,5 PJ.

Den anvendte elektricitet til drift af varmepumper samt omgivelsesvarme tæller med i erhvervenes samlede energiforbrug, som er illustreret i figur 6, mens overskudsvarme ikke tælles med. Dog illustreres mængden af intern udnyttelse af overskudsvarme i Figur 9, for at indikere hvor stort et bidrag varmepumper forventes at give til det samlede energiforbrug. Mængderne i figur 9 viser altså det samlede energiforbrug forbundet med at omsætte overskudsvarme eller omgivelsesvarme til rumvarme eller procesvarme ved hjælp af varmepumper.

⁷ Energiforbrug til anden erhvervstransport end intern transport, som fx transport i varebiler og lastbiler, indgår i transportsektorens energiforbrug.

Figur 9: Energiforbrug ved udnyttelse af overskuds- og omgivelsesvarme



Det fremgår også, at mens brugen af overskudsvarme stiger, falder brugen af omgivelsesvarme

Det er bl.a. Erhvervspuljen fra Klimaaftalen af juni 2020 samt lempelserne af elvarmeafgiften, der forventes at være med til at drive den øgede anvendelse af varmepumper frem i mod 2030.

Udledninger fra cementproduktion

Der findes én cementproducent i Danmark, Aalborg Portland, som er den største punktudleder i Danmark. Metoder og antagelser for fremskrivningen af virksomhedens produktion, energiforbrug og udledninger er beskrevet i forudsætningsnotat *6B Cementproduktion*. Nedenfor vises og beskrives de resulterende udledninger herfra.

Der produceres to forskellige typer cement i Danmark, kaldet hvid og grå. Den grå produceres hovedsageligt til hjemmemarkedet, mens den hvide primært eksporteres.

Både hvid og grå cement produceres overodnet set ved først at tørre en masse, som hovedsageligt består af kridtslam og sand til såkaldt råmel, der sendes videre til cyclonforvarmere. Herefter opvarmes massen til over 900 grader i kalcinatorer, hvor også procesudledninger hovedsageligt finder sted, og sendes herefter til roterovne, hvor den afbrændes ved temperaturer på op mod 1500 grader. Herefter finmales cementklinker og blandes med ønskede mængder tilsætningsstoffer, såsom gips, kridtstøv, og andet. Til produktion af hvid cement anvendes i dag primært petrokoks og mindre andele alternative brændsler (industriaffald) samt biomasse, mens der til produktion af grå cement primært anvendes kul, affald, petrokoks samt en mindre andel fast biomasse.



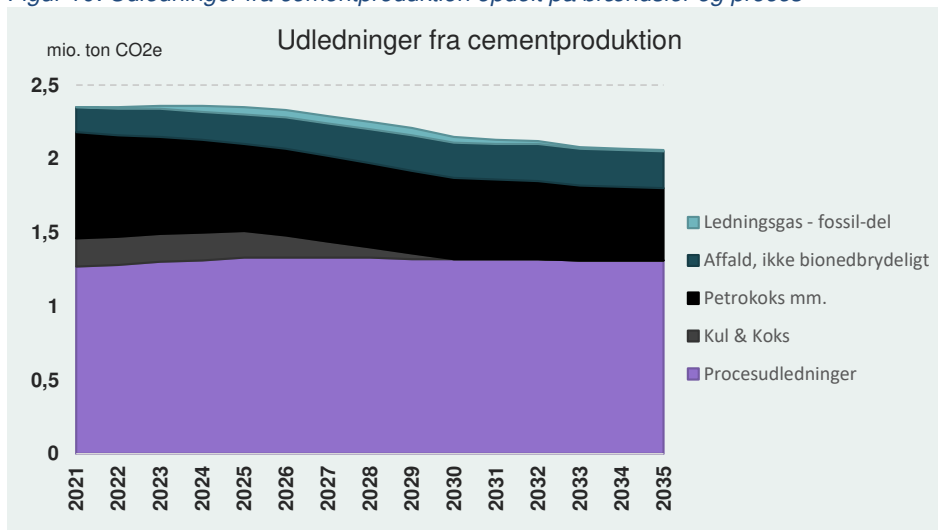
Udvikling i energirelaterede udledninger og procesudledninger fra cement.

