

Dokumentation og følsom- hedsberegninger af effekter for erhverv og rumvarme

Indhold

| | |
|---|-----------|
| 0. Overordnet metode | 2 |
| 1. Beregningsprincipper for erhverv..... | 4 |
| 1.1. Grundlag for erhverv | 4 |
| 1.2. Form på efterspørgselskurven | 6 |
| 1.3. Efterspørgslens prisfølsomhed..... | 9 |
| 1.3.1. Samspil mellem teknisk effekt og struktureffekt..... | 11 |
| 1.3.2. Teknisk effekt..... | 12 |
| 1.3.3. Effekt på erhvervsstrukturen..... | 21 |
| 1.4. Korrektion af grundlag som følge af højere kvotepris..... | 28 |
| 1.5. Modellering af bundfradrag | 29 |
| 1.6. Indfasning af adfærdseffekt | 30 |
| 2. Beregningsprincipper for CCS/BECCS..... | 32 |
| 2.1. Tilskuds-/afgiftsincitament til CCS/BECCS..... | 32 |
| 3. Opgørelse af provenuer, samfunds-, omstillings- og erhvervsøkonomiske effekter..... | 36 |
| 4. Beregningsprincipper for rumvarme | 41 |
| 5. Følsomhedsberegninger for erhverv | 45 |
| 5.1. Centralt skøn | 45 |
| 5.2. Ændret makropriselasticitet fsva. teknisk effekt | 46 |
| 5.3. Ændret elasticitet fsva. struktureffekt | 48 |
| 5.4. Ændrede struktureffekter for mineralogiske processer mv. og raffinaderierne | 50 |
| 6. Overvejelser frem mod den endelige afrapportering..... | 52 |
| Bilag 1. Udledning af ligninger vedr. struktureffekter | 53 |
| Bilag 2. Resultater af følsomhedsmodellerne for teknisk semielasticitet | 56 |
| Bilag 3. Resultater af følsomhedsmodellerne for strukturel semielasticitet | 60 |
| Bilag 4. Følsomhedsanalyse for mineralogiske processer mv. og raffinaderier..... | 64 |

0. Overordnet metode

Dette notat dokumenterer de beregningsmetoder, der benyttes i Ekspertgruppens første delrapport. Beregningerne bygger på samme analytiske tilgang, som blev anvendt i den tværministerielle *Afgifts- og tilskudsanalyse på energiområdet*, som blev færdiggjort i 2017. Der er opstillet en partiel analysemodel, hvor branchespecifikke efterspørgselskurver efter CO₂ er fastlagt, og som medtager de væsentligste effekter vedr. CO₂, branchebelastning, provenu og samfundsøkonomi. Resultaterne er konsistente med en generel ligevægtsmodellering, og der indgår (implicit) generelle ligevægtseffekter i form af ændrede priser, lønninger og branchetilpasninger¹.

Der pågår et tværministerielt arbejde med at færdigudvikle den generelle ligevægtsmodel GrønREFORM, som vil blive anvendt i Ekspertgruppens endelige afrapportering i det omfang, det er muligt. Modellen forventes både at kunne anvendes på de områder, som er omfattet af første delrapport, samt nye områder som landbrugets ikke-energi-relaterede udledninger. Derudover vil modellen direkte kunne tage højde for generelle ligevægtseffekter og bl.a. tage højde for samspilseffekter mellem afgifts-omlægningerne for de forskellige brancher.

I Ekspertgruppens første delrapport beregnes effekter af afgiftsændringer på CO₂-udledningen ud fra data for og antagelser om:

1. Grundlaget for CO₂-udledningerne
2. Den funktionelle form for efterspørgsel efter energi/CO₂
3. Efterspørgselsens prisfølsomhed (elasticiteten)

Fastlæggelsen af disse er belyst i det følgende. Der er meget stor usikkerhed knyttet til de opgjorte effekter, idet der er meget stor usikkerhed om den funktionelle form og elasticiteterne, ligesom der også er knyttet stor usikkerhed til grundlagene og fremskrivningen heraf, særligt når de fordeles på de forskellige afgiftskategorier. Ved 70 pct.-målsætningen er det kvantitative mål kendt. Med den meget store usikkerhed om grundlag og effekter ved at indføre afgifter og tilskud, som behandles i denne rapport, er det meget usikkert at fastsætte en afgiftssats/tilskudspulje, som vil medføre en bestemt CO₂-reduktion. Dermed er det også meget usikkert at opgøre den samfundsøkonomiske omkostning ved at nå en given målsætning. Der er derfor lavet en række følsomhedsanalyser på afgiftsmodellen.

Der indgår i første delrapport modeller med en tilskudspulje, som er forudsat målrettet CCS/BECCS. Herudover er der skitseret modeller, hvor der gives bundfradrag i afgiften. Modellering af tilskudspulje til CCS/BECCS samt bundfradrag er ligeledes

¹ Eksempelvis tages der højde for forskydning fra CO₂-intensive erhverv mod mindre CO₂-intensive erhverv via en højere afgiftsbelastning på de CO₂-intensive erhverv. Afgiftsbelastningen forventes i stort omfang at blive nedvæltet i lavere lønninger og vil forskyde arbejdskraft fra CO₂-intensive erhverv mod mindre CO₂-intensive erhverv.

beskrevet i det følgende. Begge dele er modelleret i sammenhæng med afgifter og er konsistent hermed.

1. Beregningsprincipper for erhverv

1.1. Grundlag for erhverv

For at beregne effekten af en given CO₂-afgift kræver det kendskab til forbruget af de enkelte energiarter og CO₂-udledningerne fordelt på brancher.

I beregningerne til første delrapport anvendes en brancheopdeling, der afspejler dels forskellige afgiftsbaser, dels om afgiftsbasen er kvoteomfattet eller ej. CO₂-grundlaget for erhverv omfatter udledninger fra deres produktionsprocesser, mens udledningerne fra rumvarme, inkl. erhvervenes rumvarme, og vejtransport ikke er omfattet. Fremskrivningen af energiforbruget og CO₂-udledningerne er forbundet med betydelig usikkerhed, hvilket også er tilfældet for fordelingen af energiforbruget på afgiftsgrundlag.

CO₂-grundlaget er i udgangspunktet baseret på energibalancen fra Klimastatus og -fremskrivning 2021. Der foretages dog en korrektion, idet der med Finansministeriets seneste fremskrivning af kvoteprisen forventes en langt højere kvotepris fremadrettet end kvoteprisen lagt til grund for Klimastatus og -fremskrivning 2021. Den højere kvotepris må forventes at reducere kvoteomfattede erhvervs CO₂-udledning i forhold til det skønnede i Klimastatus og -fremskrivning 2021.

Med Klimastatus og -fremskrivning 2021 blev konkret lagt en fremskrivning til grund med en kvotepris på ca. 300 og 350 kr. i hhv. 2025 og 2030. Med den seneste fremskrivning skønnes en kvotepris på ca. 650 og 750 kr. i hhv. 2025 og 2030, dvs. ca. 350 og 400 kr./ton mere (2022-priser). Der er i Ekspertgruppens første delrapport skønnet over den isolerede effekt af den højere kvotepris i 2025 og 2030 med udgangspunkt i samme tilgang som ved beregning af effekter af afgiftsændringer, *jf. afsnit 1.4.*

Med det korrigerede grundlag udgør CO₂-udledningerne for erhverv i alt ca. 7,33 mio. tons i 2030, svarende til en nedjustering ift. Klimastatus og -fremskrivning 2021 på 1,18 mio. tons CO₂, *jf. tabel 1.* Udledninger fra mineralogiske processer mv. udgør ca. 31 pct. af det samlede CO₂-grundlag i 2030 og er således langt den største branche målt på CO₂-udledninger. Branchen er kendetegnet ved, at der er forholdsvis store udledninger fra produktionsprocessen, som ikke knytter sig direkte til energiforbrug. Udledningerne mellem energi og ikke-energi er nogenlunde ligeligt fordelt. Cementproduktion er forbundet med de største udledninger i branchen og står for ca. 70 pct. af sektorens udledninger.

De øvrige brancher med store udledninger er primært Nordsø og raffinaderier.

Tabel 1
Grundlag i 2025 og 2030

| | Klimastatus og -fremskrivning 2021 | | | | Anvendt grundlag – opdateret pba. ny kvoteprisfremskrivning | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Grundlag i 2025 | Andel af grundlag i 2025 | Grundlag i 2030 | Andel af grundlag i 2030 | Grundlag i 2025 | Andel af grundlag i 2025 | Grundlag i 2030 | Andel af grundlag i 2030 |
| | Mio. ton CO ₂ | Pct. | Mio. ton CO ₂ | Pct. | Mio. ton CO ₂ | Pct. | Mio. ton CO ₂ | Pct. |
| Alm. proces (kvote) ¹ | 0,70 | 7 | 0,66 | 8 | 0,60 | 7 | 0,49 | 7 |
| Alm. proces (ikke-kvote) ¹ | 0,70 | 7 | 0,66 | 8 | 0,70 | 8 | 0,66 | 9 |
| Landbrug mv. ekskl. landbrugsdiesel | 0,22 | 2 | 0,16 | 2 | 0,22 | 2 | 0,16 | 2 |
| Landbrugsdiesel | 0,57 | 6 | 0,54 | 6 | 0,57 | 6 | 0,54 | 7 |
| Gartnerier (kvote) | 0,04 | 0 | 0,03 | 0 | 0,03 | 0 | 0,02 | 0 |
| Gartnerier (ikke-kvote) | 0,07 | 1 | 0,05 | 1 | 0,07 | 1 | 0,05 | 1 |
| Mineralogiske processer mv. (energi - cement) | 1,00 | 10 | 0,97 | 11 | 0,85 | 10 | 0,73 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (energi - ikke-cement) | 0,52 | 5 | 0,54 | 6 | 0,48 | 5 | 0,47 | 6 |
| Mineralogiske processer mv. (ikke-energi - cement) | 1,11 | 12 | 1,05 | 12 | 0,95 | 11 | 0,78 | 11 |
| Mineralogisk processer mv. (ikke-energi - ikke-cement) | 0,32 | 3 | 0,33 | 4 | 0,30 | 3 | 0,28 | 4 |
| Nordsø | 1,06 | 11 | 1,16 | 14 | 0,96 | 11 | 0,99 | 14 |
| Raffinaderier ² | 0,98 | 10 | 0,98 | 12 | 0,88 | 10 | 0,81 | 11 |
| Fiskere | 0,25 | 3 | 0,25 | 3 | 0,25 | 3 | 0,25 | 3 |
| Færger | 0,61 | 6 | 0,60 | 7 | 0,61 | 7 | 0,60 | 8 |
| Jernbane | 0,18 | 2 | 0,06 | 1 | 0,18 | 2 | 0,06 | 1 |
| Fossile til elproduktion ³ | 1,14 | 12 | 0,31 | 4 | 1,10 | 12 | 0,28 | 4 |
| Indenrigsflyvninger | 0,16 | 2 | 0,17 | 2 | 0,15 | 2 | 0,16 | 2 |
| I alt | 9,63 | 100 | 8,51 | 100 | 8,90 | 100 | 7,33 | 100 |

Anm.: Grundlaget er opgjort som CO₂-udledninger og udledninger af andre drivhusgasser, knyttet til afbrænding af fossile brændsler samt ikke energirelaterede udledninger fra mineralogiske processer. Udledningerne fra andre drivhusgasser end CO₂ er meget begrænsede. Der er herudover mindre udledninger fra andre drivhusgasser end CO₂ knyttet til afbrænding af biogene brændsler, som ikke er medtaget i grundlaget. I 2030 skønnes de med Klimastatus og -fremskrivning 2021 at udgøre ca. 0,1 mio. tons CO₂e. Der er usikkerhed knyttet til fordelingen af andre drivhusgasser end CO₂ på fossile brændsler hhv. biogene brændsler. Der anvendes en begrænset mængde fjernvarme til proces, som ikke er medtaget. Al ledningsført gas er opgjort som fossilt, da det marginale forbrug af ledningsgas påvirker det fossile ledningsgasforbrug, idet mængden af biogas i naturgasnettet er forudsat at udgøre en fast mængde. 1) Grundlagt for almindelig proces er inden korrektion for den højere kvotepris fordelt ligeligt mellem kvote og ikke-kvotesektoren, idet det skønnes, at de er omtrent fordelt ligeligt. 2) Raffinaderier anvender lidt raffinaderigas til at producere el- og fjernvarme, hvilket indgår i grundlaget for raffinaderierne. 3) For så vidt angår fossile brændsler til elproduktion er det samlede grundlag for kollektiv varme og el inkl. affald fordelt på varme hhv. el på baggrund af nuværende regler om fordeling af afgiftsgrundlag til varme på kraftvarmeværker. Fordelingen mellem el og varme vil afhænge af konkret model.

Kilde: Klimastatus og -fremskrivning 2021 og egne beregninger.

I tabel 2 er vist erhvervenes energiforbrug til deres produktionsprocesser opgjort på brændsler i 2030. Energiforbruget er baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021 og er ikke korrigeret for effekten af den højere kvotepris.

Tabel 2
Energiforbrug fordelt på brændselssammensætning for erhverv i 2030

| PJ | Kul | Olie | Gas ³ | Affald ³ | Biomasse | Bio-brændstoffer | Elektricitet | Fjernvarme | Overskudsvarme og omgivelsesvarme | I alt |
|--|-----|------|------------------|---------------------|----------|------------------|--------------|------------|-----------------------------------|-------------|
| Alm. proces | 0,1 | 1,6 | 22,1 | 0,7 | 2,8 | 0,2 | 5,4 | 1,2 | 3,7 | 37,9 |
| Landbrug og gartnerier, ekskl. landbrugsdiesel | 0,2 | 2,1 | 1,8 | 0,0 | 2,1 | 0,4 | 6,4 | 1,6 | 2,3 | 16,5 |
| Landbrugsdiesel | 0,0 | 7,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,7 |
| Mineralogiske processer mv. | 9,3 | 0,5 | 7,0 | 5,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 22,2 |
| Nordsø ¹ | 0,0 | 0,0 | 20,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,3 |
| Raffinaderier ¹ | 0,0 | 0,2 | 16,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,1 |
| Fiskere | 0,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,3 |
| Færger | 0,0 | 6,7 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,2 |
| Jernbane | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 4,2 |
| Fossile til elproduktion ² | 0,0 | 0,2 | 6,6 | 8,3 | 17,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,0 |
| Indenrigsflyvninger | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,3 |

Anm.: 1) Energiforbruget for Nordsøen og raffinaderier er opgjort inkl. flaring, som udgør 2,1 PJ hhv. 0,3 PJ gas. 2) For så vidt angår fossile brændsler til elproduktion er det samlede grundlag for kollektiv varme og el inkl. affald fordelt på varme hhv. el på baggrund af nuværende regler om fordeling af afgiftsgrundlag til varme på kraftvarmeværker. Fordelingen mellem el og varme vil afhænge af konkret model. 3) Gas og affald omfatter både fossilt og biogent brændsel. Energiforbruget i ovenstående tabel afviger fra energibalancen der kan findes på Energistyrelsens hjemmeside. For mineralogiske processer mv. skyldes afvigelsen blandt andet medtagelse af rumvarme i energibalancen. For fiskere skyldes forskellen, at der i energibalancen indgår diesel til fritidsfartøjer, hvilket ikke er medtaget i ovenstående. Forskellen i energiforbruget til indenrigsflyvninger og færger skyldes, at der her er medtaget sø- og luftfart til Grønland og Færøerne.
Kilde: Klimastatus og -fremskrivning 2021 og egne beregninger.

1.2. Form på efterspørgselskurven

I dette afsnit gennemgås de metodiske overvejelser bag antagelserne om formen på efterspørgselskurven for CO₂-udledninger.

Ved en stigning i CO₂-afgiften stiger prisen på et givent fossilt energiprodukt, fx olie eller naturgas. Derved falder forbruget af energiproduktet og CO₂-udledningen herfra. Forbruget af et givent energiprodukt, og dermed efterspørgselskurven, afhænger af tre led, der hver for sig afhænger af prisen på energiproduktet og de relative prisforhold til andre energiprodukter og produktionsfaktorer.

For eksempel er forbrug af olie bestemt som:

(1) Forbrug af olie = (Produktion af vare, hvortil der bruges energi) x (energiforbrug/produktion af vare, hvortil der bruges energi) x (olieforbrug/energiforbrug).

Forbrug af energiprodukter i ren form giver meget sjældent direkte nytte. Energi anvendes imidlertid sammen med andre produktionsfaktorer til at fremstille varer og tjenester, der giver nytte, eller som input til fremstilling af de egentlige varer og tjenester. Energi er på den måde ikke en tjeneste, men en produktionsfaktor.

Det første led, som er et udtryk for forbruget af en given vare eller tjeneste, peger i retning af en efterspørgselskurve, hvor forbruget af energi, her olie, aldrig bliver nul (Se fx Nordhaus, William D. "Do Real-Output and Real-Wage Measures Capture Reality? The History of Lighting Suggests not" NBER (1996)), idet forbruget af en vare sjældent ophører fuldstændig, selv ved meget høje priser.

For mange af de varer eller tjenester, der produceres ved at bruge energi, udgør udgiften til energi en mindre del af prisen. Der findes dog også varer og tjenester, som er meget energiintensive. Effekten via første led er således meget forskellig. Hvis priselasticiteten for en given vare er -1 , og energiomkostningerne isoleret set bidrager med 2 pct. af den samlede pris, er bidraget til elasticiteten fra første led $-0,02$. Udgør energiomkostningerne derimod 20 pct., er bidraget til elasticiteten fra første led $-0,2$ etc.

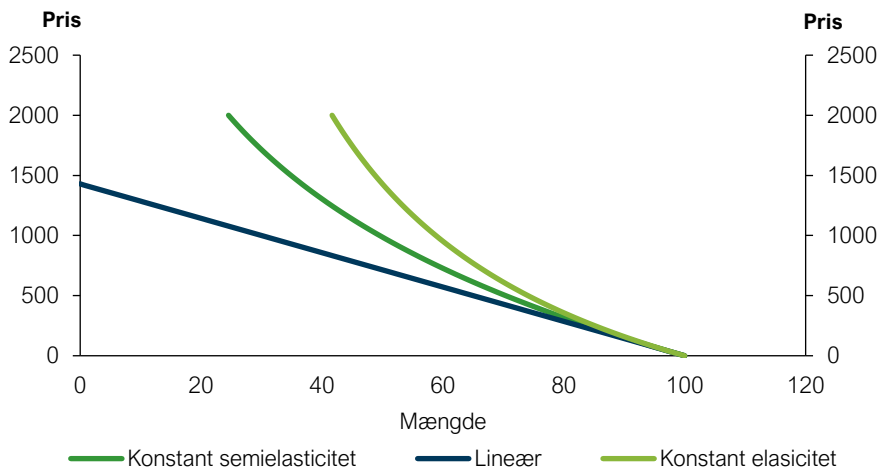
Det andet led, som er et udtryk for en given vare eller tjenestes energiintensitet (typisk substitution mellem energi og arbejdskraft eller substitution mellem energi og kapital), peger også i retning af en efterspørgselskurve, hvor forbruget af energi, her olie, ikke bliver nul, da anvendelsen af energi til en given vare eller tjeneste typisk vil være vanskelig at erstatte fuldt ud med andre produktionsfaktorer. Disse substituitionselasticiteter er meget vanskelige at estimere på aggregerede data, da energiintensitet varierer langt voldsommere end fx kapitalintensitet og arbejdskraftintensitet i produktionserhverv, hvor det gælder, at visse former for kapital er substitutter til energi, mens andre er komplementære.

Det tredje led, som er et udtryk for det konkrete energiprodukts andel af det samlede energiforbrug ("andelskurven"), peger i retning af en kurve, der ved en endelig pris bringer forbruget af det givne energiprodukt til ophør. Fx vil fossil olie kunne udskiftes med biobrændsler. Formen på "andelskurven" vil afhænge af prisforholdet mellem den anvendte type energi og substitutterne hertil. Andelskurven kan fx være en kurve, der har en stejl hældning ved en høj pris (hvor mange alt andet lige allerede har skiftet til alternativet, men for de sidste, skal der meget til) og tilsvarende ved en lav pris (hvor alternativerne alt andet lige i lav grad er konkurrencedygtige), mens hældningen vil være lille i det prisinterval, hvor prisen på fossilet og alternativerne for mange er omtrent ens.

Man kender reelt ikke formen på den egentlige efterspørgselskurve efter energi. I stedet for at efterspørgselskurven har konstant priselasticitet (isoelastisk) eller er lineær, vurderes det som et mere realistisk udgangspunkt, at den faktiske overordnede form på efterspørgselskurven ligger et sted imellem disse to kurver. Både efterspørgselskurven med konstant priselasticitet og den lineære efterspørgselskurve vurderes således at have egenskaber, som ikke er troværdige eller rimelige, ved større ændringer af priserne. Ved efterspørgselskurven med konstant priselasticitet vil værdien af energiforbruget som andel af det samlede forbrug kunne blive meget høj, hvis den konstante elasticitet er lav, og prisen bliver meget høj. Ved den lineære efterspørgselskurve kan der omvendt ske en meget hurtig udfasning af energiforbrug og dermed CO_2 -udledning. Derfor anvendes en efterspørgselskurve med konstant semielasticitet, *jf. figur 1*.

Effekten af afgiftsændringer vil ofte være estimeret inden for et mindre prisspænd, hvormed store afgiftsændringer typisk vil være uden for erfaringsgrundlaget. Ved mindre ændringer har valg af funktionel form endvidere mindre betydning, men ved større ændringer får den funktionelle form på efterspørgselskurven væsentlig betydning for de beregnede effekter. Det bidrager til usikkerhed i vurderingen af hvilken sats, der skal til for at nå en given CO₂-reduktion.

Figur 1. Tre typer af efterspørgselskurver



Kilde: Egne beregninger.

Efterspørgselskurven med konstant semielasticitet kan skrives som:

$$(1) Q = e^{-Z \times P + b}$$

Hvor Z er semielasticiteten, P er prisen, Q er mængden, og b er et konstantled. Ved en given mængde, Q_0 , kan mængden Q , ved en ændring af prisen fra P_0 til P findes ved:

$$(2) Q = Q_0 \times e^{-Z \cdot (P - P_0)}$$

Ved den anvendte efterspørgselskurve i første delrapport opgøres mængden (Q) og mængdeændringen (ΔQ) i mio. ton CO₂ og prisen (P) samt ændringen (ΔP) i kr./ton CO₂. Efterspørgselskurven er dermed ikke defineret i energienheder men i CO₂-enheder.

Ved at differentiere ligning (2) mht. P , kan følgende udtryk fås:

$$(3) Z = -\left(\frac{\Delta Q}{Q}\right) / \Delta P$$

En efterspørgselskurve med konstant semielasticitet (Z) er således karakteriseret ved, at en ændring af prisen med én enhed (ΔP) medfører samme procentvise ændring af mængden ($\frac{\Delta Q}{Q}$). Semielasticiteten (Z) udtrykker dermed den procentvise ændring i CO₂-udledningen ved en fast ændring i prisen pr. ton CO₂. Semielasticiteterne er imidlertid beregningsteknisk først opgjort i energienheder og dernæst omregnet til CO₂ via en emissionsfaktor, jf. afsnit 1.3.

Ligning (3) kan omskrives til:

$$(4) \Delta Q = -Z \times Q \times \Delta P$$

I et givent punkt (Q, P) på kurven svarer tangentens hældningskoefficient således til $-Z \times Q$. Leddet $Q \times \Delta P$ angiver det umiddelbare provenu i mio. kr. ved en given mængde CO₂ i mio. tons (Q) og en given afgiftsændring i kr./ton CO₂ (ΔP). Semielasticiteten (Z) kan således i et givent punkt (Q, P) omregnes til et antal mio. ton CO₂ pr. 100 mio. kr. provenu.

Priselasticiteten, som den konventionelt er defineret, dvs. procentvis mængdeændring over procentvis prisændring, kan findes ved at omskrive ligning (4):

$$(5) \varepsilon \equiv \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} = -P \times Z$$

Priselasticiteten (ε) for kurven er dermed ikke konstant, men er proportional med prisen og semielasticiteten (som er konstant). Det vil sige, at priselasticiteten (ε) stiger med stigende pris langs efterspørgselskurven med konstant semielasticitet. Det skyldes, at med efterspørgselskurven med konstant semielasticitet reduceres grundlaget med samme procentvise ændring pr. enhed ændring i prisen, jf. ovenfor. Men én enhed ændring i prisen udgør en mindre og mindre procentvis stigning i prisen. Det vil sige, at tælleren ($\frac{\Delta Q}{Q}$) i ligning (5) er den samme pr. enhed ændring i prisen, mens nævneren ($\frac{\Delta P}{P}$) bliver mindre og mindre.

Når der i det følgende omtales "priselasticitet", er der tale om konventionelt definerede priselasticiteter, jf. ligning (5).

