

Gjennomgang av karbonpriser til bruk i analyser i EU

TØI rapport 2037/2024 • Forfattere: Knut Einar Rosendahl, Paal Brevik Wangsness • Oslo, 2024 • 85 sider

Formålet med denne rapporten er å gjennomgå litteratur og modelleringsresultater og gi veiledning knyttet til i) målkonsistent *nivå* og *utviklingsbane* for kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp, her tolket som skyggeprisen for å nå et mål om netto nullutslipp i EU innen 2050, og ii) *anvendelse* av denne karbonprisen i samfunnsøkonomiske analyser (SØA). I AR6 Scenario Database (som fungerte som verdifullt bidrag til IPCCs sjette hovedrapport (AR6)) er det totalt 300 scenarier modellert av Integrated Assessment Models som har funnet karbonpriser som fører til oppfyllelse av 1,5-gradersmålet til lavest mulig kostnad. I denne rapporten oppsummerer vi funnene fra disse og andre scenarier, og analyserer datasettet av skyggepriser med hensyn til deres egnethet for SØA. Vi diskuterer også årsaker til den store variasjonen i karbonprisbaner, potensielle skjevheter i utvalget og hvordan man kan navigere i denne usikkerheten.

I samfunnsøkonomiske analyser (SØA) av prosjekter med virkninger på CO₂-utslipp (eller andre klimagassutslipp) skal det settes en verdi på disse utslippene. Denne verdien blir ofte referert til som *kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp* eller bare *karbonprisen*. Formålet med denne rapporten er å gi veiledning knyttet til i) om *nivå* og *utviklingsbane* for karbonprisen, her tolket som skyggeprisen for å nå et mål om netto nullutslipp i EU innen 2050, og ii) om *anvendelse* av karbonprisen i SØA. Anbefalingene er basert på en grundig gjennomgang av litteraturen om karbonprisbaner (skyggeprisbaner) i samsvar med målet om å begrense den globale gjennomsnittstemperaturen til 1.5 °C og overholde netto nullutslipp i 2050. Hjørnesteinen i gjennomgangen er ensemblet av scenarier i AR6 Scenario Database, basert på simuleringer fra et bredt spekter av forskjellige Integrated Assessment Models (IAM-er).

Som utgangspunkt for våre analyser er *kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp* ikke direkte knyttet til skadene fra klimaendringer, men til forholdet mellom økonomisk aktivitet og utslipp. Det er *skyggeprisen* knyttet til å nå klimamålet. En annen måte å tolke denne *kalkulasjonsprisen* på er at hvis alle utslippskilder står overfor en karbonpris som tilsvarer kalkulasjonsprisen, og ingen annen støttende og/eller overlappende klimapolitikk blir implementert, så nås utslippsmålet nøyaktig til lavest mulig kostnad.

For å utlede anvendbare estimater for karbonpriser, trenger man en god forståelse av hvor kostbart det er å redusere karbonutslipp, ikke bare i dag, men langt inn i fremtiden. For dette formålet brukes vanligvis såkalte IAM-er. Det finnes flere scenarier basert på slike modeller, mange av dem i tråd med utslippsmålene på 1,5 °C ved slutten av århundret og/eller netto nullutslipp innen 2050. De fleste av dem er hentet fra AR6 Scenario Database som representerer



de kombinerte funnene fra verdens ledende forskningsinstitutter på IAM-modellering. I disse scenariene søker modellørene etter den karbonprisbanen (som regel på globalt nivå) som kreves for å oppfylle målet til lavest kostnad. I denne rapporten oppsummerer vi funnene fra disse og andre scenarier, og diskuterer mulige årsaker til den store variasjonen i skyggeprisbaner. Vi forklarer at den store variasjonen kan skyldes forskjeller i modellstruktur samt ulike forutsetninger om fremtidig utvikling.