Der forudsættes i KF22 en væsentlig stigning i cementproduktionen. Fra 2020 til 2030 stiger cementproduktionen således med ca. 14 pct. Stigning fra 2020-2030 kan opdeles i en stigning på ca. 13 pct. for hvid cement og ca. 14 pct. for grå cement. Alt andet lige resulterer dette i et øget energiforbrug og øgede udledninger fra dansk cementproduktion. I figur 10 ses de fremskrevne udledninger fordelt på proces- og energirelaterede udledninger, hvor de energirelaterede er opdelt på brændsler.

Procesudledningerne stiger fra 1,1 mio. ton i 2019 og 1,2 mio. ton i 2020 til 1,3 mio. ton frem mod 2030 drevet af en stigende cementproduktion. Dog forventes en faldende klinkerandel, særligt ift. produktionen af grå cement. Den faldende klinkerandel bidrager til at mindske stigningen i procesudledninger samt til at reducere energibehovet til cementproduktion (og dermed de energirelaterede udledninger). Det skønnes, at en faldende klinkerandel fra 2030-2035 vil give anledning til et yderligere fald i procesudledningerne.

Samlet set forventes de energirelaterede udledninger fra cementproduktion at være faldende frem mod 2035. Dette afspejler i særlig grad forventning om udfasning af kul og en reduktion i forbruget af petrokoks samt et stigende forbrug af gas, biomasse og affald. Med andre ord så skønnes reduktionen i udledninger fra brændselskift at dominere effekten fra en stigende cementproduktion i KF22. Reduktionen i forbruget af kul og petrokoks skønnes i særlig grad at være drevet af forudsætningerne om en høj kvotepris og høje fossile priser i KF22.

Figur 10: Udledninger fra cementproduktion opdelt på brændsler og proces

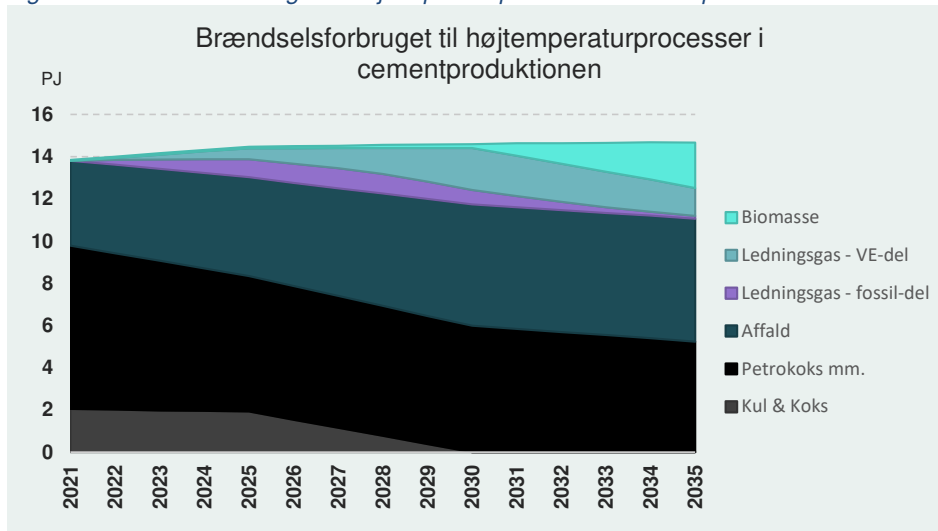


Udvikling i brændselsforbruget til cementproduktion

I figur 11 ses den forventede brændsels sammensætning for cementproduktion frem imod 2035. Det samlede energiforbrug forventes at stige i hele perioden, hvilket afspejler den stigende cementproduktion. Fra og med 2022 er det muligt for Aalborg Portland at anvende ledningsgas, da der bliver etableret gasinfrastruktur til fabrikken. Forbruget af ledningsgas skønnes at stige frem