1.3. Efterspørgslens prifølsomhed

Efterspørgslens prifølsomhed (hældningen på efterspørgselskurven) er bestemt af semielasticiteten (Z). Denne opdeles på parametrene:

- Den tekniske effekt (Z_t)
- Effekt på erhvervsstrukturen (Z_s)

Det vil sige, at formel (1), jf. afsnit 1.2., kan skrives som:

$$(6) Q = e^{-(Z_t + Z_s) \times P + b},$$

hvor $Z_t + Z_s = Z$.

Den tekniske effekt (Z_t) er omstilling af produktion via energieffektivisering samt omstilling fra anvendelse af fossile brændsler til VE eller el, fx via investering i varmepumpe og i nogle tilfælde også skift mellem fossile brændsler. Effekten på erhvervsstrukturen (Z_s) udgøres dels af grænsehandelseffekter, dels af forskydning af produktion fra CO₂-intensive virksomheder mod ikke-CO₂-intensive, herunder via udflytning af produktion.

I tabel 3 fremgår de anvendte semielasticiteter for de forskellige brancher, opdelt på den tekniske semielasticitet hhv. den strukturelle semielasticitet. Semielasticiteten varierer betydeligt mellem brancherne, herunder fordelingen på teknisk og

erhvervsstrukturel effekt.

Tabel 3
Semielasticiteter ved CO₂-afgift, som også omfatter procesudledninger fra mineralogiske processer mv.

| | Semielasticitet (Z = Z_t + Z_s) | heraf teknisk semielasticitet (Z _t) | heraf strukturel semielasticitet (Z _s) |
|---|--|--|---|
| - - Pct.vis ændring i CO ₂ ved en ændring af prisen med 1 kr./ton - - | | | |
| Alm. proces (kvote) | 0,10 | 0,07 | 0,03 |
| Alm. proces (ikke-kvote) | 0,10 | 0,07 | 0,03 |
| Landbrug mv. ekskl. landbrugsdiesel | 0,10 | 0,07 | 0,03 |
| Landbrugsdiesel | 0,02 | 0,02 | - |
| Gartnerier (kvote) | 0,10 | 0,07 | 0,03 |
| Gartnerier (ikke-kvote) | 0,10 | 0,07 | 0,03 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | 0,59 | 0,07 | 0,52 |
| Mineralogiske processer mv. (ikke-cement) | 0,13 | 0,04 | 0,09 |
| Nordsø | 0,05 | 0,04 | 0,01 |
| Raffinaderier | 0,15 | 0,05 | 0,10 |
| Fiskere | 0,09 | 0,03 | 0,06 |
| Færger | 0,05 | 0,03 | 0,02 |
| Jernbane | 0,02 | 0,02 | - |
| Fossile til elproduktion ¹ | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| Indenrigsflyvninger | 0,03 | 0,01 | 0,01 |

Anm: Semielasticiteterne er vist som positive tal, men afspejler et fald i CO₂-udledningen ved en stigning i prisen. Den samlede semielasticitet summer ikke nødvendigvis til summen af teknisk og strukturel semielasticitet pga. afrundinger. I beregningerne er anvendt semielasticiteter med flere decimaler. 1) Beregningsteknisk elasticitet, jf. tabel 5 og note til tabel 4.

Kilde: Egne beregninger.

Den samlede semielasticitet er højest for mineralogiske processer mv. (cement), hvor CO₂-grundlaget reduceres med ca. 0,59 pct., for hver kr./ton CO₂-afgiften forhøjes. Heraf tilskrives ca. 0,52 pct.-point struktureffekt, dvs. langt størstedelen, og ca. 0,07 pct.-point tilskrives teknisk effekt. Reduktionen på de ca. 0,59 pct. pr. 1 kr./ton afgiftsforhøjelse afspejler i et givent punkt på efterspørgselskurven, (Q,P), et fald i CO₂-udledningen på ca. 0,59 mio. tons pr. 100 mio. kr. umiddelbart provenu.

Den samlede semielasticitet er lavest for landbrugsdiesel og jernbane, hvor CO₂-grundlaget for hver af de to brancher reduceres med ca. 0,02 pct., når CO₂-afgiften forhøjes med 1 kr./ton CO₂. For begge brancher gælder, at hele reduktionen tilskrives teknisk effekt.

Semielasticiteterne er fastsat med udgangspunkt i Klimastatus og -fremskrivning

2021, herunder de bagvedliggende priser, dvs. før korrektion for den højere kvotepris. I de følgende afsnit er der yderligere redegjort for fastsættelsen af semielasticiteterne.

1.3.1. Samspil mellem teknisk effekt og struktureffekt

Den tekniske elasticitet hhv. elasticiteten vedr. strukturalpasning er i udgangspunktet opgjort som isolerede/marginale effekter. På marginalen gælder det, at CO₂-reduktioner kan dekomponeres til teknisk effekt og struktureffekt:

$$(7) \quad Q = \frac{Q}{Y} \cdot Y$$

$$(8) \quad \Rightarrow \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta Y}{Y} + \frac{\Delta(\frac{Q}{Y})}{\frac{Q}{Y}}$$

Ligning (7) angiver, at CO₂-udledningen (Q), kan opgøres som produktion (Y) ganget med CO₂-indholdet i en produceret enhed (Q/Y).

Ligning (7) kan omskrives til ligning (8), som angiver, at CO₂-reduktioner er en sum af struktureffekten ($\Delta Y/Y$), dvs. nedgang i produktion for givent CO₂-indhold pr. produceret enhed og den tekniske effekt ($\Delta(\frac{Q}{Y})/\frac{Q}{Y}$), dvs. nedgang i CO₂-indhold i en produceret enhed ved given produktion. Denne sammenhæng gælder uanset efterspørgselskurvens funktionelle form.

For meget små afgiftsstød vil de to effekter kunne sammenlægges, idet adfærdseffekterne vil være begrænsede og dermed også overlappet mellem den tekniske effekt og struktureffekten. For marginale afgiftsforhøjelser gælder endvidere, at belastningen efter adfærd stort set svarer til den umiddelbare belastning. Dels via de begrænsede adfærdseffekter, dels via omstillingsomkostningen forbundet med at ændre adfærd (fx investering i energieffektiviseringstiltag eller varmepumpe) – dvs. gevinsten ved at skifte adfærd er mindre end afgiftsbesparelsen, der opnås herved.

Ved større afgiftsstød vil der i udgangspunktet være et overlap. Virksomheder vil kunne undgå en andel af den umiddelbare omkostningsstigning via teknologisk omstilling (elektrificering, energieffektivisering mv.), hvormed der opstår et samspil mellem den tekniske og strukturelle virkning (tekniske omstillingsmuligheder, reducerer strukturelle virkninger). Omvendt kan det også siges, at strukturvirkninger reducerer effekten af teknisk omstilling (ved en reduktion af produktion, kan energiforbruget fra det reducerede forbrug ikke også omstilles).

Med efterspørgselskurven med den konstant semielastiske form tages der højde for dette samspil/overlap på den måde, at grundlaget (CO₂-udledningerne) gradvist reduceres som følge af marginale ændringer af prisen (fx via marginal afgiftsforhøjelse). Ved hver marginal stigning i prisen reduceres grundlaget som følge af dels den tekniske effekt, dels struktureffekten. Langs efterspørgselskurven med konstant semielasticitet fastholdes forholdet mellem teknisk semielasticitet og erhvervsstrukturel semielasticitet.

Der er ikke en "korrekt" metode til at opgøre den isolerede effekt af bidraget fra hhv. teknisk effekt og struktureffekt ved større ændringer. Det vil afhænge af rækkefølge (igen det kan ikke afgøres om der først konverteres til varmepumpe, og dernæst reduceres produktionen, eller om produktionen reduceres først, og derefter omstilles

det tilbageværende energiforbrug til varmepumpe). Ved opgørelse af den tekniske effekts andel af den samlede CO₂-effekt i Ekspertgruppens først delrapport er anvendt den tekniske semielasticitets andel af den samlede semielasticitet.

1.3.2. Teknisk effekt

Den tekniske effekt opdeles i to hovedkomponenter:

- a. *Energieffektivitet*
- b. *Skift fra fossile brændsler til VE eller el og skift mellem fossile brændsler*

Vurderingen af tekniske effekter baserer sig blandt andet på studiet Labandeira et al. (2017)², som er et metastudie af priselasticiteter knyttet til energiforbrug. Metastudiet er baseret på ca. 400 forskningsartikler, hvoraf nogle ser på det samlede energiforbrug og andre alene på en delmængde, fx olieforbruget. Valget af det pågældende metastudie skal ses i lyset af, at øvrige meta-studier primært har fokus på transportsektoren, hvorimod Labandeira et al. (2017) inkorporerer andre energityper såsom el og naturgas. Labandeira et al. (2017) finder en samlet priselasticitet for det samlede energiforbrug mht. energipriser på ca. -0,2 på kort sigt og ca. -0,6 på lang sigt.

Denne priselasticitet fanger i udgangspunktet alle reduktionsmuligheder (både tekniske og strukturelle), men det vurderes, at for fx olie følger langt størstedelen af brændselsprisvariationen i internationale studier af internationale fluktuationer i brændselspris (frem for nationale afgiftsstød). Da internationale prisændringer i højere grad kan overvælttes til forbrugerne end nationale afgiftsstød, indebærer det alt andet lige, at tidligere studier hovedsageligt fanger teknisk omstilling af produktion frem for erhvervsforskydning.

Ved fastsættelsen af de tekniske semielasticiteter tages der udgangspunkt i, at den vægtede effekt af energiafgifter fsva. tekniske effekter omtrent skal tilsvare den langsigtede priselasticitet fra Labandeira et al. (2017) på ca. -0,6, opgjort ved forventede priser i 2030 ekskl. afgift og kvote, jf. også senere. Da der er meget stor usikkerhed om denne langsigtede priselasticitet for det samlede energiforbrug samt store usikkerheder knyttet til at afstemme priselasticiteter for de forskellige afgiftsgrundlag med denne samlede priselasticitet, er det dog ikke lagt til grund, at den vægtede priselasticitet skal svare helt præcist til -0,6. Fastsættelsen af de tekniske semielasticiteter er således også foretaget på baggrund af vurderinger af tekniske omstillingsmuligheder og potentialer i de forskellige sektorer.

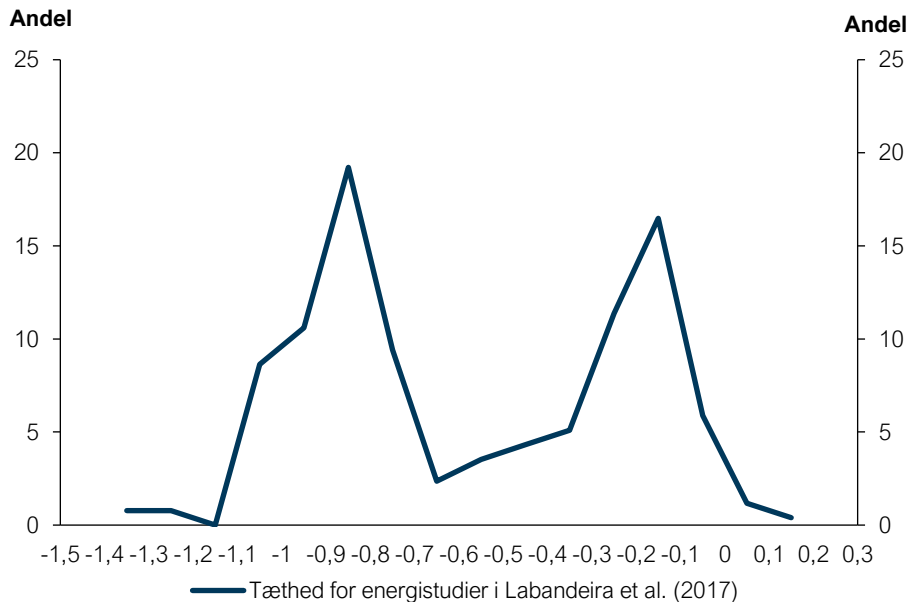
Det er lagt til grund, at langsigtselasticiteten gælder i 2030, men det er forbundet med usikkerhed, hvornår "kort" og "langt" sigt er, jf. afsnit 1.6.

De skønnede elasticiteter i de bagvedliggende studier, som ligger til grund for elasticiteten på de ca. -0,6 fra Labandeira et al. (2017), fordeler sig med to "pukler". Den første pukkel har et lokalt maksimum ved ca. -0,2, og den anden pukkel har et lokalt maksimum ved ca. -0,9, jf. figur 2. De to pukler vurderes i høj grad at kunne forklares af forskellige estimationsmetoder. Studierne bag elasticiteterne på omkring de -0,2 er således i stort omfang baseret på tidsrækkeanalyser, mens studierne koncentreret omkring de -0,9 i høj grad er baseret på tværsnitsanalyser. Det vægtede

² Labandeira, Xavier, José M. Labeaga, and Xiral López-Otero. "A meta-analysis on the price elasticity of energy demand." *Energy policy* 102 (2017): 549-568.

gennemsnit udgør ca. $-0,6$. Ved at tage udgangspunkt i gennemsnittet, når den anvendte samlede vægtede priselasticitet holdes op mod den langsigtede priselasticitet fra Labandeira et al. (2017), anvendes dermed oplysninger fra samtlige de studier, der ligger til grund for metastudiet.

Figur 2. Fordeling af elasticiteter i meta-studiet Labandeira et al. (2017)



Kilde: Data bag meta-studiet rekvireret fra Labandeira, Xavier og egne beregninger.

Elasticiteten på ca. $-0,6$ afspejler det samlede energiforbrug. For de enkelte brancher kan der afviges fra denne elasticitet, når branchespecifikke forhold tilsiger det. For eksempel vil der typisk være færre substitutionsmuligheder over mod VE for transport, hvorfor dette område vil have en lavere elasticitet. Når der er belæg for at afvige fra den generelle elasticitet på en mindre del af økonomien, vil der være andre områder, for hvilket at elasticiteterne vil skulle tilpasses for at ramme den overordnede effekt.

Når der ses på elasticiteter for fossile brændsler alene inden for forskellige brancher, kan der endvidere være krydspriselasticiteter mellem andre energiformer, som ikke vil være indeholdt i en elasticitet for det samlede energiforbrug. I Danmark anvendes således også langt mere VE end i andre lande, bl.a. via det høje afgiftsniveau, mens priserne på fossile brændsler i andre lande typisk ikke har været tilstrækkeligt høje til substitution mod VE. Det taler isoleret set for højere danske elasticiteter på fossile brændsler.

De konkrete branchespecifikke tekniske semielasticiteter, som er anvendt i Ekspertgruppens første delrapport, kan ses i *tabel 4* (samme som i *tabel 3*). Semielasticiteterne er opdelt på bidrag fra energieffektivisering, omstilling til el hhv. biomasse samt omstilling til andre fossile brændsler med lavere CO_2 -indhold. Denne fordeling er forbundet med stor usikkerhed. De angivne semielasticiteter i *tabel 4* gælder ved en CO_2 -afgift, som omfatter procesudledninger fra mineralogiske processer mv.

Tabel 4
Semielasticiteter for tekniske effekter ved CO₂-afgift, som også omfatter procesudledninger fra mineralogiske processer mv. samt priselasticitet ved priser inkl. afgift og kvote

| | Teknisk priselasticitet i alt (v. pris inkl. afgift og kvote) | Teknisk semielasticitet | heraf effektivisering | heraf omstilling til el | heraf omstilling til biomasse | heraf omstilling til andre fossile brændsler |
|--|--|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|--|
| -- Pct.vis ændring i CO ₂ ved en ændring af prisen med 1 kr./ton -- | | | | | | |
| Alm. proces (kvote) | 1,1 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - |
| Alm. proces (ikke-kvote) | 1,1 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - |
| Landbrug mv. ekskl. landbrugsdiesel | 1,1 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - |
| Landbrugsdiesel | 0,3 | 0,02 | 0,02 | - | - | - |
| Gartnerier (kvote) | 1,1 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - |
| Gartnerier (ikke-kvote) | 1,1 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - |
| Mineralogiske processer mv. (cement) ¹ | 0,3 | 0,07 | 0,04 | - | 0,02 | 0,01 |
| Mineralogiske processer mv. (ikke-cement) ¹ | 0,3 | 0,04 | 0,02 | - | 0,02 | - |
| Nordsø | 0,4 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | - | - |
| Raffinaderier | 0,5 | 0,05 | 0,03 | - | 0,02 | - |
| Fiskere | 0,4 | 0,03 | 0,03 | - | - | - |
| Færger | 0,4 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | - | +0,00 |
| Jernbane | 0,3 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | - | - |
| Fossile til elproduktion ² | 0,6 | 0,02 | | | | |
| Indenrigsflyvninger | 0,2 | 0,01 | 0,01 | - | - | - |
| I alt | 0,6 | 0,05 | | | | |

Anm.: Elasticiteterne og semielasticiteterne er vist som positive tal, men afspejler et fald i CO₂-udledningen ved en stigning i prisen. Den samlede tekniske semielasticitet summer ikke nødvendigvis til summen af de enkelte del-semielasticiteter pga. afrundinger. I beregningerne er anvendt semielasticiteter med flere decimaler. Prisene lagt til grund for beregningen af priselasticiteterne er baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021, ligesom kvoteprisen, og opgjort i 2021-priser. Der er taget udgangspunkt i gældende afgifter inkl. forhøjelsen på de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform. Almindelig proces, landbrug (bortset fra landbrugsdiesel) og gartnerier er set under ét, og ved omregning af semielasticitet til priselasticitet er anvendt en gennemsnitlig pris for disse brancher. 1) Ved afgift på både brændselsrelaterede udledninger samt procesudledninger fra mineralogiske processer mv. Lægges alene en afgift på fx de brændselsrelaterede udledninger vil semielasticiteterne være anderledes. Punktelasticiteten er beregnet på baggrund af en pris som udgør et vægtet gennemsnit af prisen på procesudledningerne (kvoteprisen) og prisen på de brændselsrelaterede udledninger. 2) Der er for fossile brændsler til elproduktion taget udgangspunkt i en samlet konventionel priselasticitet på -1 (dvs. tekniske effekter og struktureffekter, som er antaget at fordele sig ligeligt) ved en energif afgift, som er omregnet til en semielasticitet i energienheder ved en forudsat pris på 85 kr./GJ (elproducenternes afsætningspris), baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021. Dermed er der anvendt en semielasticitet på -1,18 opgjort i energienheder (1/85 x 100), som igen er omregnet til en samlet semielasticitet på ca. 0,05 opgjort i CO₂-udledningsenheder. Ved omregning fra energienheder til CO₂-enheder, er der forudsat et højere CO₂-indhold i det reducerede energiforbrug til elproduktion ved en CO₂-afgift end ved en energif afgift. Det kan forklare, at punktelasticiteten for teknisk effekt, som angivet i tabel 4, på -0,6 er højere end -0,5 (punktelasticiteten for teknisk effekt ved energif afgift). Elasticiteten for fossile brændsler til elproduktion er en beregningsteknisk elasticitet, som igen beregningsteknisk er ligeligt fordelt mellem teknisk effekt og struktureffekt. Den faktiske effekt vil bl.a. afhænge af effekterne på affald, hvor virkemidlerne endnu ikke er endelig fastlagt, jf. afsnit 4. Den anvendte beregningstekniske effekt kan potentielt afvige meget fra en effekt baseret på en nærmere analyse.

Kilde: Egne beregninger.

Den tekniske semielasticitet er højest for cement, almindelig proces samt landbruget (ekskl. landbrugsdiesel) og gartnerier efterfulgt af raffinaderierne. Dvs. der forventes her at ske den største CO₂-reduktion pr. afgiftskrone via teknisk omstilling. Omvendt forventes teknisk omstilling i mindst grad at ske for bl.a. landbrugsdiesel, indenrigsflyvninger og jernbane. Generelt er den samlede tekniske elasticitet højere i

sektorer, hvor der anvendes energi til at lave varme, end på områder hvor der anvendes motorer. De højere elasticiteter på varmeområdet skyldes dels, at der vurderes at være bedre mulighed for omstilling til el og biomasse, dels at der kan være bedre mulighed for effektiviseringer, fx via udnyttelse af intern overskudsvarme.

Rent beregningsteknisk er semielasticiteterne først opgjort som ændring i energiforbrug ved en ændring af energiprisen og derefter omregnet til ændring i CO₂-udledning ved en ændring af prisen på CO₂ på baggrund af et forudsat CO₂-indhold i det energiforbrug som påvirkes og evt. procesudledninger. Opgjort i energienheder er semielasticiteten vedr. effektivisering for jernbane og indenrigsfly fx ens, men lidt forskellig opgjort i CO₂-enheder pga. forudsat forskelligt CO₂-indhold.

Endvidere fremgår af *tabel 4* de beregnede priselasticiteter, som gælder i punktet ved forventet grundlag og skønnede priser inkl. afgift og kvote i 2030. Det vil sige, at det er priselasticiteter, som gælder ved en marginal forhøjelse af prisen i forhold til det forventede udgangspunkt i 2030, før korrektion for højere kvotepris. Der er taget udgangspunkt i priser baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021, herunder kvoteprisen. Som illustreret i ligning (5) i *afsnit 1.2* kan semielasticiteterne omregnes til priselasticiteter i et konkret punkt på efterspørgselskurven (Q,P) på baggrund af prisen i det givne punkt. Der er redegjort for denne omregning senere i afsnittet.

Elasticiteterne, og dermed effekterne på CO₂-udledningerne, må forventes at være anderledes ved en energiafgift end ved en afgift på CO₂-udledninger, som ikke omfatter procesudledninger. Ved en energiafgift forventes ikke skift mellem fossile brændsler. Det fossile energiforbrug, som reduceres indenfor en branche, kan endvidere have et lavere gennemsnitligt CO₂-indhold ved en energiafgift end ved en CO₂-afgift, fordi en ensartet energiafgift giver samme afgift på alle fossile brændsler i kr./GJ, mens en ensartet CO₂-afgift giver den relativt højeste afgift på de mest CO₂-holdige brændsler i kr./GJ. I mange af brancherne er imidlertid ét fossilt brændsel dominerende, hvorfor der ikke er forudsat en markant forskel på en energiafgift hhv. CO₂-afgift. Ved en energiafgift vil procesudledninger fra mineralogiske processer mv. endvidere ikke blive afgiftsbelagt.

Med de anførte beregningsantagelser, er det ved en CO₂-afgift, inkl. procesudledninger for mineralogiske processer mv., lagt til grund, at der vil ske et skifte mod fossile brændsler for færger og cement. For almindelig proces, landbrug ekskl. landbrugsdiesel og gartnerier samt for fossile brændsler til elproduktion er der forudsat et højere CO₂-indhold i det reducerede energiforbrug end ved en energiafgift, via at fossile brændsler med det højeste CO₂-indhold får den største afgiftsstigning. Den største forskel på en energiafgift og en CO₂-afgift, inkl. procesudledninger for mineralogiske processer mv., vedrører imidlertid mineralogiske processer mv., idet procesudledningerne udgør en stor andel af udledningerne.

I *tabel 5* er meget kort redegjort for, hvad der ligger til grund for fastsættelsen af semielasticiteterne.

Afstemning af de tekniske semielasticiteter til samlet vægtet priselasticitet (makropriselasticitet)

Med de anvendte semielasticiteter udgør den samlede vægtede priselasticitet (eller "makropriselasticiteten") ca. -0,5, opgjort ved forventede priser i 2030 ekskl. afgift og kvote. Dermed ligger den lidt under estimatet fra Labandeira et al. (2017) på -0,6.