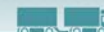
Hvordan velge riktig utvalg av karbonpriser

Det er mange typer usikkerhet knyttet til å velge et anvendbart utvalg av skyggepriser på klimagassutslipp basert på et ensemble av IAM-scenarier. I Huppmann, Rogelj, et al. (2018) gir forfatterne retningslinjer for slikt, og vi har gjort vårt beste for å gjøre vurderinger i ånden av disse. For det første plukker vi ikke et enkelt scenario og trekker ut en enkelt bane, men utnytter heller et så stort utvalg av scenarier som mulig. For det andre formidler vi flere verdier; median, gjennomsnitt, interkvartilbredde og ekstremverdiene. Vårt mål er å utnytte og kommunisere så mye informasjon som mulig fra scenarier som er konsistente med 1,5-gradersmålet og netto nullutslipp i 2050, men som ikke har for mye overskridelse av temperaturmålet og heller ikke er så avhengige av høye nivåer av bioenergi med karbonfangst og -lagring (BECCS) (det stilles spørsmål med realismen knyttet til overholdelse av klimamål ved hjelp av enorme mengder BECCS).

Siden de fleste relevante scenariene finnes i AR6-databasen, fokuserer vi spesielt på disse scenariene. I Table S 1 viser vi "eliminasjonsprosessen" når vi går fra et utvalg på 300 AR6-scenarier (første kolonne) til et mindre utvalg der vi ekskluderer scenarier som ikke består en prosedyre for kvalitets- og realismekontroll dokumentert i IPCC (2022a) (andre kolonne), og deretter fjerner scenarier med for høy temperaturoverskridelse (tredje kolonne), og ekskluderer deretter scenarier som er for avhengige av store nivåer av BECCS (fjerde kolonne), og til slutt ta ut scenarier som ikke overholder netto null CO₂-utslipp i 2050. Vi oppgir tilsvarende tabeller for hvert femte år fra 2025 til 2045 i vedlegg B.

Tabell S 1 illustrerer den store usikkerheten knyttet til skyggepriser på karbon som er forenlige med 1,5-gradersmålet og netto null CO₂-utslipp i 2050. I denne rapporten belyser vi *hvorfor* spennet i skyggeprisene er så stort. Viktige faktorer er modelltype, forutsetninger om fremtiden (f.eks. såkalte Shared Socioeconomic Pathways – SSP) og tilgang til og kostnader ved klimavennlige teknologier. Vi kan ikke si med sikkerhet at en modell eller et scenario vi har lagt til i utvalget vårt er bedre enn en annen, og derfor kan vi ikke anbefale noe enkelt scenario eller modell.

Det vil imidlertid også være noen skjevheter i dette utvalget, siden det er underrepresentasjon av visse scenarier og modeller i AR6-databasen. For noen fremtidsscenarier (SSPer) er det i flere modeller ikke mulig å holde den globale oppvarmingen under 1,5 °C.



Tabell S 1: Deskriptiv statistikk fra ensemblet av karbonpriser i AR6-databasen for år 2050 i samsvar med 1,5-gradersmålet og netto null CO₂-utslipp i 2050, fra det opprinnelige utvalget (venstre) til gjeldende og målkonsistent utvalg (høyre). Priser i €₂₀₂₂ per tCO_{2e}.

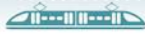
Priser in 2050	Opprinnelig utvalg	Fjerner scenarier som ikke passerte kvalitetskontroll	Fjerner scenarier med høy temperatur-overskridelser	Fjerner scenarier med urealistisk bruk av BECCS	Fjerner scenarier som ikke overholder netto-null-målet innen 2050
N	300	208	87	59	18
Min pris	25	25	77	144	389
25 th pctile pris	285	281	503	527	849
Median pris	532	524	729	810	1 203
75 th pctile pris	969	842	1 132	1 132	1 324
Max pris	81 400	23 380	5 493	3 078	3 078
Gj.snitt pris	1 289	938	910	845	1 191

Den mest relevante studien utover AR6-scenariene er en studie for Frankrike (France Stratégie, 2019) Den foreslåtte karbonprisen i rapporten er i den nedre enden av utvalget av utvalgte AR6-scenarier (dvs. siste kolonne i Tabell S 1 for 2050). Den modellgenererte skyggeprisen for 2050 i den franske studien er imidlertid betydelig høyere. Dette kan skyldes at den franske studien vurderer et strengere mål (netto null klimagassutslipp innen 2050) enn AR6-scenariene, se nedenfor.