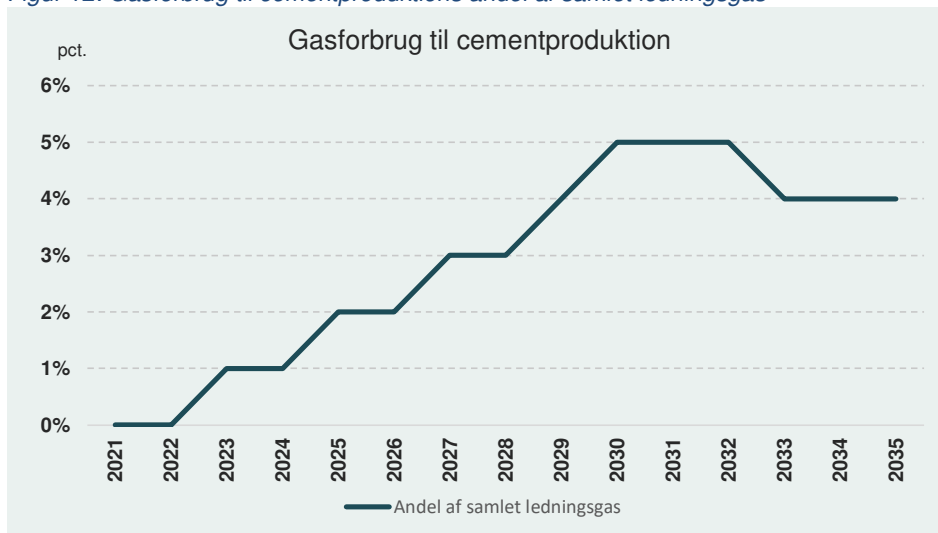
mod 2030, mens der efter 2030 er en forventning om at forbruget af biomasse vil stige på bekostning af ledningsgas. Skiftet mod biomasse skønnes at være drevet af stigende ledningsgaspriser og kvotepriser efter 2030.

Figur 11: Brændselsforbruget til højtemperaturprocesser i cementproduktionen



Fra at have et ikkeeksisterende gasforbrug i 2021 forventes et samlet ledningsgasforbrug (VE og fossilt) til cementproduktion på 2,7 PJ i 2030. Som det fremgår af Figur 12, så svarer gasforbrug til cementproduktion i 2030 til ca. 5 pct. af det samlede danske ledningsgasforbrug.

Figur 12: Gasforbrug til cementproduktions andel af samlet ledningsgas



Forbruget af ledningsgas til cementproduktion er dog forbundet med stor usikkerhed. Ikke mindst på grund af de høje gaspriser, som ses i øjeblikket. Bemærk i denne forbindelse, at forudsætningerne for KF22, herunder også forudsætninger ift. brændselspriser og CO₂-kvotepris, er fastlagt ultimo 2021. Udviklingen i Ukraine og de deraf afledte effekter på markederne i første kvartal 2022 er derfor ikke afspejlet i KF22 fremskrivningen.

3. Kvalificering af KF22 forløbet

3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF21

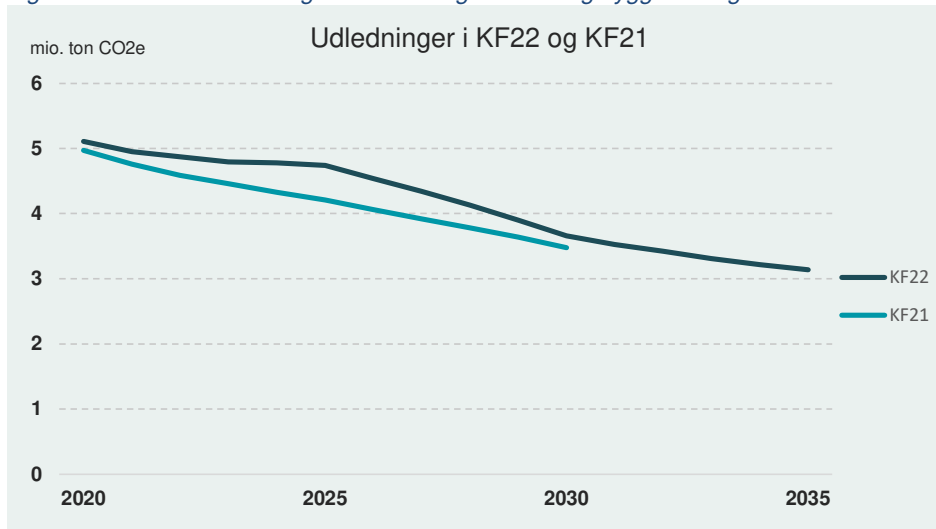
I dette afsnit sammenlignes sektorens samlede udledninger i KF22 med de tilsvarende udledninger for sektoren i KF21. Det skal i denne forbindelse bemærkes, at det generelt ikke vil være muligt entydigt at forklare alle ændringerne fra KF21 til KF22, da disse ændringer vil være det samlede resultat af både politiktiltag og ændrede generelle forudsætninger ift. 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 KF22 forudsætningsnotaterne).