Tabel 5
Semielasticiteter samt priselasticiteter for tekniske effekter for erhverv ved energiafgift som anvendt ved beregning af samlet vægtet priselasticitet (makropriselasticiteten)

| | Teknisk semielasticitet (pct.vis ændring i PJ ved en ændring af prisen med 1 kr./GJ) | Priselasticitet (v. skønnet pris før afgift og kvote) | Baggrund for elasticitet ved CO₂-afgift |
|---|---|--|--|
| Alm. proces (kvote og ikke-kvote) | 1,20 | 0,7 | Gas bruges i stort omfang, og andre fossile brændsler kun i begrænset omfang. Derfor forventes ikke skift mellem fossile brændsler. Der forventes samlet set et relativt stort skifte mod biomasse og varmepumper, idet der anvendes energi til at lave varme. For mange virksomheder vil biomasse eller varmepumpe formentlig være et konkurrencedygtigt alternativ, også uden en afgiftsforhøjelse. Fordelingen mellem omstilling til biomasse hhv. varmepumpe er meget usikker. Der forventes endvidere at være et effektiviseringspotentiale, bl.a. via udnyttelse af intern overskudsvarme. |
| Landbrug mv. ekskl. landbrugsdiesel | 1,20 | 0,7 | Samme som almindelig proces, da der i høj grad er tale om samme type af energiforbrug. |
| Landbrugsdiesel | 0,25 | 0,3 | Der forventes ikke at ske skifte til VE-brændsel før ved meget høje afgiftsniveauer. Endvidere forekommer skift fra diesel til andet fossilt brændsel ikke sandsynligt. Ved en isoleret dansk afgift forventes endvidere relativt begrænsede effektiviseringer, da markedet ikke er tilstrækkeligt stort til at traktorproducenter mv. vil have tilskyndelse til at udvikle mere brændstofeffektive motorer. Effektivisering kan således bestå i fx bedre tilpasning af traktorstørrelse ift. behov og lavere energiforbrug ved givent antal hestekræfter. |
| Gartnerier (kvote og ikke-kvote) | 1,20 | 0,7 | — Samme som almindelig proces, da der i høj grad er tale om samme type af energiforbrug. |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | 0,77 | 0,1 | Der anvendes en blanding af kul, petrokoks og affald. Der forventes at kunne ske et skifte fra petrokoks og kul mod gas samt til biomasse. Kombinationer af brændselspriser, CO ₂ -kvotepriser og afgifter mv. afgør, i hvilket omfang det er fordelagtigt at skifte til hhv. gas og biomasse. Skift til varmepumpe vurderes ikke relevant, da der er tale om direkte fyring ved meget høje temperaturer. Der forventes at være et forholdsvis stort effektiviseringspotentiale, baseret på bl.a. sammenligninger med energiforbruget på cementfabrikker i udlandet. Endvidere forventes der at kunne ske en reduktion af calciumoxid i cementen (som bestemmer procesudledningerne), bl.a. via reduktion af klinkerandelen, som erstattes af kalcineret ler. |
| Mineralogiske processer mv. (ikke-cement) | 0,67 | 0,3 | Der anvendes i høj grad gas, og der forventes derfor ikke skift til andre fossile brændsler i modsætning til cement. Der forventes at ske effektivisering samt skift til biomasse. |
| Nordsø | 0,70 | 0,3 | Der anvendes gas til at drive turbiner, hvorfor der ikke forventes skift til VE-brændsler. Det vurderes endvidere, at effektiviseringspotentialet er af mindre størrelsesorden, ligesom reduktion af flaring. Den største tekniske effekt forventes at være en omstilling til el. Størrelsesordenen heraf er skønnet bl.a. på baggrund af norske erfaringer, hvor der dog |

| | | | |
|--------------------------|-------------|------------|---|
| | | | forventes lavere skifte til el end i Norge, da effekt af kvoter synes at have været begrænset i Nordsøen, de danske felter ligger længere fra land, er mindre og har kortere forventet restlevetid. |
| Raffinaderier | 0,83 | 0,3 | Der anvendes i høj grad gas, og der forventes ikke skift til andre fossile brændsler. Der er lagt forholdsvis højt effektiviseringspotentiale til grund. Endvidere indgår et skift til biomasse. |
| Fiskere | 0,40 | 0,4 | Substitution fra diesel til andre fossile brændsler forekommer ikke sandsynligt. Brændselsskifte til VE-brændsler forventes først at ske ved meget store afgiftsforhøjelser. Derfor forventes alene effektiviseringspotentiale. |
| Færger | 0,40 | 0,4 | Brændselsskifte til VE-brændsler forventes først at ske ved meget store afgiftsforhøjelser. Der kan ske et skifte fra diesel mod el, ligesom der kan ske skift mod gas. Hertil kommer et effektiviseringspotentiale. |
| Jernbane | 0,30 | 0,3 | Brændselsskifte fra diesel til VE-brændsler forventes først at ske ved meget store afgiftsforhøjelser. Skift til andet fossilt brændsel vurderes ikke relevant. Selv ved mindre afgiftsforhøjelser forventes at kunne ske et vist skifte til el. Fra i dag frem mod 2030 forventes således også elektrificering af visse strækninger. Hertil kommer begrænset effektiviseringspotentiale. |
| Fossile til elproduktion | 0,59 | 0,4 | Der er taget udgangspunkt i en samlet konventionel priselasticitet på -1 (tekniske effekter og struktureffekter) ved energiafgift, som er omregnet til en semielasticitet i energienheder ved en forudsat pris på 85 kr./GJ (el-producenternes afsætningspris), baseret på Klimastatus- og fremskrivning 2021. Dermed er der anvendt en semielasticitet på -1,18 opgjort i energienheder ($1/85 \times 100$), som igen er omregnet til en semielasticitet på ca. 0,05 opgjort i CO ₂ -udledningsenheder på baggrund af et forudsat CO ₂ -indhold pr. GJ. Dette er en beregningsteknisk semielasticitet, som igen beregningsteknisk er ligeligt fordelt mellem teknisk effekt og struktureffekt, dvs. den tekniske semielasticitet udgør 0,59 opgjort i energienheder ($-1,18/2$). Den faktiske effekt vil bl.a. afhænge af effekterne på affald, hvor virkemidlerne endnu ikke er endelig fastlagt, jf. afsnit 4. Den anvendte beregningstekniske effekt kan potentielt afvige meget fra en effekt baseret på en nærmere analyse. |
| Indenrigsflyvninger | 0,20 | 0,2 | Brændselsskifte fra jetfuel til VE-brændsler forventes først at ske ved meget store afgiftsforhøjelser. Skift til andet fossilt brændsel vurderes ikke relevant. Der forventes at være et begrænset effektiviseringspotentiale. |
| I alt | 0,76 | 0,4 | |

Anm.: Elasticiteterne og semielasticiteterne er vist som positive tal, men afspejler et fald i CO₂-udledningen ved en stigning i prisen. Prisene lagt til grund for beregningen af elasticiteterne er baseret på Klimastatus- og fremskrivning 2021, ligesom kvoteprisen. Der er taget udgangspunkt i gældende afgifter inkl. forhøjelsen på de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform. Priser er 2021-priser.

Kilde: Egne beregninger.

Ved afstemning af de branchespecifikke tekniske semielasticiteter til den samlede vægtede priselasticitet (makropriselasticiteten) er taget udgangspunkt i semielasticiteter ved forhøjelse af energiafgift og ikke CO₂-afgift. Det skyldes, at de studier der ligger til grund for metastudiet af Labandeira et. al (2017), vurderes at se på stigninger i energipriser. Dermed vurderes en afstemning baseret på semielasticiteter ved ændring af energiafgift bedst at afspejle den samlede makropriselasticitet. I *tabel 5* er de tekniske semielasticiteter, som ligger til grund for afstemningen, opgjort i energienheder. De afspejler semielasticiteterne opgjort i CO₂-udledningsenheder, dog er

de for cement og færger lavere end i *tabel 4*, da der ved en energiafgift ikke er skift mellem fossile brændsler, ligesom de for mineralogiske processer mv. afviger, da procesudledningerne ikke omfattes af energiafgift.

I *tabel 5* er de tekniske semielasticiteter opgjort i energienheder endvidere omregnet til en priselasticitet. Priselasticiteten er opgjort på baggrund af en skønnet pris ekskl. afgifter og kvote til forskel fra *tabel 4*. Det skyldes, jf. ovenfor, at makropriselasticiteten er opgjort på baggrund af priser ekskl. afgifter og kvoter. I *boks 1* er redegjort for omregningen fra semielasticiteten til priselasticitet, samt afstemning af semielasticiteterne til den samlede makropriselasticitet på ca. -0,5.

Ud over ovenstående semielasticiteter for erhverv indgår semielasticiteter for individuel og kollektiv rumvarme samt teknisk olie i beregningen af den samlede vægtede priselasticitet (makropriselasticiteten), jf. *tabel 6*.

Tabel 6
Semielasticiteter og priselasticiteter for tekniske effekter for individuel og kollektiv rumvarme samt teknisk olie ved energiafgift

| | Teknisk semielasticitet (pct.vis ændring i PJ ved en ændring af prisen med 1 kr./GJ) | Priselasticitet (v. skønnet pris før afgift og kvote) | Priselasticitet (v. skønnet pris inkl. afgift og kvote) |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Individuel rumvarme | 1,0 | 0,8 | 1,5 |
| Kollektiv rumvarme ¹ | 0,9 | 0,4 | 1,0 |
| Teknisk olie ² | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Erhverv i alt, jf. <i>tabel 5</i> | 0,8 | 0,4 | 0,6 |
| I alt (makroelasticitet) | 0,8 | 0,5 | 0,7 |

Anm.: Elasticiteterne og semielasticiteterne er vist som positive tal, men afspejler et fald i CO₂-udledningen ved en stigning i prisen. Priserne lagt til grund for beregningen af elasticiteterne er baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021, ligesom kvoteprisen. Der er taget udgangspunkt i gældende afgifter. Priser er 2021-priser. 1) Der er for kollektiv rumvarme taget udgangspunkt i en konventionel priselasticitet på -1 ved en energiafgift, som er omregnet til en semielasticitet ved en forudsat pris på 110 kr./GJ, baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021. Dermed er der anvendt en semielasticitet på 0,9 opgjort i energienheder (1/110 x 100). Dette er en beregningsteknisk elasticitet. Effekten forventes alene at være teknisk effekt, dvs. ingen struktureffekt. Den faktiske effekt vil bl.a. afhænge af effekterne på affald, hvor virkemidlene endnu ikke er endelig fastlagt, jf. *afsnit 4*. Den anvendte beregningstekniske elasticitet kan potentielt afvige meget fra en effekt baseret på en nærmere analyse. 2) Teknisk olie er olieforbrug til ikke-energiformal. Det omfatter bitumen, som bl.a. anvendes til asfalt, smøreløser og samt terpentin.

Kilde: Egne beregninger.

Givet den store usikkerhed om de tekniske elasticiteter, herunder niveauet for den samlede makropriselasticitet, er der i senere afsnit illustreret følsomhed, hvor de anvendte tekniske elasticiteter øges hhv. reduceres med 70 pct. Det afspejler tilnærmelsesvis, at den samlede anvendte makropriselasticitet på ca. -0,5 sænkes til -0,2 hhv. øges til -0,9, som udgør de to pukler ift. elasticiteten på de ca. -0,6 fra Labandeira et al. (2017), jf. *figur 2*.

Boks 1

Omregning fra semielasticiteter til priselasticiteter samt afstemning af priselasticiteter for de forskellige brancher med elasticitet for det samlede energiforbrug

Omregning fra semielasticitet til priselasticitet

Semielasticiteten omregnet til PJ pr. 100 mio. kr. i et givent punkt (Q,P) kan i samme punkt omregnes til en konventionel priselasticitet på baggrund af formlen angivet i *afsnit 1.2*:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q}{Q} / \frac{\Delta P}{P} = -P \times Z$$

Ud over semielasticiteten (Z) indgår prisen (P) i beregningen af priselasticiteten.

Tages der fx udgangspunkt i semielasticiteten for almindelig proces og landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) på 1,20 PJ pr. 100 mio. kr., *jf. tabel 5*, svarer denne til en priselasticitet på ca. -0,7 ved den forventede danske pris på deres fossile energiforbrug i 2030 ekskl. afgifter og kvoter på i runde tal skønnet gennemsnitligt ca. 60 kr./GJ:

$$\varepsilon = -P \times Z = -60 \frac{\text{kr.}}{\text{GJ}} \times 1,2 \frac{\text{PJ}}{100 \text{ mio.kr.}} = -60 \frac{\text{mio. kr.}}{\text{PJ}} \times 1,2 \frac{\text{PJ}}{100 \text{ mio.kr.}} = -60 \times 1,2 \frac{1}{100} = -0,7$$

Opgøres priselasticiteten alternativt på baggrund af den forventede pris inkl. afgifter og kvoter i 2030 på groft skønnet gennemsnitligt ca. 85 kr./GJ, vil semielasticiteten svare til en priselasticitet på ca. -1,0 (beregnet som $-(85 \times 1,20/100)$).

Afstemning af de tekniske semielasticiteter til samlet vægтет priselasticitet (makropriselasticitet)

Når de branchespecifikke semielasticiteter afstemmes til den samlede vægtede priselasticitet (makropriselasticiteten), anvendes der en pris ekskl. afgifter og kvoter. Det skyldes, at priselasticiteten på ca. -0,6 for det samlede energiforbrug, *jf. Labandeira et al. (2017)*, er fundet ved priser, der typisk er lavere end de danske, *jf. at Danmark har særligt høje afgifter*, og nu kvoteomkostninger, sammenlignet med lande i almindelighed, herunder USA og Asien mv.

Derfor opgøres den samlede vægtede priselasticitet (makropriselasticiteten) på baggrund af skøn for de danske priser uden afgift og kvote, som approksimation for internationalt prisniveau i de sidste 25 eller 50 år. Dette er forbundet med usikkerhed.

I beregningen af det vægtede gennemsnit for det samlede energiforbrug (makropriselasticiteten) indgår semielasticiteterne for erhverv, *jf. tabel 5*. Herudover indgår semielasticiteter for rumvarme og teknisk olie, *jf. tabel 6*. Der indgår ikke semielasticiteter for transport, ud over den transport som indgår under erhverv, *jf. tabel 5*. I Labandeira et al. (2017) er de -0,6 derimod opgjort inklusiv priselasticiteter fra transport.

Afstemningen foretages endvidere ved det forventede grundlag i 2030. Der er anvendt grundlag før korrektion for den højere kvotepris, dvs. grundlaget fra Klimastatus og -fremskrivning 2021, konsistent med, at der tages udgangspunkt i priser fra Klimastatus og -fremskrivning 2021, ligesom semielasticiteterne er fastsat med udgangspunkt i Klimastatus og -fremskrivning 2021. Dette grundlag afspejler alt andet lige det relativt høje danske prisniveau inkl. afgifter og kvote. Dermed afspejler det ikke grundlagets størrelse eller sammensætning på de forskellige områder, som ville være gældende uden afgifter og kvoter (dvs. det approksimerede grundlag ved internationale priser), hvilket udgør en yderligere usikkerhed.

Konkret beregnes det vægtede gennemsnit for det samlede energiforbrug (makropriselasticiteten, som er procentvis mængdeændring over procentvis prisændring) ved en ændring af afgiften med 1 kr./GJ for alle sektorerne. Den samlede mængdeændring opgøres pba. de tekniske semielasticiteter. Denne holdes op imod det samlede grundlag, for at finde den procentvis mængdeændring. Den samlede prisændring svarer til det umiddelbare provenu. Denne holdes op mod den samlede værdi af grundlaget (pris x grundlag for hver sektor), for at finde den procentvise prisændring.

Med de anvendte branchespecifikke semielasticiteter og forudsætninger om priser udgør det vægtede gennemsnit for det samlede energiforbrug (makropriselasticiteten) ca. -0,5.

Med den konstant semielastiske kurve tillades ikke en fuld teknisk omstilling til VE og/eller el. Det vil sige, at det fossile grundlag og CO₂-udledningerne ikke kan reduceres til nul. Der må imidlertid forventes at være en "bagstopperteknologi", dvs. en teknologi som fører til et fuldt skifte fra fossilt brændsel til denne teknologi. Det kan for de mobile kilder, som landbrugets traktorer mv., indenrigsfly og fiskere, være i form af fx PtX-produkter eller HVO-biodiesel, og for de stationære anlæg i fx almindelig proces, hvor der anvendes energi til at producere varme, være omstilling til direkte el.

Bagstopperteknologierne forventes først at blive rentable ved meget høje afgiftsniveauer og dermed ved meget høje satser for CO₂-afgiften. Hvornår bagstopperteknologien træder ind - dvs. ved hvilken afgiftsforhøjelse der påbegyndes et skifte til denne teknologi - vil alt andet lige variere mellem de forskellige brancher, afhængig af hvilken teknologi der er bagstopperteknologi, fremtidige prisforhold, afgifter på branchens brændsler mv. Der er meget stor usikkerhed om de fremtidige prisforhold. Samtidig må det forventes at variere mellem virksomheder mv., hvornår bagstopperteknologien bliver rentabel. Derfor vil en modellering af bagstopperteknologiens udfasning af fossilt brændsel alt andet lige være over et interval.

Der er i første delrapport ikke taget højde for sådanne teknologier – dog er der for cement mulighed for CCS, *jf. afsnit 2*. Det er lagt til grund, at CCS for cement indtræder ved et afgiftsniveau på 600 kr./ton CO₂ og udfaser herfra lineært 90 pct. af det resterende grundlag indtil et afgiftsniveau på 700 kr./ton^{3,4}. Den erhvervsstrukturelle effekt er forudsat at virke sammen med den tekniske effekt⁵.

Med den anvendte tilgang for fastsættelse af tekniske effekter tages der udgangspunkt i en top-down tilgang med empiriske sammenhænge mellem priser og forbrug af energi, kombineret med en antagelse om efterspørgselskurvens funktionelle form. Der findes imidlertid ikke empiriske analyser af disse sammenhænge (elasticiteter) for de konkrete danske afgiftsgrundlag. Ved fastsættelse af semielasticiteterne på brancheniveau tages der derfor også afsæt i vurderinger af de enkelte branchers relevante teknologier og brændsler samt effektiviseringsmuligheder, og der er set på de forventede prisforhold mellem de forskellige teknologier (bottom-up vurderinger). Der er imidlertid meget stor usikkerhed om de faktiske prisforhold mellem teknologierne fremadrettet, og hermed ved hvilket afgiftsniveau en given teknologi bliver rentabel. Tilsvarende vil det variere mellem virksomheder, hvornår et givent tiltag bliver rentabelt på grund af individuelle forhold, og virksomhederne har forskellige forventninger til de fremtidige prisforhold mv. Derfor afspejles disse vurderinger ikke i såkaldte Marginal Abatement Costs (MAC) kurver, men "udglattes" via efterspørgselskurvens funktionelle form og afspejles i hældningen på efterspørgselskurven. Semielasticiteterne skal dermed også i et vist omfang tolkes som sandsynligheder for omstilling. Det gælder

³ Ved en kvotepris på ca. 750 kr./ton CO₂ i 2030, afspejler det et forudsat omkostningsniveau for CCS for cement på mellem 1.350 og 1.450 kr./ton CO₂, *jf. afsnit 2*.

⁴ Det er antaget, at der ved CCS/BECCS opfanges 90 pct. af en given mængde CO₂-udledninger, idet en andel af CO₂ siver ud i processen, *jf. afsnit 2*.

⁵ Ved afgiftsniveauer på mere end 600 kr./ton bliver den tekniske effekt lineær, mens struktureffekten er konstant semielastisk. Den samlede efterspørgselskurve bliver dermed en blanding af en lineær kurve og en kurve med konstant semielasticitet. I de tilfælde, hvor bagstopperen er relevant – dvs. i modeller, hvor afgiften på cement er højere end 600 kr./ton, hvilket alene gør sig gældende for modeller med bundfradrag, approksimeres efterspørgselskurven fra de 600 kr./ton til en stykvis lineær kurve. Der anvendes "stykker"/intervaller på 10 kr./ton, hvilket indebærer, at approksimationen er meget tæt på den ikke-approksimerede kurve.

fx for semielasticiteten vedr. omstilling til el i Nordsøen, som indebærer, at selv en begrænset afgiftsforhøjelse vil give anledning til en begrænset omstilling til el. En omstilling til el vil dog nok snarere ske i større "ryk". Dermed kan de tekniske effekter estimeret i første delrapport alt andet lige afvige fra estimater baseret på en tilgang som i højere grad baserer sig på anvendelsen af MAC-kurver. Særligt ved større afgiftsændringer kan de forskellige tilgange medføre substantielle forskelle i resultater. Jf. tidligere er der uanset metodevalg meget stor usikkerhed forbundet med de beregnede effekter, da store afgiftsændringer ligger langt ud over erfaringsgrundlaget.

1.3.3. Effekt på erhvervsstrukturen

Struktureffekten udgøres overordnet af følgende effekter:

- a. *Øget grænsehandel*
- b. *Forskydning af produktion fra CO₂-intensive virksomheder mod ikke-CO₂-intensive, herunder udflytning af produktion*

De anvendte semielasticiteter fsva. struktureffekten er vist i *tabel 7* (samme som i *tabel 3*). Endvidere er kort beskrevet hvilken metode, der er anvendt for opgørelse af struktureffekten. For så vidt angår effekten fra forskydning af produktion, jf. punkt b. ovenfor, er der i udgangspunktet anvendt en metode, hvor afgiftsbelastningen er holdt op imod BFI. For nogle områder er der afvejet fra denne generelle metode. Det gælder fx fiskeri samt Nordsøen, hvor der må forventes at være intramarginal indtjening (ressourcerente), hvorfor der her er anvendt alt andet lige lavere semielasticiteter. Det gælder fx også landbrugsdiesel, hvor en afgift først og fremmest forventes nedvæltet i lavere grundværdier, og indenrigsfly hvor der ikke er tale om international konkurrence.

Den strukturelle semielasticitet er markant større for cement end for de øvrige brancher, hvilket kan tilskrives branchens høje CO₂-intensitet holdt op imod BFI. Semielasticiteterne for mineralogiske processer mv. (ikke- cement) og raffinaderier er på tilsvarende vis også relativt høje, mens der for jernbane og landbrugsdiesel ikke er forudsat struktureffekter.

Endvidere fremgår af *tabel 7* de beregnede priselasticiteter, som gælder i punktet ved forventet grundlag og skønnede priser inkl. afgift og kvote i 2030. Det vil sige, at det er priselasticiteter, som gælder ved en marginal forhøjelse af prisen i forhold til det forventede udgangspunkt i 2030, før korrektion for højere kvotepris. Der er taget udgangspunkt i priser baseret på Klimastatus- og fremskrivning 2021, herunder kvoteprisen.

Tabel 7
Semielasticiteter for struktureffekter samt priselasticitet ved pris inkl. afgift og kvote

| | Pris- elasticitet (v. pris inkl. afgift og kvote) | Semielasticitet (Pct.vis ændring i CO ₂ ved en ændring af prisen med 1 kr./ton) | Beregningsmetode |
|--|--|--|--|
| Alm. proces (kvote og ikke-kvote) | 0,4 | 0,03 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. Almindelig proces, landbrug (bortset fra landbrugsdiesel) og gartnerier er set under ét, hvorfor semielasticiteten er den samme. |
| Landbrug mv. ekskl. landbrugsdiesel | 0,4 | 0,03 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. |
| Landbrugsdiesel | - | - | En øget afgiftsbelastning på fx 100 mio. kr. er formentlig under 1 pct. af værdien af markbrug opgjort som BFI med EU-tilskud. Grundrenten i landbruget er ca. 10 mia. kr. ved ca. 4.000 kr./ha. Der kan derfor ikke forventes nogen større ændring i erhvervsstruktur for afgiften, der hovedsageligt væltes ned i lavere grundværdier. |
| Gartnerier (kvote og ikke-kvote) | 0,4 | 0,03 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. |
| Mineralogiske processer mv. (cement) ¹ | 2,4 | 0,52 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. |
| Mineralogiske processer mv. (ikke-cement) ¹ | 0,8 | 0,09 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. |
| Nordsø | 0,1 | 0,01 | Afgiftsbelastning divideret med samlede produktionsomkostninger ganget med elasticitet på -1. Der er anvendt en lavere elasticitet end svarende til afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2, idet der for Nordsøen vurderes at være intramarginal indtjening (ressourcerente). |
| Raffinaderier | 1,0 | 0,10 | Afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2. |
| Fiskere | 0,8 | 0,06 | Effekt udgøres af grænsehandelseffekt samt effekt som følge af nedgang i fiskeri. Grænsehandelseffekten må forventes at udgøre hovedparten af effekten. Fsva. nedgang i fiskeri forventes en lavere elasticitet end svarende til afgiftsbelastning divideret med BFI ganget med elasticitet på -2, idet alene en del af afgiften belaster danske fiskere. Hertil kommer, at fiskeriet er reguleret af kvoter, hvorfor en del af tilpasningen må forventes at ske via kvoteprisen frem for aktiviteten. |
| Færger | 0,3 | 0,02 | Semielasticiteten er summarisk fastsat. Den kan indeholde både aktivitetsnedgang og potentielt grænsehandelseffekter afhængig af, hvordan en afgift indrettes. |
| Jernbane | - | - | Ingen strukturfor skydninger. |
| Fossile til elproduktion | 0,6 | 0,02 | Det er beregningsteknisk lagt til grund, at halvdelen af den samlede anvendte beregningstekniske effekt er struktureffekt og den anden halvdel teknisk effekt. Se <i>tabel 5</i> samt note til <i>tabel 4</i> . |

| | | | |
|---------------------|------------|-------------|--|
| Indenrigsflyvninger | 0,2 | 0,01 | For indenrigsfly antages, at der bruges knap 1 GJ eller for 80 kr. flybrændstof for en indenrigstur, mens der antages en gennemsnitlig billetpris på 400 kr./tur, dvs. omkostningerne til flybrændstof udgør ca. 20 pct. af billetprisen. Antages en konventionel elasticitet på -1 ift. brændstofforbrug, bliver den konventionelle elasticitet på -0,2 (0,2 x -1) på grund af mindre aktivitet, når priserne på flybrændstof stiger. |
| I alt | 1,7 | 0,15 | |

Anm.: Elasticiteterne og semielasticiteterne er vist som positive tal, men afspejler et fald i CO₂-udledningen ved en stigning i prisen. Til modelberegningerne er anvendt semielasticiteter med flere decimaler. Opgørelse af semielasticiteter baseret på afgiftsbelastning ift. BFI er blandt andet baseret på virksomheders regnskaber, kvotestistik og tal fra Danmarks Statistik. Der er dermed søgt at tage højde for spredningen i CO₂-intensitet ift. BFI mellem virksomheder inden for de forskellige brancher. Priserne lagt til grund for beregningen af punktelasticiteterne er baseret på Klimastatus og fremskrivning 2021, ligesom kvoteprisen. Der er taget udgangspunkt i gældende afgifter inkl. forhøjelsen på de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform. Almindelig proces, landbrug (bortset fra landbrugsdiesel) og gartnerier er set under ét, og ved omregning af semielasticitet til priselasticitet er anvendt en gennemsnitlig pris for disse brancher. Priser er 2021-priser. 1) Punktelasticiteten er beregnet på baggrund af en pris som udgør et vægtet gennemsnit af prisen på procesudledningerne (kvoteprisen) og prisen på de brændselsrelaterede udledninger. Kilde: Egne beregninger.