I tillegg til underrepresentasjonen av visse scenarier og modeller, er det også andre kompliserende faktorer. Mens EUs uttalte mål er klimanøytralitet (dvs. netto null klimagassutslipp) i 2050, modellerer AR6-scenariene 1.5-gradersmålet og netto null CO₂-utslipp globalt i tidsrommet rundt 2050, men ikke netto null klimagassutslipp globalt før rundt 2070. Det er også et spørsmål om tiltakskostnadene per tonn klimagassutslipp bør være høyere i Europa og andre rike land enn hva en global kostnadseffektiv reduksjon tilsier, og i hvilken grad risikoaversjon bør vurderes.

Det er derfor vanskelig å gi en klar anbefaling om karbonprisbaner for SØAer i EU. Dette skyldes dels at spennet i skyggeprisene er stort (se Tabell S 1:) og dels at de ulike kompliserende faktorene nevnt ovenfor. Ved å ta utgangspunkt i AR6-resultatene og oppsummere alle problemene, synes den generelle skjevheten å gå i retning av å undervurdere skyggeprisen på klimagassutslipp i EU. Det er scenarier som "mangler" siden modellene ikke kunne løse dem, og det er overrepresentasjon av modeller der økonomien er relativt fleksibel i sin respons overfor karbonpriser i forhold til modeller som er mindre responsive. Dersom analysene i tillegg skulle tatt hensyn til regionale variasjoner i skyggepriser og risikoaversjon, kan dette peke mot å undervurdere karbonkostnadene i EU ytterligere, selv om disse spørsmålene er mer normative enn deskriptive.

Basert på denne vurderingen presenterer vi to alternativer for å estimere skyggeprisen klimagassutslipp.