Højere udledninger samlet set fra fremstillingserhvervene og bygge-anlæg

I figur 13 sammenlignes de samlede, estimerede udledninger fra KF21 og KF22. Udledningerne for fremstillingserhverv og bygge-anlæg ligger højere i KF22 end i KF21 i hele perioden 2021-2030. Den største forskel imellem de to fremskrivninger er i 2025, hvor udledningerne i KF22 er omkring 0,5 mio. ton CO₂ højere end i KF21. I 2030 er de samlede udledninger knap 0,2 mio. ton CO₂ højere i KF22 end i KF21 svarende til ca. 5 pct.

De højere udledninger afspejler i særlig grad forudsætninger om en højere økonomisk aktivitet i fremstillingserhvervene og bygge-anlæg i KF22 sammenholdt med KF21, herunder også den øgede cementproduktion.

Figur 13: Samlede udledninger i fremstillingserhverv og bygge-anlæg



Cementproduktion

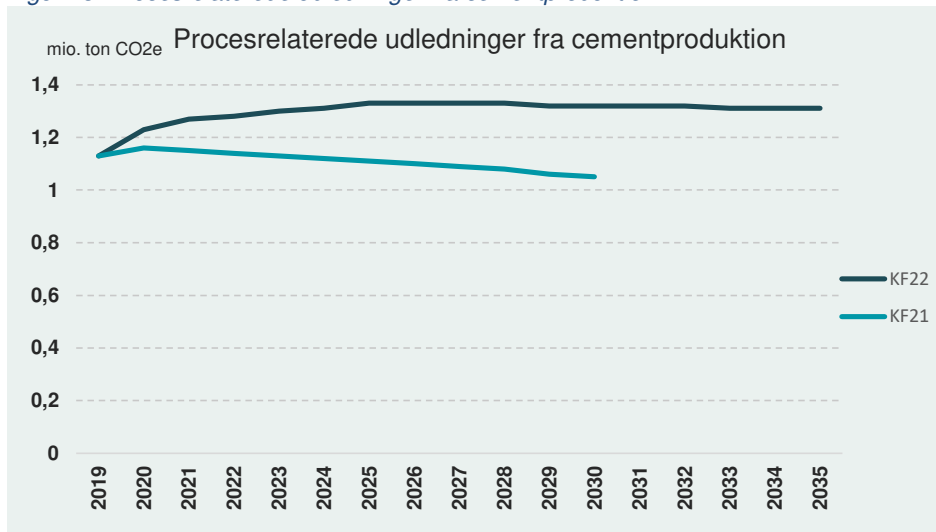
For cementproduktion er grundlaget for fremskrivningen af energiforbrug og drivhusgasudledninger forbedret i KF22 sammenlignet med KF21. Grundlaget er blevet forbedret ved at udvikle et egentligt cementmodul til Energistyrelsens IntERACT-model. I KF21 blev cementproduktion modelmæssigt håndteret på et mere aggregeret niveau sammen med produktionen af tegl, isolering, glas mv., mens procesudledninger fra cementproduktion blev beregnet af DCE uden for Energistyrelsens modelapparat. Læs mere om metode og antagelser i for cementsektoren i forudsætningsnotat 6B Cementproduktion.

Forbedringen af grundlaget for cementproduktion gør, at en-til-en sammenligning mellem KF21 og KF22 ikke er teknisk mulig. I stedet gives her en skønsmæssig alt-andet-lige vurdering af betydningen af stigende cementproduktion og klinkerandel.