I det følgende er der yderligere redegjort for beregningsmetoden for så vidt angår metoden, der tager udgangspunkt i afgiftsbelastning holdt op imod BFI.

Ad a. Øget grænsehandel

Effekten af grænsehandel er, når der ses bort fra transportområdet, relevant for fiskeriet og kan også være relevant for færger⁶. I forbindelse med *Afgifts- og Tilskudsanalysen på energiområdet* fra 2017 blev grænsehandelseffekter for fiskeriet undersøgt. Disse undersøgelser peger på, at grænsehandelseffekterne for fiskeriet potentielt kan være betydelige, hvilket er afspejlet i de struktureffekter, der er lagt til grund for fiskeriet.

Ad b. Forskydning af produktion

En CO₂-afgift vil reducere dansk produktion af varer, der er forbundet med en høj CO₂-udledning (og omvendt for aktiviteter der er forbundet med lav CO₂-udledning), herunder via forskydninger i dansk udenrigshandel. Hvor stor en CO₂-reduktion, der sker som følge af ændret sammensætning af produktion, afhænger af, hvorvidt danske virksomheder kan overvælte de ekstra produktionsomkostninger i deres afsætningspriser eller ej (og eventuelt nedvælte i råvarepriser, hvilket dog formentlig alene vil gøre sig gældende i få tilfælde).

Overvælningsgraden *b* afhænger af størrelsesordenen af efterspørgsels- og udbudselasticiteterne på følgende måde:

$$(1) \text{ Overvælningsgrad } b = \frac{e^S}{e^S + \left\{ (1-a) \frac{e^S}{a} + \frac{e^D}{a} \right\}}$$

hvor *e^S* er udbudselasticiteten i dansk produktion, mens *e^D* er efterspørgslens priselasticitet på verdensmarkedet, og *e^S* er elasticiteten for producenter i den øvrige verden, mens *a* betegner danske virksomheders andel af det globale marked. Det viste udtryk er udledt i *bilag 1*.

Hvis udbudselasticiteten *e^S* er høj, og efterspørgselselasticiteten *e^D* er moderat, samtidig med at danske virksomheder har stor markedsandel (dvs. *a* er tæt på én,

⁶ Danske fiskere kan fx i højere grad købe brændstof eller lande fisk i udlandet, og udenlandske fiskere kan i mindre grad købe brændstof og lande fisk i Danmark ved en højere beskatning. For færger kan det potentielt også blive attraktivt at tanke i andre lande, fx Tyskland eller Sverige, selvom ruterne er i Danmark.

fx fordi der er tale om et "hjemmemarkedserhverv"), vil overvælningsgraden b være tæt på én. De priser, danske virksomheder sælger til, vil da stige stort set svarende til afgiften. Virksomhedernes salg vil da reduceres i et omfang, der overvejende afspejler efterspørgslens følsomhed overfor den højere markedspris.

For virksomheder/brancher i international konkurrence vil efterspørgselselasticiteten $\left\{ (1-a) \frac{\varepsilon^S}{a} + \frac{\varepsilon^D}{a} \right\}$ kunne være (potentielt meget) høj, grundlæggende fordi verdensmarkedet er stort set i forhold til dansk økonomi (dvs. a er lille). Da vil overvælningsgraden b være tæt på nul, dvs. der er lav overvælningsgrad. Når afgiften ikke kan overvælnes, vil afgiften umiddelbart belaste virksomhedernes overskud, hvilket vil føre til en tilpasning via lavere dansk udbud.

Hvor meget, dansk produktion i dette tilfælde reduceres, afhænger af, hvor meget dansk produktion, der ikke længere er lønsom ved de højere produktionsomkostninger. Det bestemmes grundlæggende af udbudskurvens hældning, dvs. udbudselasticiteten e^S .

En betydelig del af den danske produktion, der belastes særligt kraftigt af en dansk CO₂-afgift, fordi den er meget energiintensiv (fx cement, raffinering af olie, fødevarerindustri, byggematerialer), må netop forventes at være udsat for en høj grad af international konkurrence. Det taler for lav overvælning af afgiften i de berørte virksomheders afsætningspriser og dermed, at prisfølsomheden af dansk udbud er styrende for mængdereaktionen.

Samlet set udgør bidraget til lavere CO₂-udledninger via ændret erhvervsstruktur og udenrigshandel:

$$(2) \text{ Relativ ændring i dansk produktion} = \frac{\Delta Y}{Y} = - \frac{1}{\frac{1}{e^S} + \left(\frac{1}{(1-a) \frac{\varepsilon^S}{a} + \frac{\varepsilon^D}{a}} \right)^p} \Delta t$$

Hvor p er verdensmarkedsprisen, t er dansk afgift, dvs. $p - t$ er dansk producentpris, og Δt er ændring i dansk afgift. Hvis fx danske virksomheders markedsandel (dvs. a) er ganske lille, vil det som anført ovenfor trække i retning af, at ændringen i danske CO₂-udledninger via ændret erhvervsstruktur overvejende drives af udbudselasticiteten. Det viste udtryk er udledt i *bilag 1*.

Hvor store er priselasticiteterne i udbud og efterspørgsel?

Der findes en betydelig litteratur om *efterspørgselselasticiteter* i udenrigshandelen, og der har i mange år været diskussion af disses betydning for fx kort- og mellemfristede makroøkonomiske tilpasningsforløb.

I *Finansredegørelse 2014*, kapitel 5, ses der på betydningen af priselasticiteter i udenrigshandelen for virkningerne i fx pensionsreformer. Der benyttes her elasticiteter på cirka -2½ til -5, som bygger på summarisk korrektion af de forholdsvis lave udenrigshandelsetlasticiteter i ADAM (der ganges med 2½). I analysen refereres endvidere en række andre, forholdsvis nye undersøgelser, der indikerer noget højere priselasticiteter på cirka -3 til -11.

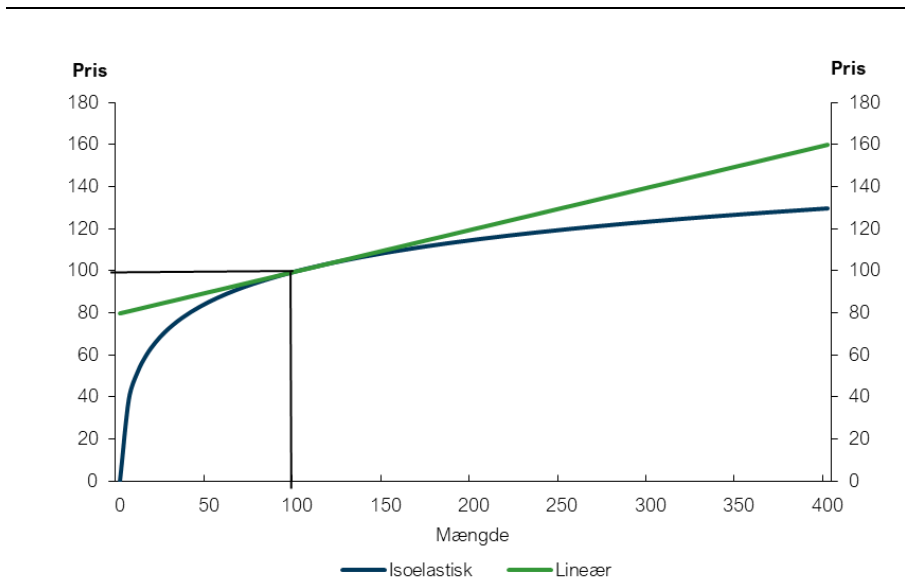
For så vidt angår *udbudselasticiteten* findes der så vidt vides ikke empiri på samme måde som for efterspørgselsfølsomheden.

Med henblik på at identificere en helt grov størrelsesorden, som kan forankres i danske data, kan der tages udgangspunkt i *figur 3* nedenfor. I figuren er vist to

udbudskurver, nemlig lineær kurve og kurve med konstant elasticitet. Der udbydes en mængde på 100 til en pris på 100 ved både den isoelastiske og lineære udbudskurve.

Udbudskurven på aggregeret niveau er en vandret addition af de forskellige virksomheders udbudskurver og afspejler derfor virksomhedernes marginalomkostninger. Det skal understreges, at de viste beregninger har karakter af eksempler, der giver et indtryk af nogle helt grove størrelsesordener under de to "polære" forudsætninger om linearitet henholdsvis konstant elasticitet.

Figur 3. Illustration af lineær og isoelastisk udbudskurve



Arealet under udbudskurven til punktet (100,100) udgør de totale omkostninger, arealet over udgør overskud, og summen af de to arealer udgør produktionsværdien. Er udbudskurven fx lineær, kan punktudbudselasticiteten opgøres som:

$$(3) \quad e^s = \left(\frac{\text{produktionsværdi}}{\text{overskud}} \right) \cdot 1/2$$

Er udbudskurven isoelastisk, kan punktudbudselasticiteten opgøres som:

$$(4) \quad e^s = \left(\frac{\text{produktionsværdi}}{\text{overskud}} \right) - 1$$

Det praktiske ved disse to udtryk består i, at de kan anvendes til – ved hjælp af nationalregnskabsdata – at beregne skønnede udbudselasticiteter, som er konsistente med danske data for erhvervenes produktionsværdi og faktorindkomstens sammensætning (som afspejles i overskud), under de to forskellige antagelser om udbudskurvens form. Disse udtryk er udledt i *bilag 1*.

På baggrund af nationalregnskabstal fra Danmarks Statistik kan det opgøres, at dansk industris overskud i perioden 1966–2019 har udgjort gennemsnitligt ca. 11,8 pct. af produktionsværdien⁷. Ved en lineær udbudskurve svarer det dermed til en

⁷ Overskud er her og i det følgende opgjort på baggrund af tal fra Statistikbanken tabel NABP69 og NABB69.

punktelasticitet på ca. 4,2 ($1/0,118 \times 1/2$), mens det ved en isoelastisk kurve svarer til en elasticitet på ca. 7,5 ($1/0,118 - 1$). Overskuddet er her opgjort som bruttooverskud, dvs. overskud før afskrivning af kapital, men efter aflønning af ansatte^{8,9}. I gennemsnit indikerer det en elasticitet på i størrelsesordenen $5\frac{1}{2}$ eller noget over efterspørgselselasticiteterne anvendt i analysen i *Finansredegørelse 2014* omtalt ovenfor.

Ligesom det gælder for efterspørgselskurvens form, jf. afsnit 1.2, gælder det også for udbudskurven, at formen på udbudskurven ikke er kendt, hvilket udgør en selvstændig kilde til usikkerhed. Udbudskurven er formentlig hverken lineær eller isoelastisk. Isoelastiske kurver er fx karakteriseret ved at gå igennem punktet (0,0), dvs. selv ved en meget lille pris, vil der blive produceret en (om end ganske lille) mængde af en given vare. Det vil formentlig sjældent være realistisk.

Udbudselasticiteten vil endvidere være forskellig på kort og langt sigt. Der er ved beregningen ovenfor taget udgangspunkt i en tidshorisont på kort-/mellemlang sigt, svarende til, at den omtrent afspejler en overskudsgrad opgjort på baggrund af bruttooverskud. På længere sigt vil et overskudsbegreb, som ikke indeholder afskrivning af kapital, være mere relevant. Tages der udgangspunkt i dansk industris nettooverskud, dvs. overskud efter afskrivninger, som i perioden 1966-2019 har udgjort ca. 6,3 pct. af produktionen, svarer det til en punktelasticitet på ca. 7,9 ved en lineær udbudskurve, mens det ved en isoelastisk kurve svarer til en elasticitet på ca. 14,9, og i gennemsnit godt 11.

På meget langt sigt vil udbudselasticiteten kunne være endnu højere, idet der i overskuddet efter afskrivninger indgår normalforrentning. På længere sigt må det antages, at der skal opnås et afkast svarende til den alternative forrentning. På helt kort sigt vil udbudselasticiteten være lavere, idet det vil være marginalomkostningerne, der skal dækkes, hvilket afspejler et overskud opgjort som bruttoestindkomsten.

Det skal understreges, at der – som spændvidden af de viste udbudselasticiteter ovenfor viser – ikke er tale om præcise skøn, men indikative grove størrelsesordener. Disse indikationer taler imidlertid – sammen med det forhold, at der må forventes en forholdsvis lav overvæltningsgrad – for, at tilpasninger på udbudssiden på mellemfristet og langt sigt vil stå for en stor del af virkningen af en dansk CO₂-afgift på erhvervenes udledninger. Og de simple regneeksempler illustrerer, at størrelsen af relevante udbudselasticiteter kan være potentielt betydeligt større end typisk anvendte udenrigshandelspriselasticiteter.

På baggrund af ovenstående er anvendt en vægtet priselasticitet på -5 for relativ ændring i dansk produktion. Det er umiddelbart lidt i underkanten af de ovenfor beskrevne estimater og skøn. Dette skal dog bl.a. ses på baggrund af, at ændringer i erhvervsstrukturen i et vist omfang allerede kan indgå i de skønnede tekniske

⁸ I nationalregnskabsstatistikken, jf. tabel NABP69, er der ved opgørelse af overskud ikke fratrukket aflønning af selvstændige. Overskuddet er ved opgørelsen her reduceret med et skøn for denne aflønning. Skønnet er baseret på tal for præsterede timer, jf. tabel NABB69, og under forudsætning af, at timeaflønningen for en selvstændig svarer til timelønnen for en lønmodtager.

⁹ Medicinalindustrien har pt. meget store overskudsgrader, hvilket påvirker den gennemsnitlige overskudsgrad for industrien forholdsvis meget. Ses på industrien ekskl. medicinalindustrien udgør overskudsgraden i perioden 1966-2019 gennemsnitligt 10,4 pct. Ved en lineær udbudskurve svarer det til en punktelasticitet på ca. 4,8, mens det ved en isoelastisk kurve svarer til en elasticitet på ca. 8,6. I det omfang der er tale om overnormale overskud i medicinalindustrien pt., kan der argumenteres for, at der snarere bør ses på overskud for industrien ekskl. medicinalindustrien, når der skønnes over elasticiteten.

effekter. En del af den gennemsnitlige makropriselasticitet på de ca. -0,6, som rapporteret i Labandeira et al. (2017) kan således formentlig forklares af en (national) nedgang i energiefterspørgslen via højere pris, og ikke alene via effektivisering mv. Det taler alt andet lige for et lidt lavere bidrag fra erhvervsstruktur, givet de anvendte forudsætninger vedrørende tekniske effekt.

Omskalering af elasticitet fra produktionsværdi til BFI

Konkret tager regnemethoden for beregning af forskydningen af produktion fra CO₂-intensive virksomheder mod ikke-CO₂-intensive udgangspunkt i den umiddelbare afgiftsbelastning ift. bruttofaktorindkomsten og en elasticitet på -2, dvs. struktureffekten beregnes som:

$$(5) \frac{\Delta Y}{Y} = \left(\frac{\text{afgiftsbelastning}}{\text{produktionsværdi}} \right) \cdot -5 = \left(\frac{\text{afgiftsbelastning}}{BFI} \right) \cdot -2.$$

$\Delta Y/Y$ angiver den procentvise ændring i produktionen. Leddet (afgiftsbelastning/produktionsværdi) i ligning (5) afspejler leddet $\frac{\Delta t}{p}$ i ligning (2) ganget med produktionsmængden, Y , i både tæller og nævner, mens de -5 afspejler leddet

$$1/\left(\frac{1}{e^s} + \left(\frac{1}{(1-a)\frac{e^s}{a} + \frac{e^b}{a}}\right)\right) \text{ i ligning (2).}$$

Elasticiteten på -2 i forhold til BFI svarer til den ovenfor omtalte elasticitet på -5, der skal ses i forhold til produktionsværdien. Omregningen baseres på, at BFI udgør ca. 40 pct. af produktionen i danske fremstillingserhverv (dvs. de -2 er opgjort som -5 x 0,4).

For dansk industri set under ét har BFI udgjort fra godt 30 til knap 40 pct. af produktionsværdien siden 1965, dog med tilsyneladende svag tendens til stigning de senere år. På tværs af brancher er der tendens til sammenklumpning omkring de 40 pct. Med den her anvendte brancheinddeling er det alene raffinaderier, som ligger væsentligt under de 40 pct., idet BFI i forhold til produktionsværdi har udgjort mellem cirka 0 og 15 pct., samt føde-, drikke- og tobaksvareindustri, hvor den har udgjort mellem 20 og 25 pct. For medicinalindustrien har den ligget over, særligt de senere år, *jf. også fodnote 9.*¹⁰

Ved indførelse af en afgift på erhvervenes CO₂-udledninger forekommer det rimeligt at opgøre effekten på dansk produktion ud fra afgiftsbelastningen set i forhold til BFI (eller NFI), da adfærdsvirkningen løst formuleret må forventes at afspejle, at det fortsat skal være lønsomt at anvende arbejdskraft og kapital i erhvervet til den tilbageværende aktivitet. Som nævnt har omskaleringen reelt alene betydning for raffinaderierne, hvor struktureffekterne uden denne omskalering vil blive utroværdigt små.

Der kan argumenteres for, at afgiftsbelastningen burde relateres til overskuddet i de enkelte erhverv. Overskudsgraden i et givent år varierer imidlertid markant på tværs af brancher, ligesom den inden for den enkelte branche varierer betydeligt mellem år. Det afgørende for den fremtidige virkning på produktionen af en afgift er imidlertid det forventede overskud og ikke det nuværende. Hertil kommer, at tallene for enkeltbrancher kan afspejle interne organisatoriske forhold m.v. i større koncerner snarere end realøkonomiske.

¹⁰ Opgjort på baggrund af tal fra Statistikbanken tabel NABP69.

Af disse pragmatiske årsager benyttes ved opgørelsen af bidraget til CO₂-effekten fra ændret erhvervsstruktur afgiftsbelastningen set i forhold til BFI.

Omregning fra konventionelle priselasticiteter til semielasticiteter

De estimater for efterspørgselselasticiteter, der som omtalt ovenfor kendes fra litteraturen, har karakter af konventionelt definerede elasticiteter, hvor den relative mængdeændring sættes i forhold til den relative prisændring. De omregnes til semielasticiteter, da der anvendes en kurve med konstant semielasticitet, jf. tidligere.

Ligning (5) kan skrives som:

$$(6) \frac{\Delta Y}{Y} = \left(\frac{\text{afgiftsbelastning}}{BFI} \right) \cdot -2 = \frac{\Delta P \cdot Y}{BFI} \cdot -2$$

Denne kan igen omskrives til:

$$(7) z = \frac{\Delta Y}{Y} / \Delta P = \frac{Y}{BFI} \cdot -2$$

Det vil sige, at semielasticiteten, som er den procentvise nedgang i produktion ved ændring af prisen med én enhed, kan opgøres som produktion delt med BFI ganget med elasticiteten på -2. Produktion og nedgang i produktion kan omsættes til CO₂-udledninger hhv. nedgang i CO₂-udledning på baggrund af forudsat CO₂-indhold i den produktion, som reduceres. Semielasticiteten opgjort i CO₂-udledningsenheder kan dermed beregnes som CO₂-udledning delt med BFI ganget med -2.

Da der er meget stor usikkerhed om de anvendte semielasticiteter for struktureffekter er der i senere afsnit illustreret følsomhed, hvor de anvendte semielasticiteter øges hhv. reduceres med 70 pct.

1.4. Korrektion af grundlag som følge af højere kvotepris

CO₂-grundlaget for erhverv er i udgangspunktet baseret på energibalancen fra Klimastatus og -fremskrivning 2021. Der foretages dog en korrektion af grundlaget i 2025 og 2030, idet der med Finansministeriets seneste fremskrivning af kvoteprisen forventes en langt højere kvotepris fremadrettet end kvoteprisen lagt til grund for Klimastatus og -fremskrivning 2021. En højere kvotepris må forventes at reducere de kvoteomfattede erhvervs CO₂-udledning i forhold til det skønnede i Klimastatus og -fremskrivning 2021.

I Klimastatus og -fremskrivning 2021 blev anvendt en kvotepris i 2025 og 2030 på ca. 300 hhv. ca. 350 kr./ton. Med den seneste fremskrivning skønnes en kvotepris på ca. 650 kr./ton i 2025 og ca. 750 kr./ton i 2030, dvs. skønnet er forhøjet med ca. 350 kr./ton i 2025 og ca. 400 kr./ton i 2030 (2022-priser).

Korrektionen af grundlaget for de kvoteomfattede brancher, dvs. almindelig proces (ETS), gartnerier (ETS), mineralogiske processer mv. (cement og ikke-cement), Nordsøen, raffinaderier, fossile brændsler til elproduktion og indenrigsfly er modelleret som en afgiftsforhøjelse på ca. 350 kr./ton CO₂ i 2025 og på ca. 400 kr./ton CO₂ for disse brancher med udgangspunkt i CO₂-grundlaget baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021. Der er anvendt forudsætninger om efterspørgselskurvens funktionelle form som beskrevet ovenfor, dvs. en efterspørgselskurve med konstant semielasticitet, hvor alene de tekniske semielasticiteter, jf. tabel 4, er anvendt. Der er således ikke indregnet struktureffekter. For effekten i 2025 er det endvidere lagt til

grund, at denne påvirkes af den højere kvotepris i såvel 2025 som i 2030, efter principperne skitseret i *afsnit 1.6. Indfasning af adfærdseffekter*.

Når der alene er forudsat at ske en teknisk omstilling, skyldes det, at stigningen i kvoteprisen omfatter alle kvoteomfattede virksomheder i EU. Dermed må det forventes, at virksomhederne i høj grad kan overvælte den højere kvotepris i afsætningsprisen, og at det kun i mindre omfang vil ændres danske virksomheders konkurrenceevne i forhold til øvrige virksomheder i EU. Denne antagelse om ingen struktureffekter er forbundet med meget stor usikkerhed, da lande uden for EU i sagens natur ikke pålægges øgede kvoteomkostninger, ligesom fx forskelle i CO₂-intensitet mellem danske virksomheder og andre virksomheder i EU kan give anledning til struktureffekter.

Den højere kvotepris vil også blive lagt til grund for Klimastatus og -fremskrivning 2022. Her vil den imidlertid indgå sammen med en lang række øvrige ændringer, og blandt andet derfor må det anvendte grundlag i 2030 i Ekspertgruppens første delrapport alt andet lige forventes at afvige fra grundlaget i Klimastatus og -fremskrivning 2022.

1.5. Modellering af bundfradrag

Der er i første delrapport skitseret to modeller, hvor der gives bundfradrag i CO₂-afgiften. Bundfradrag gives med henblik på at reducere afgiftens effekt på erhvervsstrukturen. Der er taget udgangspunkt i, at der gives et aktivitetsbaseret bundfradrag, dvs. det knytter sig til virksomhedens produktion, uden at der er taget konkret stilling til, præcis hvordan det indrettes. Det er dermed antaget, at bundfradraget kan indrettes, så det fastholder afgiftens fulde incitament til teknisk omstilling på marginalen, men reducerer struktureffekten.

Et aktivitetsbaseret bundfradrag kan indrettes på flere forskellige måder, fx kan bundfradraget gives til produktionen målt i antal producerede enheder eller målt i produceret værdi (værditilvækst). Et aktivitetsbaseret bundfradrag vil øge den aktivitet, som tilskuddet målrettes, og alt efter hvad det målrettes, vil det medføre forvriddinger af virksomheders adfærd, *jf. rapportens afsnit 4.5*. Ved et bundfradrag til antal producerede enheder vil bundfradraget give tilskyndelse til at producere flere enheder, og ved værditilvækst vil det give tilskyndelse til at øge værditilvæksten.

Effekten af bundfradrag modelleres konkret ved at nedskalere de anvendte semielasticiteter for struktureffekter. Semielasticiteterne nedskaleres med størrelsen af bundfradraget. Ved fx en afgiftsforhøjelse op til en sats på 750 kr./ton med et bundfradrag på 86 pct., modelleres effekten ved afgiften og bundfradrag ved at nedskalere den erhvervsstrukturelle elasticitet til 86 pct. af den oprindelige og regne på en afgiftsforhøjelse op til 750 kr./ton. Efterspørgselskurven får således en anden hældning, men har den samme funktionelle form. Det vil øge andelen af tekniske reduktioner i forhold til erhvervsstrukturelle reduktioner ved en given CO₂-reduktion.