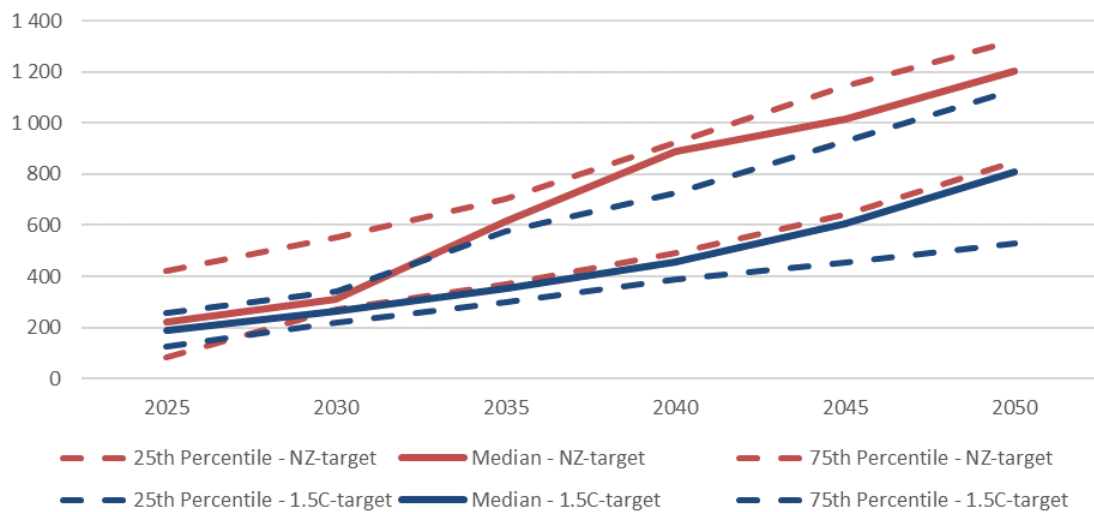


Alternativ 1: Følg medianen

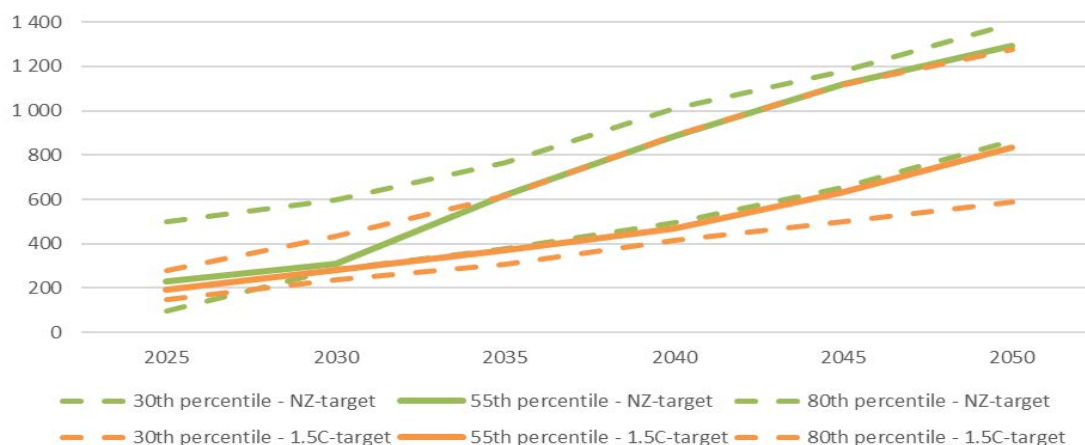
Det første og enkleste alternativet er å bruke medianen fra det endelige utvalget av AR6-scenariene (dvs. siste kolonne i Table S 1 for 2050) som hovedbane for den anbefalte skyggeprisen, med lave og høye prisbaner basert på 25. og 75. persentiler som skal brukes til følsomhetsanalyse. Dette betyr en karbonpris på 221 €₂₀₂₂ per tonn CO_{2e} i 2025, stigende til 1203 €₂₀₂₂ per tonn i 2050. Resultatene er vist i Figur S 1, som også viser medianen fra scenariene som når 1,5-gradersmålet, men ikke nødvendigvis netto null CO₂-målet (dvs. den andre kolonnen fra høyre i Tabell S 1).

Alternativ 2: Skjevhetkompenserende oppjustering

Vår vurdering tyder på at spennet i skyggepriser i det endelige utvalget av AR6-scenariene er en liten underestimert av hva en anbefalte kalkulasjonspris for klimagassutslipp for SØAer i EU burde være (selv når man ser bort fra de to normative spørsmålene diskutert ovenfor). Det er imidlertid vanskelig å vurdere hvor mye. Noe vilkårlig (men ganske forsiktig), i dette andre alternativet bruker vi 55-persentilen i stedet for 50-persentilen (dvs. medianen) som hovedbane for den anbefalte karbonkostnaden. Dette betyr en karbonkostnad på 229 €₂₀₂₂ per tonn CO_{2e} i 2025, stigende til 1291 €₂₀₂₂ per tonn i 2050. Resultatene er vist i Figur S 2 (også her viser vi medianen fra scenariene som er konsistente med 1,5-gradersmålet, men ikke nødvendigvis målet om netto null CO₂).



Figur S 1: Anbefalte kalkulasjonspriser for klimagassutslipp (€₂₀₂₂ / tCO_{2e}) for perioden 2025–2050 - Alternativ 1 (merket med røde linjer og "NZ-mål"). De lave, sentrale og høye prisbanene gjelder henholdsvis 25. persentil, median og 75. persentil fra et ensemble av 18 scenarier fra AR6 Scenario Database i samsvar med målet om netto null CO₂-utslipp. De blå linjene ("1,5°C-målet") er median, 25. og 75. persentilbaner for scenarier som ikke nødvendigvis oppfyller netto null-målet, men likevel når 1,5-gradersmålet uten høy overskridelse og uten urealistisk bruk av BECCS.