I KF21 var den underliggende forventning, at cementproduktionen vil være tæt på konstant frem mod 2030, mens KF22 er baseret på en vurdering af, at cementproduktion vil stige frem mod 2030. Vurderingen af en stigende cementproduktion er bl.a. baseret på aktiviteten i byggeri og anlægssektoren. Antagelsen om en øget cementproduktion skønnes alt-andet-lige, at kunne øge 2030-udledningerne fra cementproduktion med op til 0,5 mio. ton CO_{2e} i KF22 relativt til KF21, men også udviklingen i øvrigt, fx reduktion af klinkerandele, gør, at 2030-udledningerne fra cementproduktion i KF22 alt andet lige stiger. Den væsentlige del af stigningen stammer fra procesudledninger, jf. figur 14.

I KF22 forudsættes en højere klinkerandel end i KF21. Det skyldes, at salget af Aalborg Portlands grå cementtype med mindre klimabelastning, Futurecem, har været mindre end forventet. Forventningen om en højere klinkerandel i KF22 skønnes alt-andet-lige, at øge udledningerne i KF22 med ca. 0,06 mio. tons CO_{2e} sammenholdt med KF21.

Figur 15: Procesrelaterede udledninger fra cementproduktion



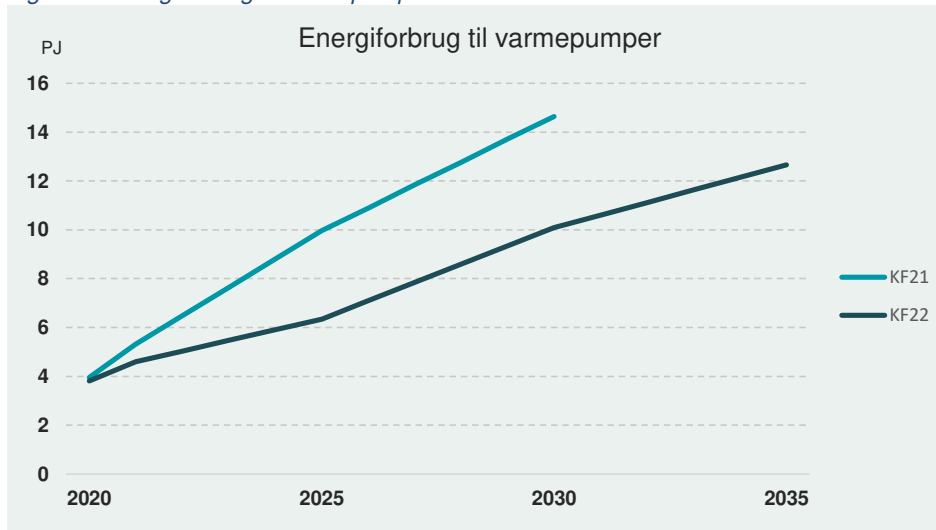
Justering af slutanvendelser giver færre varmepumper

Sammenholdt med KF21 er der i KF22 foretaget justering af slutanvendelser⁸ i fremstillingserhvervene og bygge-anlæg. Således er skønnet for brændsler anvendt til lav- og mellemtemperatur procesformål nedjusteret (svarende til ca. 4 PJ i 2019), mens skønnet for brændsler anvendt til højtemperaturproces er opjusteret (svarende til ca. 4 PJ i 2019). Denne justering har særlig betydning for potentialet for konvertering til varmepumper, da potentialet for konvertering til varmepumper er størst for lav- og mellemtemperatur procesformål. Dette afspejles i Figur 15, som illustrerer, at energiforbruget til varmepumper

⁸ Slutanvendelser referer til det behov energi opfylder i erhvervslivet, fx til tørring eller køling

(elforbrug, overskudsvarme og omgivelsesvarme) er faldet med 3,6 PJ i 2025 og 4,5 PJ i 2030 i KF22 relativt til KF21.

Figur 16: Energiforbrug til varmepumper



3.2 Usikkerheder og følsomhedsberegninger

Fremskrivningen af erhvervslivets energiforbrug er følsom over for forventningen til den økonomiske vækst, hvilket indgår som en overordnet eksogen forudsætning (jf. også KF22 forudsætningsnotat 3D).