Ved en given afgiftsforhøjelse vil introduktion af bundfradrag ved den anvendte metode mindske CO₂-reduktionen ift. ved afgiften alene. Dermed kræver det yderligere forhøjelse af afgiftssatsen at nå samme CO₂-reduktion som ved afgiftsforhøjelsen alene. Det vil øge den samfundsøkonomiske omkostning ved en given CO₂-reduktion. Der er ikke taget højde for utilsigtede forvriddningseffekter som følge af bundfradrag, hvilket isoleret set trækker i retning af, at de samfundsøkonomiske

omkostninger er underestimerede, ligesom det kan påvirke CO₂-effekten ved en afgiftsforhøjelse kombineret med et bundfradrag.

Det er med metoden ikke søgt at give et præcist skøn over effekten af at indføre et aktivitetsbaseret bundfradrag i praksis, men derimod mere overordnet at illustrere effekten af et (ikke præcist defineret) aktivitetsbaseret bundfradrag. Det vil kræve et større analysearbejde, herunder at bestemme præcis hvilken karakter og størrelse forvriddningseffekten har for de forskellige typer af bundfradrag. Men beregningerne illustrerer, at med et bundfradrag er der nogle samfundsøkonomisk relativt billige reduktioner, som ikke gennemføres, og til gengæld må der – for at nå en given CO₂-reduktion - gennemføres dyrere reduktioner via øgede afgiftssatser. Derfor – og idet ikke alle forvriddninger er medtaget – skal den præcise størrelse af de konkrete opgjorte skyggepriser tolkes med forsigtighed.

1.6. Indfasning af adfærdseffekt

De anvendte semielasticiteter skal opfattes som "langsigtede" elasticiteter, jf. tidligere. Der kan findes elasticiteter i den økonomiske litteratur både på kort og langt sigt, men det er sjældent angivet hvor lang tid "kort sigt" og "lang sigt" er, og det er forbundet med usikkerhed.

Ved fastlæggelse af indfasning, er det lagt til grund, at 1/3 af den samlede semielasticitet Z (teknisk og strukturel effekt) er kortsigtet adfærdseffekt, mens 2/3 af den samlede semielasticitet er langsigtet adfærdseffekt. Det baserer sig på forholdet mellem effekten på kort sigt hhv. langt sigt, jf. *Labandeira et al. (2017)*, hvor kortsigtelasticiteten og langsigtelasticiteten er estimeret til i størrelsesordenen hhv. ca. -0,2 og ca. -0,6 i gennemsnit, jf. *boks 2*.

Boks 2

Indfasning af adfærdseffekter - elasticiteter på kort og lang sigt

CO₂-reduktionen ved forhøjelse af afgiftssatser er en kombination af en langtidseffekt, som er en gradvis reaktion på den endelige afgiftssats, og en kortsigtseffekt, som er en reaktion umiddelbart i året ved en afgiftsstigning.

Kortsigtseffekten repræsenterer tilpasninger som kan indføres øjeblikkeligt, fx kan færger sænke farten for at mindske brændstofforbruget.

Lang sigt er ikke defineret i år, men efter den tid, det tager at skifte andre produktionsfaktorer som varen anvendes sammen med, ud. Energi anvendes sjældent direkte til produktion af en vare eller tjeneste, men sammen med andre faktorer til at fremstille andre varer eller nytte i husholdningerne. Er der tale om maskiner, er lang sigt formentlig mellem 5 og 15 år, hvor anlæg formentlig har en levetid omkring 30 år, mens isolering har levetid svarende til boligens levetid, der ofte er over 100 år. Som tiden går, vil den samlede priseffekt formentlig stige, hvor det årlige bidrag hertil vil være aftagende. Estimationer af langsigteffekter vil derfor formentlig i gennemsnit undervurdere langsigteffekterne og oftest være mere usikre. En anden årsag til en evt. undervurdering af langsigteffekter kan være, at estimationsperioden er for kort. Det vil automatisk gælde, hvis man undersøger effekten af en nylig prisændring.

Ved fastlæggelse af indfasning er det lagt til grund, at 1/3 af den samlede semielasticitet Z (teknisk og strukturel effekt) er kortsigtet adfærdseffekt, mens 2/3 af den samlede semielasticitet er langsigtet adfærdseffekt. Det baserer sig på forholdet mellem effekten på kort sigt hhv. langt sigt, jf. *Labandeira et al. (2017)*, hvor kortsigtelasticiteten og langsigtelasticiteten er estimeret til i størrelsesordenen hhv. ca. -0,2 og ca. -0,6 i gennemsnit.

Det er endvidere lagt til grund, at en aftale om første fase af Grøn skattereform kan indgås i 2022, men at omlægningen fra energiafgift til CO₂-afgift træder i kraft i 2025.

Eksempel med afgiftsstigning i ét bestemt år

Kortsigtselasticiteten

Kortsigtseffekten på 1/3 af den endelige adfærdseffekt indtræffer i året, hvor afgiftssatsen stiger. Vedtages en aftale fx i 2022, som træder i kraft i 2025, slår kortsigtseffekten igennem i 2025. Træder den fx først i kraft i 2030, slår kortsigtseffekten igennem i 2030.

Langsigtselasticiteten

Langsigteffekten på 2/3 af den endelige adfærdseffekt indfases gradvis fra en aftale vedtages og frem mod ikrafttræden, dog indfases den som minimum over 5 år. Vedtages en aftale igen i fx 2022, som træder i kraft i 2025, dvs. der er mindre end 5 år fra vedtagelse til ikrafttræden, indfases langsigteffekten lineært fra 2022 frem til 2026, hvor effekten er fuldt indfaset. Træder afgiftsforhøjelsen fx først i kraft i 2030, indfases effekten lineært over perioden fra 2022 frem til 2030, hvor effekten er fuldt indfaset.

Eksempel med lineære afgiftsstigninger hvert år frem mod 2030

I stedet for en afgiftsstigning indføres i ét bestemt år, kan der indføres gradvise afgiftsstigninger, fx lige store årlige trinvis stigninger frem mod 2030 (lineære afgiftsstigninger). Derved forhøjes de eksisterende differentierede afgiftssatser gradvist frem mod en ensrettet sats i 2030.

Der kan opstilles et eksempel, hvor det antages, at en aftale vedtages i år 2022, og det i denne aftale indgår, at en lineær afgiftsstigning indfases fra 2025 til 2030.

Kortsigtselasticiteten

Kortsigtseffekten på 1/3 af den endelige adfærdseffekt indtræffer i året, hvor afgiftssatsen stiger. I det afgiften lineært forhøjes over den 8-årige periode fra 2023 frem mod 2030, indfases kortsigtseffekten på samme vis lineært over perioden, og slår fuldt igennem i 2030.

Langsigtselasticiteten

Langsigteffekten på 2/3 af den endelige adfærdseffekt indfases lineært over den 9-årige periode fra aftalen vedtages i 2022 frem mod 2030, hvor effekten er fuldt indfaset.

Den langsigtede makropriselasticitet fsva. tekniske effekter på ca. -0,5 indfases således gradvis over 5 år, dog frem til ikrafttræden af afgiften, hvis den træder i kraft mere end 5 år efter vedtagelse. Samme gør sig gældende for struktureffekten. Ved en gradvis indfasning af afgiften frem mod 2030, indfases den langsigtede makropriselasticitet fsva. tekniske effekter således over den 9-årige periode fra 2022 frem mod 2030. Tilsvarende indfases struktureffekten over den 9-årige periode.

2. Beregningsprincipper for CCS/BECCS

Der indgår i Ekspertgruppens første delrapport modeller, hvor der ud over ændring i afgifter indføres en tilskudsordning/-pulje, der er forudsat at understøtte fangst og lagring af CO₂ fra fossile og biogene udledningsskilder (CCS/BECCS).

Der er i første delrapport ikke lavet et samlet model-setup, som omfatter både afgifter og tilskud generelt. Effekterne af en støttepulje er dog modelleret konsistent med tilgangen anvendt ved afgifter, idet det er lagt til grund, at incitamentet til CCS/BECCS er det samme, uanset om der lægges en CO₂-afgift på 1 kr./ton CO₂ eller gives et tilskud på 1 kr./ton CO₂.

I modellerne i første delrapport pålægges de fossile udledninger i udgangspunktet en CO₂-afgift, der lægges til grund at kunne spares ved CCS, hvorfor der gennem afgiftsinstrumentet gives tilskyndelse til CCS. De biogene udledninger er ikke pålagt CO₂-afgift, og et reguleringsmæssigt incitament til BECCS omfatter derfor et tilskud. Modellerne i rapporten omfatter henholdsvis puljer målrettet BECCS (negative udledninger) og puljer som omfatter både CCS/BECCS.

2.1. Tilskuds-/afgiftsincitament til CCS/BECCS

En pulje til understøttelse af fangst og lagring af CO₂ fra fossile og biogene udledningsskilder (CCS/BECCS) vurderes at være relevant for en række industri-, kraftvarme- og affaldsværker.

Vurderingen af, hvorvidt CCS/BECCS er relevant for givne kilder, baseres på en sammenligning af skøn for tekniske omkostninger forbundet med CCS/BECCS og gevinsten ved at installere CCS/BECCS. Gevinsten afgøres først og fremmest af mængden af puljemidler, der modtages, samt den afgifts- og kvotebetaling, der kan spares for kilden ved at lagre CO₂'en. Den sparede afgifts- og kvotebetaling afhænger af mængden af fossile udledninger fra kilden, da de biogene udledninger er både afgifts- og kvotefritaget. Ud fra skøn for tekniske omkostninger, fossile udledninger samt forventet kvotepris udregnes en sammenhæng mellem afgifts-/tilskudsbehov og CO₂-reduktioner.

Afgifts-/tilskudsbehovet og CO₂-reduktionspotentiale er således fastlagt med udgangspunkt i bottom-up regnestykker over omkostninger og besparelser ved CCS/BECCS. Idet der er betydelig usikkerhed om disse regnestykker, herunder om de forudsatte priser mv., er det lagt til grund for beregningerne i første delrapport, at et potentiale på ca. 3,3 mio. tons kan realiseres ved et initialt støtteniveau (tilskudsbehov uden afgiftsbidrag) stigende fra 600 kr./tons til 1.000 kr./tons CO₂, *jf. nedenfor*.

Forudsætninger for beregning af støttebehov

Det er antaget, at støtten udbetales pr. ton CO₂, der reduceres via CCS/BECCS, så kilderne har et vedvarende incitament til at lagre CO₂'en. Puljen antages endvidere at udbydes som en konkurrencemodell, hvor laveste bud pr. CO₂-reduktion vinder tilskuddet, indtil puljen er tømt. Det antages som udgangspunkt, at kilderne byder ind med deres sande omkostninger, og at der dermed ikke er overkompensation.

Det skønnede afgifts-/tilskudsbehov er udarbejdet af Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet pba. overordnede beregningseksempler med generelle tekniske omkostninger ved CCS/BECCS på enkelte, udvalgte punktkilder. Beregningsteknisk er skøn over det potentiale af CO₂-reduktioner, der forventes at kunne realiseres ved CCS/BECCS, fordelt ud på de samlede omkostninger.

De tekniske omkostningskøn dækker både over faste omkostninger til investering i fangstanlæg og infrastruktur til transport og lagring, samt variable omkostninger til transport, lagring og drift af fangstanlæg. De tekniske omkostninger er præget af stor usikkerhed, og der er i udgangspunktet anvendt nogle generelle prisskøn for CCS/BECCS for diverse punktkilder, hvorfor beregningerne kun i begrænset omfang dækker den heterogenitet, der i praksis må forventes at være punktkilderne imellem ved anvendelse af CCS/BECCS. Omkostningerne afspejler dog en vis differentiering mellem de forskellige punktkilder inden for industri-, kraftvarme- og affaldsværker blandt andet i forhold til den fossile andel af udledningerne. At potentialet for CCS håndteres ved indfasning over et spænd, skal ses i det lys, at det beregningsteknisk tager højde for den heterogenitet, der i praksis vil forventes at være ved tildeling af puljemidler i en konkurrencemodell. Dvs. ved tilførsel af flere puljemidler øges prisen på reduktioner.

For at beregne afgifts-/tilskudsbehov fratrækkes omkostningerne fra den gevinst værkerne skønnes at kunne opnå, ved at de ikke skal betale kvotepris for den CO₂, der reduceres via CCS/BECCS. Konkret fratrækkes (*andel fossilt indhold x kvotepris*) fra omkostningerne pr. ton CO₂. Dette er primært relevant for industrien, som udelukkende har fossile udledninger. Derudover har affaldsværker en andel fossile udledninger. Der er taget højde for den forventede reduktion som følge af *Aftale om Klimaneutral Affaldssektor i 2030 (2020)*.

Med udgangspunkt i de tekniske omkostninger og den forventede kvotepris, skønner Klima, Energi- og Forsyningsministeriet, at ca. 3,3 mio. ton reduktioner via CCS/BECCS kan realiseres ved et initialt støtteniveau stigende fra 600 til 1.000 kr. pr. ton CO₂, dvs. støtteniveau når der ses bort fra afgifter og evt. vigende grundlag som følge af afgiftsforhøjelser. Set i lyset af en markant stigning i den forventede kvotepris i 2030 er det desuden vurderet, at reduktioner fra CCS for industrien vil ligge i den nedre del af spændet fra 600-700 kr. pr. ton, hvilket skyldes, at udledning herfra er omfattet af kvotesystemet (overvejende fossile), mens udledninger fra affaldsværker og kraftvarmeværker er overvejende biogene. De samlede omkostninger til CCS for industrien skønnes således at udgøre 1.350-1.450 kr./ton CO₂. Ved en forventet CO₂-kvotepris i 2030 på ca. 750 kr./ton CO₂, er der dermed et afgifts-/tilskudsbehov på 600-700 kr./ton, jf. *tabel 8*.

Tabel 8
Forudsætninger om potentiale samt omkostningsspænd og afgifts-/tilskudsbehov for CCS/BECCS

| | Affaldsværker og øvrig kraftvarmeproduktion (biogene og blandede udledninger) | Industri (fossile udledninger) |
|---|--|---------------------------------------|
| - - kr./ton CO ₂ (2022-priser) - - | | |
| Afgifts-/tilskudsbehov | 600-1.000 | 600-700 |
| CO ₂ -kvote i 2030 | 175 ¹ | 750 |
| Samlede omkostninger | 600-1.175 | 1.350-1.450 |

CO₂-reduktionspotentiale i alt (før afgiftsforhøjelser) 3,25² mio. ton

Anm.: 1) CO₂-kvoteprisen på 175 kr. afspejler en fossil andel på ca. 20-25 pct. 2) De 3,25 mio. ton CO₂ er udtryk for det reduktionspotentiale, der kan regnes med i manko'en ift. 70-pct. målsætningen. Dvs. der er korrigeret for effekter som følge af CCUS-pulje og pulje afsat med FL22. Ved forhøjelse af afgifter regnes der med vigende grundlag for CCS. I praksis er beregninger sat op efter hovedmodellemne med en afgift på 100 kr./ton for mineralogiske processer mv., hvor potentialet reduceres til 2,8 mio. ton.

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet og egne beregninger.

Potentialet ligger ud over de CO₂-reduktioner, der skønnes opnået via CCS/BECCS som følge af tidligere politiske aftaler i forbindelse med *Aftale om finansloven for 2022* og CCUS-puljen aftalt med *Klimaaftale for energi og industri mv. 2020*. Det faktiske støttebehov afhænger af afgiftssatsen. Jo højere afgift, desto lavere skal det faktisk støtteniveau være for de fossile udledninger, før CCS er rentabelt. Dette gælder ikke de biogene udledninger, som vil være upåvirket af en afgiftsstigning.

Ved hovedmodel 2 i første delrapport gives fx et tilskud på op til 850 kr./ton CO₂. Samtidig indføres en CO₂-afgift på 750 kr./ton udenfor kvotesektoren (ligesom rumvarmeafgifterne omlægges, så CO₂-afgiften har dette niveau), der indføres en afgift indenfor kvotesektoren på 375 kr./ton og en afgift på mineralogiske processer mv. på 100 kr./ton. Støttebehovet, og dermed tilskudssatsen, er opgjort som forskellen mellem afgiften og det samlede opgjorte afgifts-/tilskudsbehov, jf. tabel 8. Støttebehovet udgør således fx op til 850 kr./ton CO₂ for biogent affald og op til 100 kr./ton CO₂ for fossilt affald til varmeproduktion, mens der vil være et afledt afgiftstab på 750 kr./ton CO₂ for det fossile affald til varmeproduktion.

Det skal bemærkes, at der er tale om meget usikre skøn for både potentialer og omkostninger. Der kan således være værker, som ligger uden for det skønnede potentiale, som vil finde det rentabelt at installere CCS/BECCS ved det skønnede støttebehov, ligesom der kan være værker, der vil træde ind ved en lavere støttepris. Tilsvarende kan prisen vise sig højere end forventet. Udviklingen frem mod 2030 kan derfor have afgørende betydning for den faktiske realisering af et givent potentiale.

I forbindelse med indretning af en konkret CCS/BECCS-pulje vil der skulle foretages yderligere analyser. Herunder bemærkes, at det kan være statsstøtteretsligt nødvendigt at modregne kvoter i støtten for at undgå overkompensation til enkelte virksomheder.

Usikkerhed forbundet med fremtidig regulering

Endeligt er der usikkerhed forbundet med fremtidig regulering, herunder fremtidige afgiftsniveauer og den fremtidige kvotepris, samt regulering forbundet med en alternativ anvendelse af CO₂. Hvis fremtidig regulering og/eller markedsudvikling fremmer et PtX-marked (fx i form af en udmøntning af puljemidler forbundet med dansk PtX-strategi eller iblandingskrav foreslået i FF55), kan der potentielt opstå en betalingsvillighed for CO₂, der overstiger det støtteniveau, der opnås ved at lagre CO₂'en. Et sådant scenarie vil reducere effekterne af en CCS/BECCS-pulje, men omvendt frigive tilskudsmidler til andre potentielle reduktioner.

Øvrige antagelser

Ved tilskud til CCS/BECCS til industrien er det antaget, at en afgiftsstigning (og dermed en umiddelbar belastning) stadig vil medføre både teknisk omstilling og en strukturel effekt. Afgiftsbetalingen fra en virksomhed, der modtager tilskud til CCS/BECCS, kan ses som en medfinansiering, idet denne mindsker støttebehovet.

Det er desuden forudsat, at tilskud til CCS/BECCS ikke påvirker aktiviteten, der indgår i fremskrivningen af CO₂-grundlaget anvendt i beregningerne, dvs. at en virksomhed, der modtager CCS/BECCS-tilskud, ikke får tilskud til en evt. øget produktion.

Det er antaget, at der ved CCS/BECCS opfanges 90 pct. af en given mængde CO₂-udledninger fra industri-, kraftvarme- og affaldsværker, idet en andel af CO₂ siver ud i processen¹¹.

For omkostningsskønnene er det antaget, at anlæg for samtlige værker har en levetid på 15 år, hvilket svarer til den estimerede levetid for værkerne. Der skal endvidere investeres i infrastruktur til lagring (som skibe og rørledninger), og disse antages at have en levetid på 30 år. Der er taget udgangspunkt i et afkastkrav på 7 pct. for investeringsomkostningerne.

I omkostningsskønnene indgår ikke skatter og afgifter. Blandt andet indgår ikke rumvarmeafgift for den varme, der bruges til CC-anlægget. Det forventes ikke, at brugen af el og varme i CC-anlæg vil påvirke forbrugerpriserne på el og varme nævneværdigt. Dette skyldes, at der i CC-processen forventes at blive produceret tilsvarende varme, som kan ledes ud i nettet. I hvilket omfang dette vil ske, afhænger dog af reguleringen. Det vurderes, at 20 pct. af den varme, der produceres ved CC-processen, kan sælges direkte ud i nettet, hvilket reducerer omkostningerne til fangst. De resterende 80 pct. af varmen vil kræve opgradering via varmepumpe, før det kan sælges, men dette er der ikke taget højde for i omkostningerne. Hvis varmen kan sælges for mere, end det koster at opgradere den, vil dette sænke de samlede omkostninger forbundet med fangst.

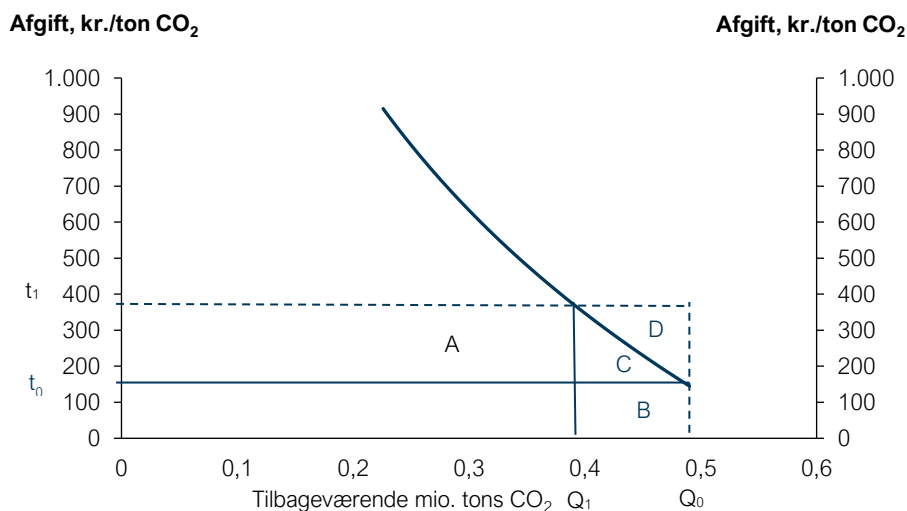
¹¹ En afgift kan dog give et incitament til yderligere at forbedre CCS-anlægget og dermed nedbringe mængden af CO₂, der siver ud i processen. Dermed kan der potentielt være en lille teknisk effekt, som ikke er medtaget i beregningerne. Denne effekt er dog begrænset, da der er begrænset mulighed for at forbedre CC-anlæggene. Det er desuden en lille del af basen, og de tekniske effekter er en mindre andel af den samlede omstilling.

3. Opgørelse af prove- nuer, samfunds-, om- stillings- og erhvervs- økonomiske effekter

Ud over CO₂-effekter opgøres i første delrapport virkningen på statens finanser som følge af CO₂-afgifter og tilskudspulje. Endvidere opgøres den samlede samfundsøkonomiske omkostning, den gennemsnitlige CO₂-skyggepris (dvs. den gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂-reduktion) hhv. den marginale CO₂-skyggepris (dvs. den marginale samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂-reduktion), samt erhvervsøkonomiske omkostninger og omstillingseffekter på arbejdsmarkedet fordelt på brancher.

Opgørelsen af disse effekter er illustreret med udgangspunkt i figur 4, som viser CO₂-efterspørgselskurven for almindelig proces inden for kvotesektoren. CO₂-grundlaget (Q₀) udgør 0,49 mio. ton i 2030 ved en afgift (t₀) på 144 kr./ton CO₂. Ved en afgiftsforhøjelse op til fx 375 kr./ton CO₂ (t₁), reducerer branchen sin CO₂-udledning med ca. 0,1 mio. ton til (Q₁).

Figur 4. Illustration af samfundsøkonomiske omkostninger mv. ved en forhøjelse af CO₂-afgiften



Kilde: Egne beregninger.

Virkning på statens finanser

Virkningen på statens finanser opgøres dels som den umiddelbare provenuvirkning, dels som provenuvirkningen efter adfærd.

Den umiddelbare provenuvirkning svarer til afgiftsbelastningen ved uændret adfærd, og beregnes som forhøjelsen af afgiften opgjort i kr./ton CO₂ ganget med grundlaget (arealet A+C+D på figur 4).

Virksomhederne mv. ændrer deres adfærd som følge af afgiften og reducerer deres fossile energiforbrug og dermed CO₂-udledningerne. Det medfører et afledt mindreprovenu fra energi- og CO₂-afgifterne (arealet B+C+D på figur 4, hvor B udgør mindreprovenu fra eksisterende afgift, og C+D udgør mindreprovenu fra afgiftsforhøjelsen). Endvidere vil der være et automatisk tilbageløb, som for erhverv udgør 7,5 pct. af den umiddelbare provenuvirkning ved forudsætning om nedvæltning af afgift i lønninger. Jf. afsnit 1.3.3 og rapportens afsnit 2.4 må det i stort omfang forventes, at en CO₂-afgift på erhverv ikke kan overvælttes i virksomhedernes afsætningspriser, men at de i stort omfang "nedvælttes" i lønningerne. Herud over påvirkes arbejdsudbuddet af afgiften, jf. rapportens afsnit 2.4, som yderligere medfører et afledt mindreprovenu.

Provenuet efter tilbageløb og adfærd udgøres således af den umiddelbare provenuvirkning fratrukket afledt mindreprovenu fra energi- og CO₂-afgifterne, automatisk tilbageløb samt arbejdsudbudseffekter.

Ved tilskud til CCS/BECCS er der endvidere en statslig udgift, svarende til tilskuddets størrelse og afledt mindreprovenu fra de fossile udledninger, jf. afsnit 2.

Samfundsøkonomiske omkostninger

De samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med at hæve afgiften for en given branche udgøres af summen af omkostninger og gevinster for branchen og staten. Det svarer til arealet under efterspørgselskurven ved CO₂-udledningen før afgiftsforhøjelsen (Q₀) og efter (Q₁) (arealet B+C på figur 4).

Først indregnes statens provenuvirkning af afgiften:

$$\text{Stat} = + \frac{A + C + D}{\text{Umiddelbart provenu}} - \frac{B + C + D}{\text{Adfærd}} = A - B$$

Jf. ovenfor får staten et umiddelbart provenu fra afgiftsforhøjelsen og et afledt afgiftstab via den ændrede adfærd.

Efterfølgende regnes afgiftens effekt på den givne branche:

$$\text{Branche} = - \frac{A + C + D}{\text{Umiddelbart provenu}} + \frac{D}{\text{Omstillings-/brugergevinst}} = -(A + C)$$

Det umiddelbare provenu, som er en gevinst for staten, er et tab for branchen. Virksomhederne i branchen ændrer imidlertid deres adfærd, fx investerer i en varmepumpe eller biomasseanlæg eller gennemfører energieffektiviseringer, hvilket giver dem en gevinst ift. den umiddelbare belastning (dvs. det reducerer deres belastning). Tabet for branchen/virksomhederne efter adfærd svarer dermed til provenuet efter adfærd (A) tillagt omkostning ved at ændre adfærd (C). Denne omstillingsomkostning afspejler fx investeringer i en varmepumpe eller energieffektiviseringer. Virksomhederne vil afholde udgifter til at reducere deres CO₂-udledning, så længe besparelsen på energiudgifterne inkl. afgift er større end merudgiften. Størrelsen af

omstillingsomkostningerne må for den enkelte virksomhed, som ændrer adfærd, således forventes at udgøre mellem stort set nul og op til afgiftsforhøjelsen (for nogle virksomheder kan det kun lige præcis betale sig at ændre adfærd ved en given afgiftsforhøjelse, fordi tilpasningsomkostningerne stort set modsvarer afgiftsforhøjelsen, mens andre virksomheder ville ændre adfærd selv ved en marginal afgiftsforhøjelse, fordi omkostningerne herved også er marginale).

Endelig kan den samlede samfundsøkonomiske omkostning ved afgiften beregnes ved summen af effekten på stat og branche:

$$\text{Samf. øko. omk.} = \text{stat} + \text{branche} = (A - B) - (A + C) = -(B + C)$$

Den samfundsøkonomiske omkostning udgøres således af statens afledte mindreprovenu (B) som følge af den ændrede adfærd, samt virksomhedernes omstillingsomkostninger (C).

Den samfundsøkonomiske omkostning, som udgøres af arealet under efterspørgselskurven (C+B), beregnes som et integrale, der har den generelle løsning:

$$\text{Samf. øko. omk.} = \frac{Q_0}{Z} x(Z \cdot t_0 + 1 - (1 + Z \cdot t_1)e^{-Z \cdot (t_1 - t_0)})$$

hvor Q_0 svarer til grundlaget før afgiftsforhøjelsen, Q_1 til grundlaget efter afgiftsforhøjelsen, t_0 til afgiften inden forhøjelse, t_1 til afgiften efter forhøjelsen og Z til den samlede semielasticitet, hvor $Z = Z_t + Z_s$.

Ved en given afgiftsforhøjelse opgøres den samfundsøkonomiske omkostning efter ovenstående metode for hver af de omfattede brancher.

Foruden den samfundsøkonomiske omkostning, der er beskrevet ovenfor, har en øget og udvidet CO₂-afgift en effekt på arbejdsudbuddet, jf. afsnit 2.4 i rapporten. Den samfundsøkonomiske omkostning af ændret arbejdsudbud tillægges den samfundsøkonomiske omkostning beskrevet ovenfor, og udgør dermed den samlede samfundsøkonomiske omkostning af en CO₂-afgift.

Den gennemsnitlige CO₂-skyggepris, svarende til den samlede gennemsnitlige omkostning pr. ton CO₂ for alle brancher, udgøres af denne sum delt med den samlede CO₂-reduktion.

Den marginale CO₂-skyggepris afspejler skyggeprisen ved reduktionen af yderligere et ton CO₂. Ved afgiftsforhøjelser svarer den marginale CO₂-skyggepris til afgiftssatsen pr. ton CO₂ efter afgiftsforhøjelse tillagt arbejdsudbudseffekt.

I modeller, hvor der gives tilskud til CCS/BECCS, vil tilskuddet isoleret set have en samfundsøkonomisk virkning. Det antages, at tilskuddet til CCS/BECCS præcis dækker omkostningerne til at opfange og lagre CO₂. Det indebærer, at den isolerede samfundsøkonomiske virkning af tilskud til CCS/BECCS kan opgøres som størrelsen på den del af tilskudspuljen, der udmøntes. Den gennemsnitlige CO₂-skyggepris svarer til det gennemsnitlige tilskud pr. ton CO₂, mens den marginale skyggepris svarer til den maksimale tilskudssats.

Erhvervsøkonomiske omkostninger

De erhvervsøkonomiske omkostninger beskriver den omkostning, som de afgiftsbelagte brancher påføres via forhøjelse af CO₂-afgifterne. De erhvervsøkonomiske

omkostninger er beregnet efter tilpasning, så omkostningerne dels består af den merafgiftsbetaling, brancherne skal betale, efter de har tilpasset deres produktion og sænket deres CO₂-udledninger (arealet A på figur 4), dels består de af de omkostninger, som brancherne har ved at omstille deres produktion (arealet C på figur 4). Dette kan alternativt formuleres som den umiddelbare afgiftsbelastning (A+C+D) fratrukket omstillingsgevinsten (D).

I Ekspertgruppens modeller er CO₂-udledningen opdelt på afgiftsbaser, mens de erhvervsøkonomiske omkostninger er fordelt på brancher. Til at fordele de erhvervsøkonomiske omkostninger ud på brancheniveau anvendes 69-branchegrupperingen fra Danmarks Statistik. For en del af afgiftsbaserne i Ekspertgruppens modeller er der en 1-til-1-mapping mellem basen og nationalregnskabsbrancherne. Det gælder fx for fiskeri og raffinaderier, og for disse brancher vil CO₂-grundlaget og afgiftssatserne for de relevante afgiftsbaser blot overføres til brancherne. For afgiftsbaserne "almindelig proces (ETS)", "almindelig proces (ikke-ETS)" og "mineralogiske processer mv." skal CO₂-grundlaget og afgiftssatserne dog spredes ud på flere brancher. For at gøre dette er det antaget, at afgiftsbasen "mineralogiske processer mv." stammer fra branchen "glas- og betonindustri". Denne industribranche antages ikke at betale afgifter for almindelig proces. Derudover antages det, at afgiftsbaserne for almindelig proces stammer fra de resterende industribrancher.

Til at fordele de to afgiftsbaser for almindelig proces ud på brancherne anvendes Danmarks Statistiks data til GrønREFORM, da det her er muligt at skelne mellem kvoteomfattede- og ikke-kvoteomfattede CO₂-udledninger fordelt på brancher.

Til at beregne belastning pr. beskæftigede og belastning ift. BVT er der anvendt branchefordelte beskæftigelsestal og BVT fra 2019 fra Danmarks Statistik. Det er således implicit antaget, at beskæftigelsen og BVT i 2030 er uændret fra niveauet i 2019.

Omstillingseffekter på arbejdsmarkedet

Omstillingseffekter på arbejdsmarkedet opstår, når erhvervsstrukturen ændrer sig i industrien, jf. rapportens afsnit 2.4.

Omstillingseffekterne på brancheniveau er i rapporten beregnet ud fra samme metode, som struktureffekterne for CO₂-udledning, jf. afsnit 1.3.3. For at tage højde for den store heterogenitet i virksomhedernes CO₂-intensitet på brancheniveau, er de 20 største kvoteregistrerede udledere i industrien taget ud af deres respektive nationalregnskabsbranche, og omstillingseffekterne for disse 20 virksomheder er beregnet efter samme fremgangsmåde, som for brancherne. Data for beskæftigelse og BVT i de 20 virksomheder er baseret på deres årsregnskaber for 2019.

Det Økonomiske Råds Sekretariat har også undersøgt omstillingseffekterne for afgiftsmodel 1 til Ekspertgruppens første delrapport. Resultater og sammenligning med resultaterne i rapportens afsnit 2.4 kan ses i boks 3.

Boks 3

Omstillingseffekter fra Det Økonomiske Råds Sekretariat

Omstillingseffekterne af afgiftsmodel 1 er også blevet beregnet af Det Økonomiske Råds Sekretariat (DØRS), der i forbindelse med deres 2020-rapport fra Det Miljøøkonomiske Råd (DMØR) selv har vurderet beskæftigelseseffekter af en højere CO₂-afgift. Regnemethoden bag beregningerne kan findes i DMØR-rapporten¹².

DØRS finder, at model 1 medfører en omstilling på ca. 2.500 personer i de berørte brancher, der oplever et beskæftigelsesfald, jf. tabel 9. Heraf står *Landbrug og Fiskeri mv.* og *Mineralogiske processer mv.* for størstedelen af omstillingen, ligesom ved omstillingseffekterne i rapportens afsnit 2.4.

Tabel 9. Omstillingseffekter for afgiftsmodel 1 fra DØRS

| | Antal beskæftigede | Ændring | |
|--|--------------------|---------|------|
| | | Antal | Pct. |
| Landbrug og Fiskeri mv. | 66.900 | -1.100 | -1,6 |
| Forsyning | 31.500 | +0 | +0,1 |
| Mineralogiske processer mv. | 14.600 | -400 | -2,8 |
| Øvrig industri | 294.800 | -0 | -0,0 |
| Indenlandsk transport | 34.200 | -0 | -0,0 |
| Brancher med mindsket beskæftigelse i alt | - | -2.500 | -0,4 |

Anm.: Beskæftigelsestallene er afrundet til nærmeste 100 personer. Brancherne med negative omstillingseffekter summerer ikke til tallene i "Brancher med mindsket beskæftigelse i alt". Det skyldes, at brancherne summerer over en række underbrancher, der både har hhv. positive og negative omstillingseffekter. "Brancher med mindsket beskæftigelse i alt" summerer kun over underbrancherne med negative omstillingseffekter.

Kilde: DØRS.

Der er en del data- og metodemæssige forskelle mellem omstillingsberegningerne for DØRS og beregningerne i rapporten, hvilket forklarer, hvorfor omstillingseffekterne afviger fra hinanden. DØRS anvender f.eks. en generel ligevægtsmodel, mens beregningerne i rapporten er partielle. Derudover anvendes der i rapporten generelt større struktureffekter end DØRS, hvilket særligt er gældende for landbrug, olieraffinaderier, mineralogiske processer mv. og almindelig proces. Det skyldes bl.a., at cement er adskilt fra øvrig mineralogi mv. i rapportens beregninger, ligesom de mest CO₂-intensive virksomheder i almindelig proces også er adskilt fra de mindre CO₂-intensive virksomheder fsva. opgørelsen af omstillingseffekter. Begge disse forskelle trækker i retning af større omstillingseffekter i rapporten.

¹² De Økonomiske Råds Sekretariat, Økonomi og Miljø 2020.

4. Beregningsprincipper for rumvarme

Udledningerne fra rumvarme udgør ca. 1,9 mio. tons i 2030, hvoraf udledningerne fra individuel varme udgør ca. 71 pct., jf. tabel 10. Udledningerne fra individuel varme kommer helt overvejende fra naturgas, mens de i den kollektive varmeproduktion først og fremmest kommer fra fossilt affald. Udledningerne fra rumvarme er baseret på Klimastatus og -fremskrivning 2021 og er ikke korrigeret for effekter af en højere kvotepris.

Tabel 10
Grundlag for rumvarme i 2025 og 2030

| | Grundlag i 2025 | | Grundlag i 2030 | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | Mio. ton CO ₂ | PJ | Mio. ton CO ₂ | PJ |
| Individuel varme (inkl. bygas) | 1,92 | 32,9 | 1,37 | 23,7 |
| - heraf gas | 1,66 | 29,2 | 1,23 | 21,6 |
| - heraf olie | 0,23 | 3,1 | 0,11 | 1,5 |
| - heraf bygas | 0,03 | 0,6 | 0,03 | 0,6 |
| Kollektiv varme¹ | 1,27 | 27,7 | 0,54 | 18,3 |
| - heraf gas | 0,21 | 3,6 | 0,12 | 2,0 |
| - heraf olie | 0,03 | 0,4 | 0,02 | 0,2 |
| - heraf kul | 0,16 | 1,7 | 0,00 | 0,0 |
| - heraf fossilt affald | 0,86 | 9,2 | 0,41 | 4,4 |
| - heraf biogent affald | 0,00 | 12,8 | 0,00 | 11,7 |
| Varme inkl. bygas i alt | 3,19 | 60,6 | 1,92 | 42,0 |

Anm.: Grundlaget er opgjort som CO₂-udledninger, knyttet til afbrænding af fossile brændsler. Der er ikke udledninger fra andre drivhusgasser end CO₂ fra fossile kilder. Der er herudover mindre udledninger fra andre drivhusgasser end CO₂ knyttet til afbrænding af biogene brændsler, som ikke er medtaget i grundlaget. I 2030 skønnes de med Klimastatus og -fremskrivning 2021 at udgøre ca. 0,2 mio. tons CO₂e. Der er usikkerhed knyttet til fordelingen af andre drivhusgasser end CO₂ på fossile brændsler hhv. biogene brændsler. Al ledningsført gas er opgjort som fossilt, da det marginale forbrug af ledningsgas påvirker det fossile ledningsgasforbrug, idet mængden af biogas i naturgasnettet er forudat at udgøre en fast mængde. Tallene er afrundede, derfor stemmer summene ikke nødvendigvis til totaleme. 1) For så vidt angår fossile brændsler til kollektiv varme er det samlede grundlag for kollektiv varme og el inkl. affald fordelt på varme hhv. el på baggrund af nuværende regler om fordeling af afgiftsgrundlag til varme på kraftvarmeværker. Fordelingen mellem el og varme vil afhænge af konkret model.

Kilde: Klimastatus og -fremskrivning 2021 og egne beregninger.

Energiafgiften på fossile brændsler til rumvarme er langt højere end energiafgiften på erhvervenes fossile brændsler til proces. Der er alene lagt op til omlægninger af energiafgiften mod CO₂-afgift og ikke forhøjelser af det samlede afgiftsniveau på rumvarme – dvs. en forhøjelse af CO₂-afgiften modsvares af en lempelse af

energiavgiften. Idet CO₂-indholdet varierer mellem de forskellige fossile brændsler, kan der ikke kompenseres 1:1 for hvert brændsel.

Konkret er lempelsen af energiavgiften beregnet sådan, at den samlede afgift på naturgas (energi- og CO₂-avgift) fastholdes uændret. Når afgiften på naturgas fastholdes uændret, vil afgiften på olie og særligt kul og fossilt affald (hvor CO₂-indholdet pr. energienhed er højest) stige. Desto mere af energiavgiften, som omlægges fra energiavgift til CO₂-avgift, desto større vil afvigelse fra de nuværende afgiftsniveauer være for de øvrige brændsler end naturgas. Ved en given forhøjelse af CO₂-avgiften for erhverv, hvor der evt. gives et bundfradrag for kvoteomfattede virksomheder, er der taget udgangspunkt i, at det er den fulde forhøjelse af CO₂-avgiften som omlægges, uanset om varmen er kvoteomfattet eller ej. I *tabel 11* er vist de nuværende energi- og CO₂-avgiftssatser samt satser ved en omlægning af CO₂-avgiften til 750 kr./ton.

Tabel 11
Nuværende afgiftssatser på rumvarme og satser ved en CO₂-avgift på 750 kr./ton

| | Energiavgift | CO ₂ -avgift | I alt | Energiavgift | CO ₂ -avgift | I alt |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------|---|-------------------------|-------------------------------|
| | -- Kr./GJ (2022-priser) -- | | | -- Kr./ton CO ₂ (2022-priser) -- | | |
| Nuværende satser | | | | | | |
| Naturgas | 63 | 10 | 73 | 1.105 | 179,2 | 1.284 |
| Olie | 63 | 13 | 76 | 851 | 179,2 | 1.031 |
| Kul | 63 | 17 | 80 | 661 | 179,2 | 840 |
| Fossilt affald | 63 | 17 | 80 | 667 | 179,2 | 846 |
| Biogent affald i blandede læs | 63 | 0 | 63 | "uendelig" ³ | 0 | "uendelig"³ |
| Affald gnst. (2022) ¹ | 63 | 8 ² | 71 | 1.482 | 179,2 | 1.662 |
| Affald gnst. (2030) ¹ | 63 | 5 ² | 68 | 2.471 | 179,2 | 2.650 |
| Efter omlægning | | | | | | |
| Naturgas | 30,5 | 43 | 73 | 534 | 750 | 1.284 |
| Olie | 30,5 | 56 | 86 | 412 | 750 | 1.162 |
| Kul | 30,5 | 71 | 102 | 320 | 750 | 1.070 |
| Fossilt affald | 30,5 | 71 | 101 | 323 | 750 | 1.073 |
| Biogent affald i blandede læs | 30,5 | 0 | 31 | "uendelig" ³ | 0 | "uendelig"³ |
| Affald gnst. (2022) ¹ | 30,5 | 32 ² | 62 | 717 | 750 | 1.467 |
| Affald gnst. (2030) ¹ | 30,5 | 19 ² | 50 | 1.195 | 750 | 1.945 |

Anm.: Til omregning mellem kr./GJ og kr./ton CO₂ er anvendt emissionsfaktorer på 0,057 ton/GJ for naturgas, 0,074 for olie og 0,09529 ton/GJ for kul og 0,09444 ton/GJ for fossilt affald 1) Det er lagt til grund, at den fossile andel af affald opgjort i energienheder udgør 45 pct. i 2022 og 27 pct. i 2030, jf. *Klimastatus og -fremskrivning 2021*. 2) Opgjort som den gennemsnitlige CO₂-avgift i blandet affald med en fossilandel på 45 pct. i 2022 og 27 pct. i 2030. 3) Da biogent affald opgøres som CO₂-neutralt, bliver energiavgiften opgjort pr. ton CO₂ uendeligt stor.

Kilde: Skatteministeriet, Klimastatus og -fremskrivning 2021 og egne beregninger.

Affald til forbrænding er ofte en blanding af fossilt og biogent affald. Ved sammenblandet affald betales samme energiavgift for den fossile og biogene del, men den biogene del er fritaget for CO₂-avgift. Ved omlægning af energiavgiften mod CO₂-avgift, indebærer det dermed en lempelse for det biogene affald blandet med fossilt affald, idet energiavgiften lempes uden en modgående effekt fra CO₂-avgiften. Derfor

giver en omlægning også samlet set et umiddelbart mindreprovenu fra rumvarme i 2025 og 2030, dvs. der samlet set lempes.

Der er alene opgjort nogle adfærdseffekter ved omlægning af energifgiften mod CO₂-afgift på rumvarme. Der er således beregningsteknisk lagt en CO₂-reduktion ind fra det fossile affald i kollektiv varme, jf. nedenfor. For så vidt angår provenu er det opgjort efter automatisk tilbageløb og inkl. arbejdsudbudseffekter. Der er ikke regnet adfærdseffekter i form af skift væk fra fossile brændsler på individuel rumvarme og alene beregningsteknisk fsva. det fossile affald.

For individuel varme, hvor det fossile energiforbrug helt overvejende udgøres af naturgas, hvor satsen fastholdes uændret, må adfærdseffekterne forventes at være meget begrænsede. Der vil dog alt andet lige være en effekt på det resterende olieforbrug, fx i form af skift fra oliefyr til varmepumpe, via en højere afgift. Jf. *tabel 10* er olieforbruget og CO₂-udledningerne herfra imidlertid meget små.

For så vidt angår kollektiv varme udgøres langt det største fossile energiforbrug af affald og i 2030 herud over af lidt naturgas og en begrænset mængde olie. Det største energifgiftsgrundlag udgøres imidlertid af det biogene affald, jf. *tabel 10*.

En højere afgift på afbrænding af fossilt affald vurderes at tilskynde affaldsforbrændingsanlæggene til at modtage mindre fossilt affald og evt. udsortere det fossile affald i blandede affaldslæs for dermed at påvirke sammensætningen af affald, der afbrændes. En omlægning af afgifterne vil derved tilskynde til en reduktion i fossil CO₂-udledninger fra affaldsforbrændingssektoren. Dette forstærkes yderligere af, at den aftalte kapacitetstilpasningen *Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi* fra 2020 gennemføres.

En lempet belastning af det biogene affald kan øge incitamentet til afbrænding af biogent affald, hvilket er i modstrid med intentionerne i *Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi* samt Danmarks EU-forpligtelse til at genanvende affald frem for at forbrænde det.

Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at skønne præcist over CO₂-effekterne af en omlægning af rumvarmeafgifterne på affaldsområdet. Det skyldes, at der inden for de seneste år er vedtaget en række tiltag for at reducere udledningen af CO₂ inden for affaldssektoren, som endnu ikke er trådt i kraft. Tiltagene vedrører EU-forpligtelser for affaldssektoren, kapacitetstilpasning, import, udsortering og genanvendelsesmål. De konkrete effekter af disse tiltag skal undersøges nærmere, herunder samspillet med øvrig regulering. Dette vurderes umiddelbart at ligge uden for Ekspertgruppens undersøgelsesområde.

Det er til brug for 1. delrapport lagt en beregningsteknisk reduktion ind af CO₂-udledningerne fra fossilt affald, som afspejler, at den højere afgift på fossilt affald tilskynder til at modtage mindre og udsortere mere fossilt affald. Denne beregningstekniske reduktion er opgjort på baggrund af semielasticiteten for kollektiv rumvarme, på ca. 0,9 PJ pr. 100 mio. kr., som er anvendt ved sammenvejning af de tekniske elasticiteter til makropriselasticiteten, jf. *tabel 6*. Konkret er anvendt en semielasticitet for fossilt affald på 0,086 mio. tons CO₂ pr. 100 mio. kr., baseret på et CO₂-indhold i fossilt affald på 94,44 kg/GJ. Den anvendte beregningstekniske effekt fra fossilt affald, kan potentielt afvige meget fra en effekt baseret på en nærmere analyse.

Opgørelse af varmeprisændringer

Ændringer i varmepriserne er opgjort som en årlig prisændring inklusive moms. Der er tale om stiliserede regneeksempler, hvor der er taget udgangspunkt i et standardhus med et varmeforbrug på 65 GJ og ændringen i afgiftssatsen pr. GJ. Der er dermed antaget fuld overvæltning af afgiftsændringen i prisen. For et standardhus opvarmet med oliefyr bliver den årlige varmeprisændring ved en CO₂-afgift på 750 kr. fx ca. 800 kr. årligt ($65 \text{ GJ} \times (86-76) \text{ kr./GJ} \times 1,25$). Varmeforbruget vil i praksis variere bl.a. med energistandard og størrelse.

For kollektiv varme betaler mange en pris baseret på kombinationen af varmekilder, herunder fx biomassekedler og varmepumper, der ikke bliver berørt af omlægningen. Der er i rapporten regnet på nogle illustrative eksempler på sammensætning af varmekilder.

Der er ved beregningerne ikke taget højde for evt. varmetab samt virkningsgrad.

5. Følsomhedsberegninger for erhverv

Der er foretaget følsomhedsberegninger med udgangspunkt i rapportens afgiftsmodel 1, hvor CO₂-afgiften for erhverv forhøjes til et ensartet niveau på 750 kr./ton CO₂ i 2030 med 50 pct. nedslag for kvoteprisen og med negativ afgift til BECCS, som følgende:

1. De tekniske semielasticiteter hhv. reduceres og øges med 70 pct. Det afspejler tilnærmelsesvist at den samlede anvendte makropriselasticitet på ca. -0,5 sænkes til -0,2 hhv. øges til -0,9, som udgør de to pukler ift. elasticiteten på de ca. -0,6 fra Labandeira et al. (2017), *jf. figur 2*. Øvrige forudsætninger fastholdes uændret. Der sammenholdes dels CO₂-effekter ved fastholdte afgiftssatser dels samfundsøkonomiske effekter ved fastholdt CO₂-effekt.
2. De strukturelle semielasticiteter hhv. reduceres og øges med 70 pct., svarende til, at den anvendte elasticitet på 5 reduceres hhv. øges til ca. 1,5 hhv. 8,5. Øvrige forudsætninger fastholdes uændret. Der sammenholdes dels CO₂-effekter ved fastholdte afgiftssatser dels samfundsøkonomiske effekter ved fastholdt CO₂-effekt.
3. Der anvendes effektskøn for struktureffekter for mineralogiske processer mv. og raffinaderier baseret på en følsomhedsanalyse, som bl.a. tager udgangspunkt i en antagelse om, at brancherne kun vil producere så længe profitten er større end deres afkastkrav. Øvrige forudsætninger fastholdes uændret. Der er her alene sammenholdt CO₂-effekter.