Fremskrivningen er desuden følsom over for forudsætninger omkring antagelser om effekten af vedtagne politiske tiltag, herunder at der opnås fuldt afløb for puljemidler. Teknologivalg og brændselsanvendelse afhænger endvidere især af brændselsprisforudsætninger samt antagelser fra teknologikatalogerne, herunder virkningsgrader, omkostninger samt levetider.

Modellen giver ikke virksomheder mulighed for at fange og lagre CO₂ (Carbon Capture Storage, CCS)⁹. De høje CO₂-kvotepriser, som ses i markedet i øjeblikket, kunne ellers give de større virksomheder incitament til at benytte CCS og dermed reducere deres udledninger og omkostninger til CO₂-kvoter.

3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

I forbindelse med KF23 forventes det, at klimafremskrivningen vil skulle tilpasses til fremskrivningen fra Finansministeriets nye makroøkonomiske model Makro. Dette kan give anledning til et behov for justering af den bagvedliggende IntERACT-model og metoden bag den økonomiske baseline i klimafremskrivningen.

⁹ Med klimaaftalen for energi og industri m.v. af 20 juni 2020 blev det besluttet, at CCS skal være en vigtig brik i indfrielsen af Danmarks klimapolitiske mål. I december 2021 blev der indgået en politisk aftale om en samlet CCS-strategi, der fremmer ny infrastruktur og sikrer regulering af CCS på markedsbaserede vilkår. Der forventes udmøntet en pulje til CCS i løbet af 2022. Den generelle håndtering af CCS i KF22 er beskrevet i KF22 forudsætningsnotat 7E.



Der arbejdes yderligere med at opdatere den bagvedliggende kortlægning af erhvervslivets energiforbrug og slutanvendelser, samt vurdering af erhvervslivets energibesparelser. En sådan opdatering vil ligeledes give behov for yderligere justering samt opdatering af IntERACT-modellen.

Der udestår i forbindelse med den indeværende fremskrivning at inkludere det opdaterede teknologikatalog for individuelle opvarmningsanlæg (opdateret januar 2021). Det er forventningen at denne opdatering vil være inkluderet i forbindelse med KF23.

Emissionskoefficienter for affald anvendt til energiformål (fx cementproduktion) har væsentlig betydning for udledningerne. I KF22 anvendes de samme emissionskoefficienter på tværs af sektorer. Disse emissionskoefficienter afviger fra emissionskoefficienterne, som kan udledes af kvoteregisteret. Der vil derfor fremadrettet blive arbejdet på at sikre bedre konsistens mellem emissionskoefficienterne i KF og kvoteregisteret.

4. Kilder

Finansministeriet, Forslag til Finanslov for Finanslov 2022

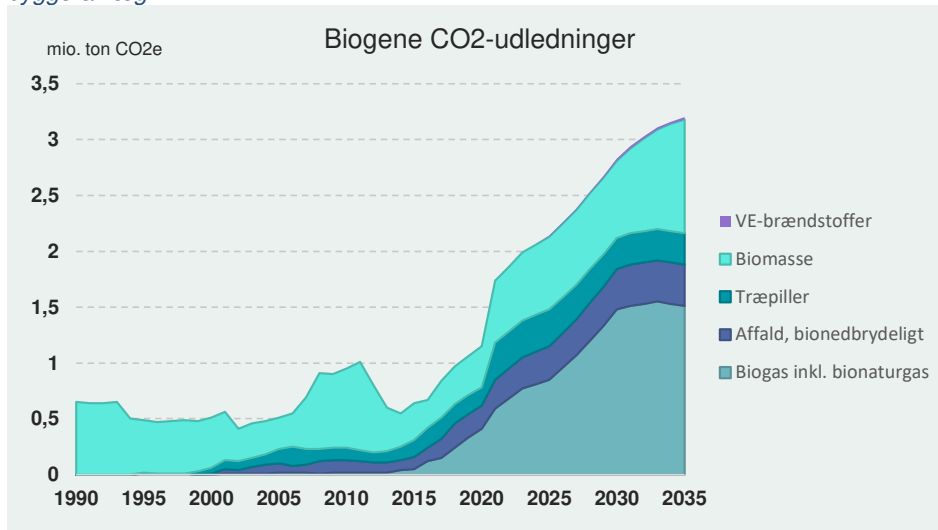
5. Bilag

Bilag 5.1 Biogene energirelaterede CO₂-udledninger fra sektoren

Klimafremskrivningens opgørelse af sektorernes 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.