Der er ved følsomhedsberegningerne set bort fra omlægning af rumvarmeafgiften, ligesom der er set bort fra negativ afgift på BECCS. Nedenfor vises først resultaterne ved det centrale skøn.

5.1. Centralt skøn

En forhøjelse af CO₂-afgiften for erhverv til et ensartet niveau på 750 kr./ton CO₂ med 50 pct. nedslag for kvoteprisen (svarende til en sats på 375 kr./ton) og negativ afgift på BECCS, skønnes at reducere CO₂-udledningerne med ca. 3,5 mio. tons i 2030, ved anvendelse af ovenstående metode og semielasticiteter. Afgiftsforhøjelserne på erhvervene medfører isoleret set en reduktion af CO₂-udledningerne med ca. 2,9 mio. tons, *jf. tabel 12*. I tabellen er ikke medtaget effekter fra omlægning af rumvarmeafgiften til satsen på 750 kr./ton CO₂, ligesom der er set bort fra negativ afgift på BECCS.

Reduktionen i de samlede CO₂-udledninger for erhverv er i høj grad drevet af reduktioner inden for de mineralogiske processer mv., særligt cement, samt for raffinaderier, hvor grundlagene er store, og hvor semielasticiteterne endvidere er høje. Reduktionerne herfra udgør ca. 1,9 mio. tons, eller knap 70 pct. af de samlede reduktioner. En stor del af disse branchers reduktioner kan endvidere henføres til struktureffekter.

Tabel 12

Model 1. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved centralt skøn

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Grundlag | Umiddel- bar belast- ning | Provenu efter ad- færd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk re- duktion | Samfunds- økonomisk omkostning (faktorpri- ser) |
|---|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 375 | 0,49 | 100 | 50 | -0,1 | 0,7 | 30 |
| Alm. proces (ikke- ETS) | 323 | 750 | 0,66 | 300 | 125 | -0,2 | 0,7 | 120 |
| Landbrug mv. | 264 | 750 | 0,70 | 300 | 200 | -0,1 | [0,7-1,0] ¹ | 50 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 375 | 0,02 | 0 | 0 | 0,0 | 0,7 | 0 |
| Gartnerier (ikke- ETS) | 271 | 750 | 0,05 | 50 | 50 | 0,0 | 0,7 | 10 |
| Mineralogiske pro- cesser mv. (cement) | [0-65] ² | 375 | 1,51 | 475 | 0 | -1,3 | 0,1 | 200 |
| Mineralogiske pro- cesser mv. (ikke-ce- ment) | [0-65] ² | 375 | 0,75 | 225 | 125 | -0,3 | 0,3 | 50 |
| Nordsø | 0 | 375 | 0,99 | 325 | 250 | -0,2 | 0,9 | 30 |
| Raffinaderier | 0 | 375 | 0,81 | 275 | 125 | -0,3 | 0,3 | 60 |
| Fiskere | 0 | 750 | 0,25 | 175 | 75 | -0,1 | 0,3 | 40 |
| Færger | 0 | 750 | 0,60 | 400 | 250 | -0,2 | 0,6 | 70 |
| Jernbane | 179 | 750 | 0,06 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduk- tion | 0 | 375 | 0,28 | 100 | 75 | 0,0 | 0,5 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 375 | 0,16 | 50 | 50 | 0,0 | 0,5 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 7,33 | 2.825 | 1.400 | -2,9 | 0,3 | 930 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) 320 kr./ton CO₂ | | | | | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.

Kilde: Egne beregninger.

5.2. Ændret makropriselasticitet fsva. teknisk effekt

I dette afsnit foretages en følsomhedsanalyse, hvor de tekniske semielasticiteter hhv. reduceres og øges med 70 pct. Det afspejler tilnærmelsesvist, at den samlede

makropriselasticitet sænkes til -0,2 hhv. øges til -0,9, som udgør de to pukler ift. elasticiteten på de ca. -0,6 fra Labandeira et al. (2017), jf. figur 2.

Der er vist modeller, hvor CO₂-effekten hhv. satsen fastholdes ift. hovedmodellen 1. Tabel 13 giver en oversigt over modellerne og CO₂-effekterne samt den gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning pr. tons CO₂ i 2030 ved de forskellige modeller.

Tabel 13
Oversigt over modeller i følsomhedsanalysen ved ændret teknisk effekt

| | Fastholdt ift. model 1 | Sats for ikke-kvote /kvote | CO ₂ -reduk- tion i 2030 | Følsomhed teknisk ela- sticitet | Gns. sam- fundsøko- nomisk om- kostning i 2030 |
|--|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| | | Kr./ton CO ₂ | Mio. ton CO ₂ | | Kr./ton CO ₂ |
| Model 1 (centralt skøn) | - | 750/375 | -2,9 | - | 320 |
| Model 2a | Samme CO ₂ -effekt | 948/572 | -2,9 | Reduceret 70 pct. | 410 |
| Model 2b | Samme CO ₂ -effekt | 662/286 | -2,9 | Forhøjet 70 pct. | 280 |
| Model 3a | Samme sats | 750/375 | -2,4 | Reduceret 70 pct. | 330 |
| Model 3b | Samme sats | 750/375 | -3,4 | Forhøjet 70 pct. | 310 |

Kilde: Egne beregninger.

I bilag 2 er vist de detaljerede resultater af følsomhedsmodellerne.

Hvis makropriselasticiteten sænkes med 70 pct., skal satsen stige med ca. 26 pct. uden for kvotesektoren og ca. 53 pct. inden for kvotesektoren ved fastholdt CO₂-reduktion (model 2a). Hvis makropriselasticiteten derimod øges med 70 pct., skal satsen falde med ca. 12 pct. uden for kvotesektoren og ca. 24 pct. inden for kvotesektoren ved fastholdt CO₂-reduktion (model 2b).

Den samfundsøkonomiske omkostning på 320 kr./ton, ved det centrale skøn, stiger til 410 kr./ton, med en reduktion af elasticiteten på 70 pct. (model 2a), mens den falder til 280 kr./ton, med en forhøjelse af elasticiteten på 70 pct. (model 2b). Hvis makropriselasticiteten i absolutte termer er skønnet for høj, vil de faktiske samfundsøkonomiske omkostninger ved at nå en given reduktion være højere end lagt til grund. Er makropriselasticiteten derimod i absolutte termer skønnet for lav, vil de faktiske gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostninger være lavere end lagt til grund. Givet usikkerhed er den forventede gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning således større end det centrale skøn på 320 kr./ton CO₂, da gennemsnittet af de 280 kr./ton og 410 kr./ton, svarende til 350 kr./ton, er større end de 320 kr./ton. Det afspejler, at den samfundsøkonomiske omkostning ved at fordoble en afgift mere end fordobles. Forvridningen af forbruget via højere afgift mere end fordobles. Herudover bidrager effekten på arbejdsudbuddet til en højere samfundsøkonomisk omkostning pr. ton CO₂.

Ændringer i den samfundsøkonomiske omkostning på tværs af brancher påvirkes dog også af, at den tekniske semielasticitet udgør en meget forskellig andel af den samlede semielasticitet (teknisk og struktur) i de forskellige brancher (den varierer mellem 12 og 100 pct.), hvorfor en ændring af semielasticiteten på +/-70 pct. er en meget forskellig ændring af den samlede semielasticitet for de forskellige brancher. For de mineralogiske processer mv., særligt for cement, og raffinaderier – som i høj grad driver de samlede CO₂-effekter – dominerer struktureffekterne. Dermed påvirkes den samlede elasticitet ved en ændring af den tekniske semielasticitet kun i mindre grad, og dermed også deres CO₂-reduktioner. For andre brancher, hvor den tekniske effekt er høj, påvirker det i højere grad deres CO₂-reduktioner. Dermed påvirkes sammensætningen af CO₂-reduktionerne på brancher, og da der ikke er samme samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂ i de forskellige brancher, påvirkes den samlede gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂ på tværs af brancher heraf.

Fastholdes satsen på de 750/375 kr./ton hhv. uden for og inden for kvotesektoren, indebærer en reduktion af makropriselasticiteten med 70 pct., en reduktion af CO₂-effekten på ca. 19 pct. (model 3a). En forhøjelse af makropriselasticiteten på 70 pct. indebærer en forhøjelse af CO₂-effekten på ca. 17 pct. (model 3b). Der er ikke symmetri, hvilket dels skyldes, at den funktionelle form er konstant semielastisk, dels skyldes det ændret sammensætning af CO₂-reduktionerne på tværs af brancher. Det kan også forklare, at den samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂ stiger med en reduktion af makropriselasticiteten, og falder med en stigning i makropriselasticiteten for en given afgiftssats. Hertil kommer, at arbejdsudbudseffekten stiger med en reduktion af makropriselasticiteten, hvilket bidrager til en højere samfundsøkonomisk omkostning pr. ton CO₂, og omvendt ved en stigning i makropriselasticiteten.

5.3. Ændret elasticitet fsva. struktureffekt

I dette afsnit foretages en følsomhedsanalyse, hvor de strukturelle semielasticiteter hhv. reduceres og øges med 70 pct., omtrent svarende til en elasticitet på 1,5 hhv. 8,5 ift. det centrale skøn på 5 ift. produktionsværdi (2 pct. ift. BFI). Følsomheden er også anvendt for de brancher, hvor der ikke anvendes metoden med en elasticitet på 2 pct. ift. BFI, da usikkerheden omkring de strukturelle effekter også for disse er betydelig.

Der er, som for de tekniske effekter, vist modeller, hvor CO₂-effekten hhv. satsen fastholdes ift. hovedmodellen 1.

Tabel 14 giver en oversigt over modellerne og CO₂-effekterne samt den gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning pr. tons CO₂ i 2030 ved de forskellige modeller.

Tabel 14
Oversigt over modeller i følsomhedsanalysen ved ændret struktureffekt

| | Fastholdt ift. model 1 | Sats ikke-kvote /kvote | CO₂-reduk- tion i 2030 | Følsomhed strukturel semiela- sticitet | Gns. sam- fundsøko- nomisk om- kostning i 2030 |
|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|
| | | <i>Kr./ton CO₂</i> | <i>Mio. ton CO₂</i> | | <i>Kr./ton CO₂</i> |
| Model 1 (centralt skøn) | - | 750/375 | -2,9 | - | 320 |
| Model 4a ¹ | Samme CO ₂ -effekt | 1.023/647 | -2,9 | Reduceret 70 pct. | 520 |
| Model 4b | Samme CO ₂ -effekt | 645/269 | -2,9 | Forhøjet 70 pct. | 250 |
| Model 5a | Samme sats | 750/375 | -2,0 | Reduceret 70 pct. | 410 |
| Model 5b | Samme sats | 750/375 | -3,5 | Forhøjet 70 pct. | 290 |

Anm.: 1) I model 4a overstiger afgiften indenfor kvotesektoren 600 kr./ton, hvor bagstopperen for cement sætter ind. Der er ikke taget højde for denne bagstopper i følsomhedsberegningen.

Kilde: Egne beregninger.

I *bilag 3* er vist de detaljerede resultater af følsomhedsmodellerne.

Det ses igen, som ved følsomhedsberegningerne vedrørende de tekniske effekter, at givet usikkerheden om effekternes størrelse, vil den gennemsnitlige samfundsøkonomiske omkostning være højere end det centrale skøn på 320 kr./ton, idet gennemsnittet af den samfundsøkonomiske omkostning ved modellerne 4a og 4b, hvor CO₂-effekten fastholdes ved en ændring af semielasticiteten med +/- 70 pct. er 390 kr./ton.

Fastholdes satsen på de 750/375 kr./ton hhv. uden for og inden for kvotesektoren, indebærer en reduktion af semielasticiteten med 70 pct., en reduktion af CO₂-effekten på ca. 32 pct. (model 5a). En forhøjelse af semielasticiteten på 70 pct. indebærer en forhøjelse af CO₂-effekten på ca. 18 pct. (model 3b). En forhøjelse af den strukturelle semielasticitet med 70 pct. har stort set samme effekt på CO₂-udledningen som en forhøjelse af den tekniske semielasticitet med 70 pct., hvorimod en reduktion af den strukturelle semielasticitet med 70 pct. har langt større effekt. En ændring af den strukturelle semielasticitet har, jf. tidligere, stor betydning for CO₂-effekten fra mineralogiske processer mv. (særligt cement) samt for raffinaderierne og dermed for de samlede CO₂-effekter.

Som ved ændring af de tekniske semielasticiteter påvirkes sammensætningen af CO₂-reduktionerne og dermed den samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂ på tværs af brancher med ændringer af de strukturelle semielasticiteter. På tilsvarende vis påvirker arbejdsudbudseffekten den samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂.

5.4. Ændrede struktureffekter for mineralogiske processer mv. og raffinaderierne

De samlede struktureffekter/erhvervsforskydninger drives i høj grad af effekterne for de mineralogiske processer mv., særligt cement, og raffinaderier, hvor grundlaget er stort, og hvor de erhvervsstrukturelle semielasticiteter er høje, jf. ovenfor. For de mineralogiske processer mv. og raffinaderier er der derfor lavet en yderligere følsomhedsanalyse af disse branchers struktureffekter, hvor struktureffekterne baseres på branchernes nationalregnskab, enkeltvirksomheders regnskabstal og en antagelse om, at brancherne kun vil producere så længe profitten er større end deres afkastkrav. Metoden gennemgås mere detaljeret i *bilag 4*.

I denne følsomhedsanalyse vurderes mineralogiske processer mv. i mindre grad at kunne skalere deres produktion (grundet store kapacitetsomkostninger) og i højere grad at ville træffe en binær beslutning om at lukke eller fortsætte. Dette indebærer, at den funktionelle form i følsomhedsanalysen er S-formet frem for konveks (som i den anvendte metode med konstant semielasticitet). For raffinaderierne er den funktionelle form i følsomhedsanalysen konkav frem for konveks. I begge tilfælde trækker det i retning af lavere struktureffekter ved lavere afgiftsniveauer og større effekter ved højere afgiftsniveauer ift. den anvendte metode. For raffinaderierne er struktureffekterne ved følsomhedsanalysen dog generelt lavere end ved den anvendte metode, medmindre der er tale om afgiftsniveauer som ligger et godt stykke ud over hvad der er set på i første delrapport, jf. *bilag 4*.

Anvendes struktureffekterne fra følsomhedsanalysen her ses det, at det især er CO₂-effekten fra mineralogiske processer mv. som påvirkes, samt at forskellene i struktureffekterne fra mineralogiske processer mv. bliver større, jo mindre afgiftsforhøjelser, der ses på, jf. *tabel 15 og 16*. I *tabel 15* er vist forskelle i CO₂-effekter ved afgiftsforhøjelsen på 750 kr. uden for kvotesektoren og 375 kr./ton inden for kvotesektoren, svarende til 50 pct. kvotenedslag, ligesom for de øvrige følsomhedsanalyser, mens forskellen er vist i *tabel 16* ved en forhøjelse af CO₂-afgiften til 100 kr./ton (uden at nogen afgifter lempes).

Samlet set vil anvendelsen af struktureffekterne fra følsomhedsanalysen føre til en yderligere CO₂-effekt ved afgiftsmodellen på 750/375 kr./ton på 0,1 mio. tons i 2030. Den isolerede forskel for de mineralogiske processer mv. udgør en yderligere CO₂-reduktion på 0,2 mio. tons, da sandsynligheden for nedlukning af cementproduktion vurderes at være større ud fra antagelserne i følsomhedsanalysen, end ved den anvendte metode i første delrapport. Ved afgiftsmodellen på 100 kr./ton vil anvendelse af struktureffekterne fra følsomhedsanalysen derimod reducere CO₂-effekten med 0,4 mio. tons i 2030. Heraf står forskellene fra mineralogiske processer mv. for 0,3 mio. tons. Den lavere effekt fra mineralogiske processer mv. skyldes, at sandsynligheden for nedlukning af cementproduktion er mindre i følsomhedsanalysen end ved den anvendte metode.

Tabel 15

Model 6. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030. Centralt skøn bortset fra ændrede struktureffekter for mineralogiske processer mv. og raffinaderier

| | Afgiftssats efter omlæg- ning 2030 | Forhøjelse i 2030 | CO ₂ -effekt | | |
|---|--|----------------------|--------------------------------|------------------|-------------|
| | | | Centralt skøn | Case- studier | Forskel |
| | -- Kr./ton CO ₂ -- | | -- Mio. ton CO ₂ -- | | |
| Mineralogiske processer mv. (cement og ikke-ce- ment) | 375 | [310-375] | -1,6 | -1,8 | -0,2 |
| Raffinaderier | 375 | 375 | -0,3 | -0,2 | 0,1 |
| Øvrige brancher, cen- tralt skøn | [375-750] | [375-750] | -1,0 | -1,0 | 0,0 |
| I alt | | | -2,9 | -3,0 | -0,1 |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger.
Kilde: Egne beregninger.

Tabel 16

Model 7. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 100 kr./ton CO₂ i 2030, hvor ingen nedsættes. Centralt skøn bortset fra ændrede struktureffekter for mineralogiske processer mv. og raffinaderier

| | Afgiftssats efter omlæg- ning 2030 | Forhøjelse i 2030 | CO ₂ -effekt | | |
|---|--|----------------------|--------------------------------|------------------|------------|
| | | | Centralt skøn | Case- studier | Forskel |
| | -- Kr./ton CO ₂ -- | | -- Mio. ton CO ₂ -- | | |
| Mineralogiske processer mv. (cement og ikke-ce- ment) | 100 | [35-100] | -0,6 | -0,3 | 0,3 |
| Raffinaderier | 100 | 100 | -0,1 | -0,0 | 0,1 |
| Øvrige brancher, cen- tralt skøn | [100-323] | [0-100] | -0,1 | -0,1 | 0,0 |
| I alt | | | -0,8 | -0,4 | 0,4 |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger.
Kilde: Egne beregninger.

6. Overvejelser frem mod den endelige af-rapportering

I det ovenstående er beskrevet beregningsprincipperne i den første delrapport. I den endelige af-rapportering vil der yderligere gennemgås beregningsprincipper for områderne, som ikke er omfattet af første delrapport.

Der pågår et tværministerielt arbejde med at færdigudvikle den generelle ligevægtsmodel GrønREFORM. Frem mod den endelige af-rapportering vil der arbejdes videre med at færdigudvikle modellen, og den vil blive anvendt i Ekspertgruppens endelige af-rapportering, i det omfang det er muligt. Modellen forventes både at kunne anvendes på de områder, som er omfattet af første delrapport, samt nye områder som landbrugets ikke-energi-relaterede udledninger. Derudover vil modellen direkte kunne tage højde for generelle ligevægtseffekter og bl.a. tage højde for samspilseffekter mellem afgiftsomlægningerne på de forskellige brancher. GrønREFORM er kort beskrevet i *boks 4*.

Boks 4

Kort beskrivelse af GrønREFORM

GrønREFORM er en generel miljø- og klimækonomisk ligevægtsmodel, som kan vurdere miljø- og klimaeffekter af den økonomiske aktivitet, samt økonomiske effekter af miljø- og klimapolitiske tiltag. Modellen udvikles af modelgruppen DREAM i samarbejde med forskere fra Københavns og Aarhus Universitet samt DTU.

GrønREFORM består af en hovedmodel og en række delmodeller, der beskriver særligt betydende sektorer for klima og miljø. Hovedmodellen er en generel ligevægtsmodel, der beskriver den samlede økonomiske aktivitet i Danmark, og samler resultater fra delmodellerne. Der udvikles delmodeller for energisektoren, transportsektoren, landbruget og affaldssektoren.

Modellen består af 59 brancher, der hver især anvender input i form af bygningskapital, maskinkapital, arbejdskraft, materialer og forskellige typer af energigoder, samt af husholdninger som får nytte af forbrug og fritid. Der eksisterer 27 energigoder i modellen, og branchernes og husholdningernes energi-relaterede udledninger kobles direkte til anvendelsen af energigoderne. De ikke-energi-relaterede udledninger knyttes til anvendelsen af de input, som giver anledning til udledningerne. Der eksisterer 14 typer af drivhusgasudledninger og der skelnes mellem territoriale udledninger og udledninger fra international transport.

Bilag 1. Udledning af ligninger vedr. struktureffekter

Overvæltningsgrad og ændring i indenlandsk produktion

Der ses på en indenlandsk eksportbranche, som i konkurrence med udenlandske producenter sælger sine varer på verdensmarkedet. For at forenkle fremstillingen ses der på en afgift t på dansk produktion.

Ligevægt på "verdensmarkedet" indebærer:

$$(1) \quad s(p - t) + S(p) = D(p)$$

Dansk produktion kaldes s , mens udenlandsk produktion betegnes S og efterspørgslen på verdensmarkedet (dvs. fra såvel indland som resten af verden) kaldes D . Verdensmarkedsprisen er p . Virksomhederne forudsættes at være pristagere. Når der indføres en (lille) afgift på dt må der da gælde, at:

$$(2) \quad s'(dp - dt) + S'dp = D'dp$$

Ligning (2) kan benyttes til at udlede et udtryk for afgiftens overvæltningsgrad b , altså den stigning i verdensmarkedsprisen, som den indenlandske afgift udløser. Det giver:

$$(3) \quad b \equiv \frac{dp}{dt} = \frac{e^s}{e^s + \left\{ (1-a) \frac{\varepsilon^S}{a} + \frac{\varepsilon^D}{a} \right\}}$$

hvor elasticiteten af indlandets udbud med hensyn til nettoprisen $p-t$ er:

$$(4) \quad e^s \equiv \frac{ds}{d(p-t)} \frac{p-t}{s}$$

mens udbudselasticiteten for udenlandske procenter er:

$$(5) \quad \varepsilon^S \equiv \frac{dS}{dp} \frac{p}{S}$$

og den (numeriske) elasticitet af efterspørgslen på verdensmarkedet med hensyn til verdensmarkedsprisen er:

$$(6) \quad \varepsilon^D \equiv - \frac{dD}{dp} \frac{p}{D}$$

mens a betegner de indenlandske virksomheders andel af det globale marked, dvs.:

$$(7) \quad a \equiv \frac{s}{D}$$

Udtrykket i den krøllede parentes i nævneren i (3) kan forstås som elasticiteten i efterspørgslen efter indenlandsk produktion ved en stigning i verdensmarkedsprisen. Denne effekt vil afspejle, at øget verdensmarkedspris dels fører til mindre global efterspørgsel, dels øget udenlandsk produktion. Hvis a er lille – dvs. hvis indlandets produktion kun udgør en lille del af det globale marked – så vil denne elasticitet være numerisk (potentielt meget) stor.

Det skal understreges, at det må forventes, at såvel priselasticiteter som indenlandsk markedsandel varierer fra branche til branche.

Ændringen i indenlandsk produktion bliver:

$$(8) \quad s'(dp - dt) = s'(b - 1)dt = -e^s \frac{s}{p}(1 - b)dt \\ = - \frac{1}{\frac{1}{e^s} + \left(\frac{1}{(1-a)\frac{\varepsilon^s}{a} + \frac{\varepsilon^D}{a}} \right)} s \frac{dt}{p}$$

I det tilfælde hvor udlandets nettoefterspørgsel er meget prisfølsom – fx fordi indlandet er ganske lille i forhold til verdensmarkedet – vil sidste led i nævneren i udtrykket længst til højre være lille. I det tilfælde vil virkningen på den indenlandske produktion overvejende bestemmes af priselasticiteten af det indenlandske udbud.

Udtrykkene (3) og (8) er anvendt i *afsnit 1.3.3*.

Produktionsværdi, faktorindkomst og udbudselasticitet

Der findes så vidt vides ikke empirisk viden om danske virksomheders udbudselasticitet, dvs. parameteren e^s . I stedet kan der opstilles nogle regneeksempler, som kan bruges til at identificere mulige helt grove størrelsesordener under nogle nærmere forudsætninger.

Som bud på to "polære" forudsætninger, er der taget udgangspunkt i en lineær udbudsfunktion og en udbudsfunktion med konstant priselasticitet.

Hvis det forudsættes, at udbuddet s er *lineært* i prisen p , kan udbudsfunktionen skrives som

$$(9) \quad s = (1 - e^s)s_0 + e^s \frac{s_0}{p_0} p$$

hvor parametrene i den lineære funktion er valgt således, at den konventionelt definerede priselasticitet udgør e^s når der ved prisen p_0 produceres mængden s_0 . Producenternes bruttooverskud fra driften (dvs. bruttoestindkomsten) i udgangspunktet bliver da:

$$(10) \quad \pi_0 = \frac{1}{2} \left(p_0 - \frac{e^s - 1}{e^s} p_0 \right) s_0 = \frac{1}{2} \frac{p_0 s_0}{e^s}$$

Som kan bruges til at udlede den værdi af udbudselasticiteten som er konsistent med (1) forudsætningen om lineært udbud og (2) nationalregnskabsdata for

produktionsværdi $p_0 s_0$ og bruttoestindkomst π_0 . Det giver:

$$(11) \quad e^s = \frac{1}{2} \frac{p_0 s_0}{\pi_0}$$

Ved konstant elasticitet er udbudsfunktionen:

$$(12) \quad s = (p)^{e^s}$$

eller svarende til marginalomkostningsfunktionen:

$$(13) \quad p = (s)^{\frac{1}{e^s}}$$

hvorved de totale variable omkostninger kan beregnes som:

$$(14) \quad TVC = \int_0^{s_0} (s)^{\frac{1}{e^s}} ds = \frac{e^s}{1 + e^s} (s_0)^{1 + \frac{1}{e^s}}$$

Herefter kan bruttooverskuddet skrives som:

$$(15) \quad \pi_0 = p_0 s_0 - TVC = \frac{1}{1 + e^s} (s_0)^{1 + \frac{1}{e^s}} = \frac{p_0 s_0}{1 + e^s}$$

der endelig kan bruges til at isolere udbudselasticiteten:

$$(16) \quad e^s = \frac{p_0 s_0}{\pi_0} - 1$$

Udtrykkene (11) og (16) er anvendt i *afsnit 1.3.3*.

Bilag 2. Resultater af følsomhedsmodellerne for teknisk semielasticitet

Tabel 2.1
Model 2a. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 948 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved reduktion af tekniske semielasticiteter med 70 pct. ved fastholdt CO₂-reduktion

| | Afgiftssats før omlægning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu efter adfærd | CO ₂ -effekt | Heraf teknisk reduktion | Samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) |
|--|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 572 | 200 | 125 | -0,1 | 0,4 | 30 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 948 | 425 | 250 | -0,2 | 0,4 | 110 |
| Landbrug mv. | 264 | 948 | 425 | 325 | -0,1 | [0,4-1,0] ¹ | 40 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 572 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 948 | 75 | 50 | 0,0 | 0,4 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 572 | 750 | -25 | -1,4 | 0,0 | 270 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 572 | 350 | 175 | -0,3 | 0,1 | 90 |
| Nordsø | 0 | 572 | 500 | 400 | -0,1 | 0,7 | 30 |
| Raffinaderier | 0 | 572 | 425 | 175 | -0,4 | 0,1 | 100 |
| Fiskere | 0 | 948 | 225 | 100 | -0,1 | 0,1 | 50 |
| Færger | 0 | 948 | 500 | 350 | -0,1 | 0,3 | 70 |
| Jernbane | 179 | 948 | 50 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 572 | 150 | 100 | 0,0 | 0,2 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 572 | 75 | 75 | 0,0 | 0,2 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 4.125 | 2.150 | -2,9 | 0,2 | 1.190 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 410 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.
 Kilde: Egne beregninger.

Tabel 2.2

Model 2b. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 662 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved forhøjelse af tekniske semielasticiteter med 70 pct. ved fastholdt CO₂-reduktion

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu ef- ter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduk- tion | Samfundsøko- nomisk om- kostning (fak- torpriser) |
|---|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 286 | 75 | 25 | -0,1 | 0,8 | 20 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 662 | 250 | 75 | -0,3 | 0,8 | 130 |
| Landbrug mv. | 264 | 662 | 250 | 150 | -0,1 | [0,8-1,0] ¹ | 60 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 286 | 0 | 0 | 0,0 | 0,8 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 662 | 50 | 50 | 0,0 | 0,8 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 286 | 350 | 25 | -1,2 | 0,2 | 150 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 286 | 175 | 100 | -0,2 | 0,4 | 40 |
| Nordsø | 0 | 286 | 250 | 175 | -0,2 | 0,9 | 30 |
| Raffinaderier | 0 | 286 | 200 | 100 | -0,3 | 0,4 | 40 |
| Fiskere | 0 | 662 | 150 | 50 | -0,1 | 0,5 | 40 |
| Færger | 0 | 662 | 350 | 200 | -0,2 | 0,7 | 70 |
| Jernbane | 179 | 662 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 286 | 75 | 50 | 0,0 | 0,6 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 286 | 50 | 25 | 0,0 | 0,6 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.250 | 1.075 | -2,9 | 0,5 | 810 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) 280 kr./ton CO₂ | | | | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satsen vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.

Kilde: Egne beregninger.

Tabel 2.3

Model 3a. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved reduktion af tekniske semielasticiteter med 70 pct.

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu ef- ter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduk- tion | Samfundsøko- nomisk om- kostning (fak- torpriser) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 375 | 100 | 75 | -0,1 | 0,4 | 10 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 750 | 300 | 200 | -0,1 | 0,4 | 70 |
| Landbrug mv. | 264 | 750 | 300 | 250 | 0,0 | [0,4-1,0] ¹ | 20 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 375 | 0 | 0 | 0,0 | 0,4 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 750 | 50 | 50 | 0,0 | 0,4 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 375 | 475 | 25 | -1,3 | 0,0 | 200 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 375 | 225 | 125 | -0,2 | 0,1 | 40 |
| Nordsø | 0 | 375 | 325 | 275 | -0,1 | 0,7 | 10 |
| Raffinaderier | 0 | 375 | 275 | 150 | -0,3 | 0,1 | 50 |
| Fiskere | 0 | 750 | 175 | 100 | -0,1 | 0,1 | 30 |
| Færger | 0 | 750 | 400 | 275 | -0,1 | 0,3 | 40 |
| Jernbane | 179 | 750 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 375 | 100 | 75 | 0,0 | 0,2 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 375 | 50 | 50 | 0,0 | 0,2 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.825 | 1.675 | -2,4 | 0,1 | 780 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 330 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.

Kilde: Egne beregninger.

Tabel 2.4

Model 3b. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved forhøjelse af tekniske semielasticiteter med 70 pct.

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu ef- ter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduk- tion | Samfundsøko- nomisk om- kostning (fak- torpriser) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 375 | 100 | 50 | -0,1 | 0,8 | 40 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 750 | 300 | 75 | -0,3 | 0,8 | 160 |
| Landbrug mv. | 264 | 750 | 300 | 175 | -0,2 | [0,8-1,0] ¹ | 80 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 375 | 0 | 0 | 0,0 | 0,8 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 750 | 50 | 50 | 0,0 | 0,8 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 375 | 475 | 0 | -1,3 | 0,2 | 200 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 375 | 225 | 100 | -0,3 | 0,4 | 60 |
| Nordsø | 0 | 375 | 325 | 225 | -0,2 | 0,9 | 40 |
| Raffinaderier | 0 | 375 | 275 | 125 | -0,4 | 0,4 | 70 |
| Fiskere | 0 | 750 | 175 | 75 | -0,1 | 0,5 | 50 |
| Færger | 0 | 750 | 400 | 200 | -0,2 | 0,7 | 80 |
| Jernbane | 179 | 750 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 10 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 375 | 100 | 75 | -0,1 | 0,6 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 375 | 50 | 50 | 0,0 | 0,6 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.825 | 1.175 | -3,4 | 0,5 | 1.050 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 310 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelate-rede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.
Kilde: Egne beregninger.

Bilag 3. Resultater af følsomhedsmodellerne for strukturel semielasticitet

Tabel 3.1

Model 4a. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 1.023 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved reduktion af strukturelle semielasticiteter med 70 pct. ved fastholdt CO₂-reduktion

| | Afgiftssats før omlægning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu efter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduktion | Samfundsøko- nomisk omkostning (faktorpriser) |
|--|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 647 | 225 | 100 | -0,2 | 0,9 | 60 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 1.023 | 475 | 175 | -0,3 | 0,9 | 180 |
| Landbrug mv. | 264 | 1.023 | 475 | 300 | -0,1 | [0,9-1,0] ¹ | 90 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 647 | 0 | 0 | 0,0 | 0,9 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 1.023 | 75 | 50 | 0,0 | 0,9 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 647 | 850 | 150 | -1,1 | 0,3 | 310 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 647 | 400 | 225 | -0,2 | 0,6 | 80 |
| Nordsø | 0 | 647 | 575 | 375 | -0,2 | 1,0 | 70 |
| Raffinaderier | 0 | 647 | 475 | 250 | -0,3 | 0,6 | 90 |
| Fiskere | 0 | 1.023 | 225 | 125 | -0,1 | 0,6 | 50 |
| Færger | 0 | 1.023 | 550 | 325 | -0,2 | 0,8 | 90 |
| Jernbane | 179 | 1.023 | 50 | 25 | 0,0 | 1,0 | 10 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 647 | 150 | 125 | 0,0 | 0,8 | 20 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 647 | 100 | 75 | 0,0 | 0,8 | 10 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 4.625 | 2.325 | -2,9 | 0,6 | 1.510 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 520 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.) 3) Afgiften indenfor kvotesektoren overstiger 600 kr./ton, hvor bagstopperen for cement sætter ind. Der er ikke taget højde for denne bagstopper i følsomhedsberegningen her.

Kilde: Egne beregninger.

Tabel 3.2

Model 4b. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 645 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved forhøjelse af strukturelle semielasticiteter med 70 pct. ved fastholdt CO₂-reduktion

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu ef- ter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduk- tion | Samfundsøko- nomisk om- kostning (fak- torpriser) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 269 | 50 | 25 | -0,1 | 0,6 | 10 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 645 | 250 | 100 | -0,2 | 0,6 | 100 |
| Landbrug mv. | 264 | 645 | 250 | 150 | -0,1 | [0,6-1,0] ¹ | 40 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 269 | 0 | 0 | 0,0 | 0,6 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 645 | 50 | 50 | 0,0 | 0,6 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 269 | 325 | -25 | -1,4 | 0,1 | 150 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 269 | 150 | 75 | -0,3 | 0,2 | 40 |
| Nordsø | 0 | 269 | 250 | 175 | -0,1 | 0,8 | 20 |
| Raffinaderier | 0 | 269 | 200 | 100 | -0,4 | 0,2 | 40 |
| Fiskere | 0 | 645 | 150 | 50 | -0,1 | 0,2 | 40 |
| Færger | 0 | 645 | 350 | 200 | -0,2 | 0,5 | 60 |
| Jernbane | 179 | 645 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 269 | 75 | 50 | 0,0 | 0,4 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 269 | 50 | 25 | 0,0 | 0,4 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.125 | 1.050 | -2,9 | 0,3 | 720 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 250 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Sætser vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.

Kilde: Egne beregninger.

Tabel 3.3

Model 5a. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved reduktion af strukturelle semielasticiteter med 70 pct.

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddelbar belastning | Provenu ef- ter adfærd | CO ₂ - effekt | Heraf tek- nisk reduk- tion | Samfundsøko- nomisk om- kostning (fak- torpriser) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 375 | 100 | 75 | -0,1 | 0,9 | 20 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 750 | 300 | 150 | -0,2 | 0,9 | 100 |
| Landbrug mv. | 264 | 750 | 300 | 200 | -0,1 | [0,9-1,0] ¹ | 50 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 375 | 0 | 0 | 0,0 | 0,9 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 750 | 50 | 50 | 0,0 | 0,9 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 375 | 475 | 150 | -0,8 | 0,3 | 150 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 375 | 225 | 150 | -0,1 | 0,6 | 30 |
| Nordsø | 0 | 375 | 325 | 250 | -0,1 | 1,0 | 30 |
| Raffinaderier | 0 | 375 | 275 | 175 | -0,2 | 0,6 | 40 |
| Fiskere | 0 | 750 | 175 | 100 | -0,1 | 0,6 | 30 |
| Færger | 0 | 750 | 400 | 275 | -0,1 | 0,8 | 50 |
| Jernbane | 179 | 750 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 375 | 100 | 75 | 0,0 | 0,8 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 375 | 50 | 50 | 0,0 | 0,8 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.825 | 1.750 | -2,0 | 0,6 | 800 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 410 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.
Kilde: Egne beregninger.

Tabel 3.4

Model 5b. Omlægning og ensretning af CO₂-afgift til 750 kr./ton CO₂ og 50 pct. nedslag for kvoteprisen i 2030 ved forhøjelse af strukturelle semielasticiteter med 70 pct.

| | Afgiftssats før omlæg- ning | Afgiftssats 2030 | Umiddel- bar belast- ning | Provenu efter ad- færd | CO ₂ - effekt | Heraf teknisk reduktion | Samfunds- økonomisk omkostning (faktorpriser) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| | Kr./ton CO ₂ | Kr./ton CO ₂ | Mio. kr. | Mio. kr. | Mio. ton CO ₂ | Andel | Mio. kr. |
| Alm. proces (ETS) | 144 | 375 | 100 | 50 | -0,1 | 0,6 | 30 |
| Alm. proces (ikke-ETS) | 323 | 750 | 300 | 125 | -0,3 | 0,6 | 140 |
| Landbrug mv. | 264 | 750 | 300 | 200 | -0,1 | [0,6-1,0] ¹ | 60 |
| Gartnerier (ETS) | 91 | 375 | 0 | 0 | 0,0 | 0,6 | 0 |
| Gartnerier (ikke-ETS) | 271 | 750 | 50 | 50 | 0,0 | 0,6 | 10 |
| Mineralogiske processer mv. (cement) | [0-65] ² | 375 | 475 | -25 | -1,5 | 0,1 | 180 |
| Mineralogiske processer mv. mv. (ikke-cement) | [0-65] ² | 375 | 225 | 100 | -0,4 | 0,2 | 70 |
| Nordsø | 0 | 375 | 325 | 250 | -0,2 | 0,8 | 30 |
| Raffinaderier | 0 | 375 | 275 | 100 | -0,4 | 0,2 | 70 |
| Fiskere | 0 | 750 | 175 | 50 | -0,2 | 0,2 | 50 |
| Færger | 0 | 750 | 400 | 225 | -0,2 | 0,5 | 80 |
| Jernbane | 179 | 750 | 25 | 25 | 0,0 | 1,0 | 0 |
| Fossile til elproduktion | 0 | 375 | 100 | 75 | -0,1 | 0,4 | 10 |
| Indenrigsflyvninger | 0 | 375 | 50 | 50 | 0,0 | 0,4 | 0 |
| I alt (inkl. arbejdsudbud) | | | 2.825 | 1.200 | -3,5 | 0,3 | 980 |
| Gennemsnitlig samfundsøkonomisk omkostning (faktorpriser) | | | 290 kr./ton CO₂ | | | | |

Anm.: Ved modellen er det nuværende bundfradrag i CO₂-afgiften afskaffet. Provenuvirkninger er afrundet til nærmeste 25 mio. kr. og samfundsøkonomiske omkostninger til nærmeste 10 mio. kr. CO₂-effekt samt den tekniske reduktions andel er afrundet med 1 decimal. Totaler kan afvige fra summen af de enkelte brancher på grund af afrundinger. Satses vises i 2022-priser, mens provenuvirkninger vises i 2022-niveau. Det er antaget, at afgifterne løbende indekseres. 1) Intervallet afspejler den tekniske andel for landbrug mv. (ekskl. landbrugsdiesel) hhv. landbrugsdiesel. 2) Intervallet afspejler afgiften på procesudledninger fra mineralogiske processer mv. hhv. afgiften på brændselsrelaterede udledninger. Afgiften på de brændselsrelaterede udledninger på 65 kr./ton CO₂ afspejler omlægningen af de 6 kr./GJ aftalt med Grøn Skattereform til en CO₂-afgift.

Kilde: Egne beregninger.

Bilag 4. Følsomhedsanalyse for mineralogiske processer mv. og raffinaderier

Dette bilag beskriver den følsomhedsanalyse, der er lavet for mineralogiske processer mv. og raffinaderierne mhp. at kvantificere, hvor store struktureffekter disse vil have ved forskellige CO₂-afgiftsniveauer. Med følsomhedsanalysen antages en anden funktionel form for struktureffekterne end den funktionelle form med konstant semielasticitet, som er anvendt i første delrapport. Følsomhedsanalysen understreger, at der er stor usikkerhed omkring struktureffekterne for disse brancher.

I første delrapport er struktureffekterne baseret på makroøkonomiske elasticiteter, *jf. afsnit 1.3.3*. I følsomhedsanalysen er den strukturelle beslutning om at producere eller lukke ned i stedet afhængig af, om en branches strukturelle profit er højere end dens afkastkrav.

Den strukturelle profit er for raffinaderierne estimeret som bruttofaktorindkomst fratrukket aflønning af ansatte og baseres på nationalregnskabsdata fra Danmarks Statistik. For mineralogiske processer mv. er den strukturelle profit baseret på årsrapporter hos virksomheder i cementproduktionen, mens struktureffekterne for ikke-cement er baseret på de makroøkonomiske elasticiteter. Derudover er der også brugt årsrapporter for udvalgte virksomheder til at kvantificere fordelingen mellem fysiske og immaterielle aktiver og mellem produktions- og salgsomkostninger i brancherne.

Branchernes afkastkrav er beregnet som branchernes aktiver ganget med en gennemsnitlig afkastkravsprocent, som er baseret på det gennemsnitlige realiserede afkast i pct., som brancherne har haft de sidste 10 år.

Når den strukturelle profit og afkastkrav kendes, benyttes herefter en normalfordeling for differencen mellem den strukturelle profit og afkastkravet med standardafvigelse i den strukturelle profit-margin baseret på 2015-2020¹³ og med en middelværdi på 0. Det antages dermed, at brancherne vil lukke med 50 pct. sandsynlighed, når den strukturelle profit er lig med afkastkravet.

I følsomhedsanalysen skelnes der i brancherne mellem profit relateret til produktion og profit relateret til salg og distribution. For at lave denne sondring er det antaget, at den andel af branchernes profit, som kan relateres til salg og distribution, er lig den andel, som omkostningerne til salg og distribution udgør af de samlede

¹³ For raffinaderierne er 2018 ekskluderet pga. usædvanlige lav værditilvækst

omkostninger i brancherne.

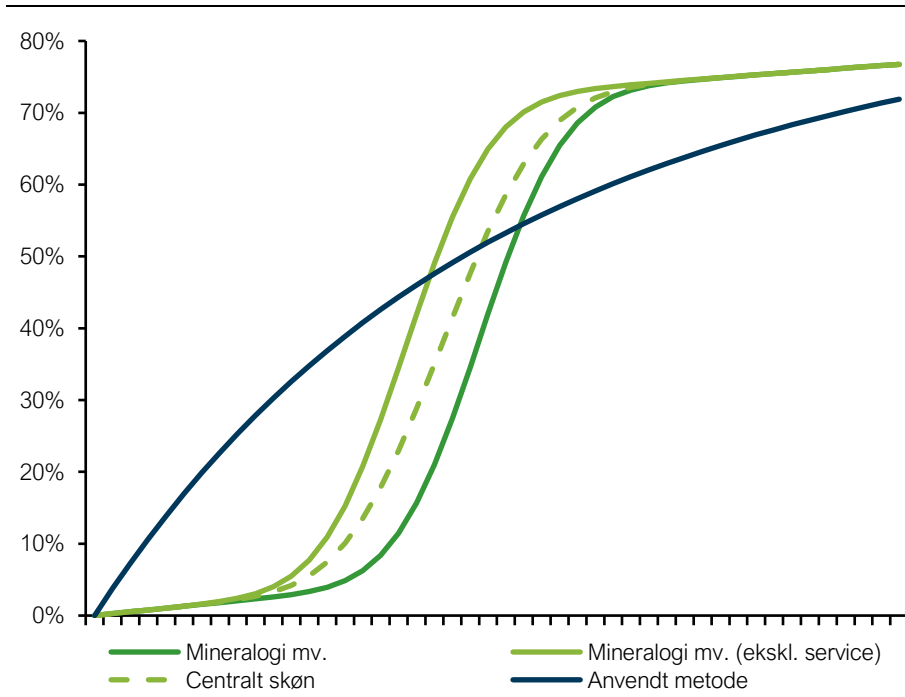
For brancherne er der i følsomhedsanalysen regnet på to scenarier, hvor salgs- og distributionsdelen hhv. lukker og overlever, når branchernes produktion forsvinder ved høje CO₂-afgifter. Derudover er der beregnet et "centralt" scenarie, som er et gennemsnit af de to scenarier. Til at approksimere afkastkravet fra hhv. branchernes produktionsdel og salgs- og distributionsdel tilskrives alle fysiske aktiver til produktionen, mens de immaterielle aktiver tilskrives salg og distribution. Afkastkravsprocenten antages at være ens for produktionsdelen og salgs- og distributionsdelen.

I følsomhedsberegningerne vil brancherne have en vis sandsynlighed for at ophøre med produktion i Danmark, selv uden at de pålægges CO₂-afgifter. For at sikre, at struktureffekterne kun tillægges afgiftsbelastningerne og ikke den generelle økonomiske usikkerhed i brancherne, er der valgt at anvende bayesianske sandsynligheder for nedlukning ud over status quo (beregnet som $(shh = \frac{\theta_{afgift} - \theta_{udgangspunkt}}{1 - \theta_{udgangspunkt}}$, hvor θ_{afgift} er sandsynligheden for at lukke ved et højere givet afgiftsniveau og $\theta_{udgangspunkt}$ er sandsynligheden for at lukke i udgangspunktet uden afgiftsændringer).

I figur 4.1 og 4.2 er struktureffekterne for både den anvendte metode i første delrapport og følsomhedsanalysen præsenteret ved sandsynlighedskurver. En struktureffekt på fx 10 pct. skal således ikke fortolkes som, at produktionen falder med 10 pct., men snarere, at der er 10 pct. sandsynlighed for, at produktionen ophører. Følsomhedsanalysen peger på, at den funktionelle form på sandsynlighedskurven for mineralogiske processer mv. er S-formet, mens den for raffinaderierne er konkav, jf. figur 4.1 og 4.2. Dette er i kontrast til den anvendte metode, hvor der tages udgangspunkt i kurver med konstant semielasticitet (konvekse kurver). I begge tilfælde trækker følsomhedsanalysen i retning af lavere struktureffekter ved lavere afgiftsniveauer og større effekter ved højere afgiftsniveauer ift. den anvendte metode. For raffinaderierne er struktureffekterne ved følsomhedsanalysen dog generelt lavere end ved den anvendte metode, medmindre der er tale om afgiftsniveauer som ligger et godt stykke ud over hvad der er set på i første delrapport.

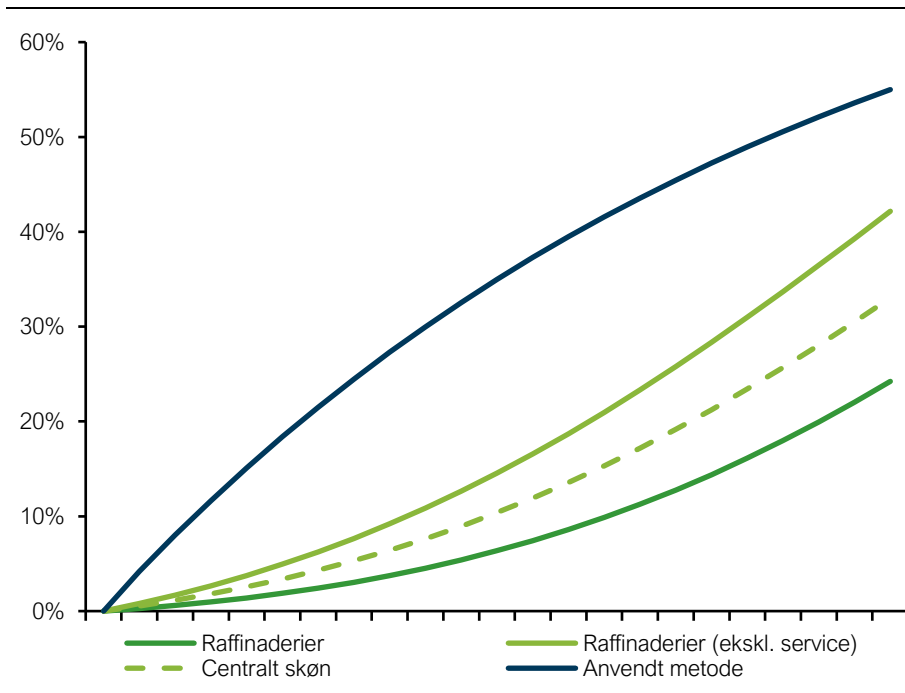
Det er generelt behæftet med meget stor usikkerhed ved hvilket afgiftsniveau, at mineralogiske processer mv. og raffinaderierne flytter produktionen til udlandet og fortsat distribuerer i Danmark. Overstående analyse skal ses i sammenhæng hermed.

Figur 4.1
Struktureffekter ved den anvendte metode i første delrapport hhv. ved følsomhedsanalysen for mineralogiske processer mv. ved forskellige afgiftsstigninger



Anm.: Det centrale skøn ved følsomhedsanalysen er et simpelt gennemsnit af de to andre kurver.
 Kilde: Egne beregninger.

Figur 4.2
Struktureffekter ved den anvendte metode i første delrapport hhv. ved følsomhedsanalysen for raffinaderierne ved forskellige afgiftsstigninger



Anm.: Det centrale skøn ved følsomhedsanalysen er et simpelt gennemsnit af de to andre kurver.
 Kilde: Egne beregninger.