Som det ses af figur 16, stiger de biogene udledninger i takt med, at brugen af VE-brændsler i fremstillings erhvervene og bygge-anlæg stiger. Det er særligt den øgede VE-andel i ledningsgassen samt en øget anvendelse af biomasse til cementproduktion efter 2030, som bidrager til de øgede biogene udledninger.

Figur 17: Biogene, energirelaterede CO₂-udledninger fra fremstillingserhvervene og bygge-anlæg



Note: Fra 2020 til 2021 skiftes fra statistiske data til fremskrivning, hvilket bl.a. giver nogle betydelige stigninger i særligt biomasse og idet der er et affaldsforbrug knyttet til cementproduktionen, som ikke indgår i statistikken, men er medtaget i fremskrivningen.

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 eller refereres data for de indikatorer, der er relevante for fremstillingserhverv og bygge-anlæg. Det drejer sig om følgende indikatorer:

- Energi- og CO₂ intensiteter
- Energiforbrug fordelt på typer af brændsler

Energi- og CO₂-intensiteter i industrierhvervene

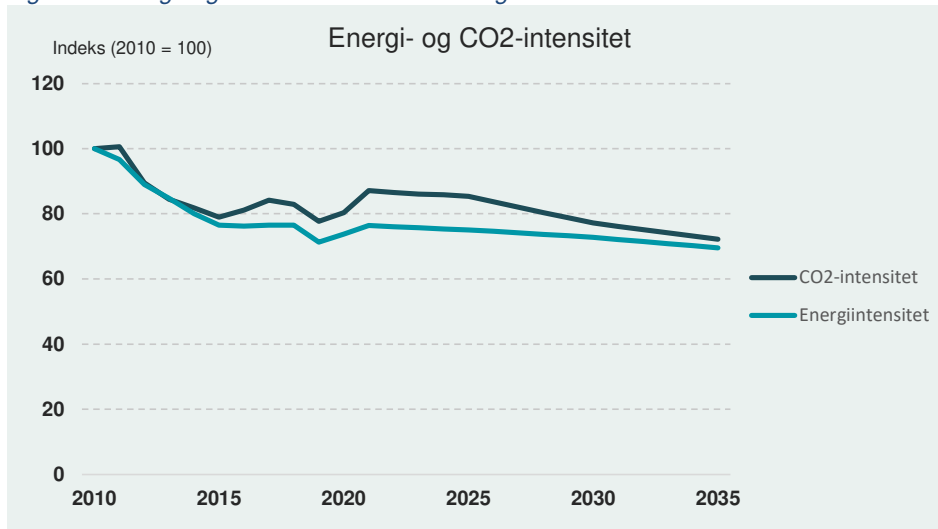
Energiintensitet og CO₂-intensitet giver en indikation af forholdet imellem økonomisk aktivitet afspejlet gennem produktionsniveau og hhv. energi og CO₂-udledninger. En lavere CO₂- eller energiintensitet forekommer, når industrien bl.a. bliver mere energieffektiv og konverterer til mindre CO₂-intensive teknologier. Strukturelle forskydninger i erhvervslivet kan også ændre både CO₂-intensiteten og energiintensiteten, mens et skifte væk fra fossile brændsler vil sænke CO₂-intensiteten, men alt andet lige ikke påvirker energiintensiteten.

Som det ses af Figur 17 og 18 har både CO₂-intensiteterne og energiintensiteterne i bygge-anlæg og fremstillingssektoren været nedadgående siden 2010 og forventes at fortsætte den udvikling frem mod 2030 og videre frem til 2035. Der forventes dog kun mindre fald i energiintensiteten,

I perioden 2010 og frem til nu er energiintensiteten i fremstillingssektoren reduceret mere end CO₂-intensiteten. Fra 2017 følges kurverne ad i nedadgående retning, hvilket indikerer, at reduktionerne i CO₂-intensiteten formentlig sker som følge af reduktioner i energiforbruget. Udvikler de to kurver sig i forskellig retning, vil det oftest være en indikation på et brændselskifte, hvilket i dette tilfælde netop er den primære årsag til den viste udvikling frem

imod 2030, hvor det forventes, at fremstillingsindustrien vil erstatte en større og større andel fossilt brændsel med vedvarende energi. Ændringer i procesudledningerne kan naturligvis også have betydning, men da de er stort set uændrede i hele fremskrivningsperioden har de ikke betydning for energi- og CO₂-intensiteterne her.

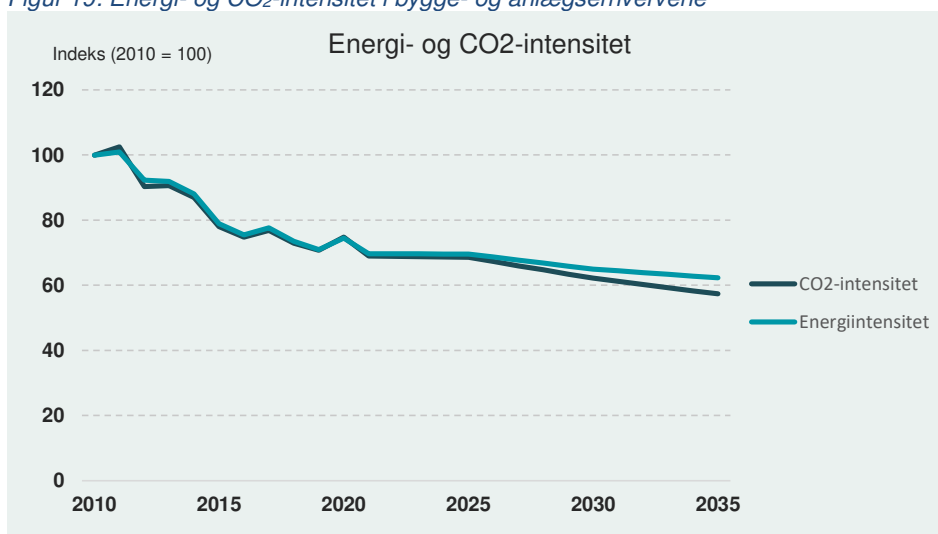
Figur 18: Energi- og CO₂-intensitet i fremstillingserhvervene



Note: CO₂-intensiteter indeholder energirelaterede CO₂-udledninger, samt udvalgte procesudledninger (CRF-kategori 2A1 (procesudledninger fra cement) og 2A0 (øvrige mineralogiske procesudledninger)). Fra 2020 til 2021 skiftes der fra statistiske data til fremskrivning, hvorfor der ses en større stigning.

I bygge- og anlægssektoren følges kurverne for CO₂-intensitet og energiintensitet nedad fra 2010 til 2025, hvorefter CO₂-intensiteten falder hurtigere en energiintensiteten. Dette indikere at CO₂-reduktionerne frem til 2025 er sket og fortsat forventes at ske via energieffektiviseringer. Først fra 2025 forventes der et skifte væk fra fossile brændsler over mod vedvarende energi i bygge- og anlægssektoren, som får CO₂-intensiteten til at falde hurtigere end energiintensiteten.

Figur 19: Energi- og CO₂-intensitet i bygge- og anlægserhvervene





Der er stor forskel på intensiteterne mellem bygge- og anlægssektoren og fremstillingssektoren. Disse forskelle kan ikke aflæses af de indekserede intensiteter i figur 17 og 18. Fremstillingssektoren har energi- og CO₂e-intensiteter på hhv. 0,11 PJ pr. mia. kr. og 6,7 kt CO₂e pr. mia. kr. i 2019 mens bygge- og anlægssektorens tilsvarende intensiteter er på hhv. 0,02 PJ pr. mia. kr. og 1,3 kt CO₂e pr. mia. kr. Bygge- og anlægssektoren har altså et betydeligt mindre energiforbrug og CO₂e-udledning pr. produceret enhed end fremstillingssektoren.

Energiforbrug fordelt på typer af brændsler

Der henvises her til figur 6 i notatet.