Figur S 2: Anbefalte kalkulasjonspriser for klimagassutslipp (€₂₀₂₂ / tCO_{2e}) for perioden 2025–2050 - Alternativ 2 (merket med grønne linjer og "NZ-mål"). De lave, sentrale og høye prisbanene gjelder henholdsvis 30., 55. og 80. persentil fra et ensemble av 18 scenarier fra AR6 Scenario Database i samsvar med målet om netto null CO₂-utslipp. De oransje linjene ("1,5°C-mål") er 30., 55. og 80. persentilbaner for scenarier som ikke nødvendigvis oppfyller netto null-målet, men likevel overholder 1,5-gradersmålet uten høy overskridelse og uten urealistisk bruk av BECCS.

Vår vurdering ovenfor kan tyde på at alternativ 1 undervurderer kostnaden for karbon i EU. På den annen side er et argument mot alternativ 2 at oppjusteringen er noe vilkårlig (men ganske forsiktig).

Tatt i betraktning de to normative spørsmålene også, kan skyggeprisen for klimagassutslipp i EU være høyere. Et av problemene er knyttet til fordelingshensyn, noe som kan innebære kraftigere utslippskutt i EU enn hva en global kostnadseffektiv utslippsreduksjon tilsier, noe som innebærer høyere kalkulasjonspriser i EU enn den globale skyggeprisen antyder (dette er hovedsakelig relevant i de neste 1–2 tiårene). Vi er imidlertid ikke i stand til å vurdere hvor mye høyere.

Skyggeprisen på klimagassutslipp anbefalt ovenfor er betydelig høyere enn eksisterende karbonpriser implementert i Europa og andre steder (den er også høyere enn kostnaden for karbon som for tiden brukes i SØA i mange land). Dette gjenspeiler at overholdelse av 1,5-gradersmålet og oppnåelse av netto nullutslipp av klimagasser innen 2050 er svært ambisiøse mål. Ifølge de fleste tilgjengelige studier vil dette være svært utfordrende og innebære svært høye marginale tiltakskostnader. Hvor kostbart det vil bli er imidlertid høyst usikkert, og dette avhenger i stor grad av hvordan kostnadene knyttet til nullutslippsteknologier utvikler seg de neste tiårene.

Anvendelse av karbonpriser i samfunnsøkonomisk analyse

Når det gjelder selve anvendelsen av kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp i SØAer i EU, diskuterer vi først, basert på eksisterende litteratur, generelle prinsipper for hvordan karbonprisen skal inkluderes i SØA. Her skiller vi særlig mellom utslipp regulert av et kvotesystem (ETS) og utslipp regulert av en avgift (eller ikke regulert i det hele tatt). Vi argumenterer for at bruk av "brutto prinsippet" i SØA er god praksis, da det skiller klart mellom overføringer og reelle kostnader. For å lette diskusjonen viser vi flere eksempler.

Med en avgift (og i det uregulerte tilfellet) vil nettokostnaden for utslipp være lik skyggeprisen på utslippsmålet, som samsvarer med de anbefalte kalkulasjonsprisene over. I tilfellet med avgiftsbelagte utslipp er det for eksempel ikke avgiftsnivået (avgiften i seg selv er en overføring) som bestemmer nettokostnaden ved utslipp – det er likevel skyggeprisen på klimamålet



som betyr noe. I tilfellet med kvotepliktige utslipp vil imidlertid nettokostnaden for utslipp være lik kvoteprisen, noe som gjenspeiler marginal tiltakskostnad i andre kvotepliktige virksomheter. Dette gjelder imidlertid bare *så lenge utslippstaket anses som fast*. Dersom kvotetaket av en eller annen grunn er endogent og responderer positivt på økt etterspørsel etter utslippskvoter og negativt på redusert etterspørsel, kan situasjonen karakteriseres som en kombinasjon av karbonavgift og kvoter. I det ekstreme tilfellet hvor kvotetaket avhenger 1:1 av etterspørselen etter kvoter, er vi i praksis i tilfellet med avgiftsbelagte utslipp. Hvis karbonprisene er differensiert på tvers av utslippskilder og/eller suppleres av annen klimapolitikk, er det fortsatt skyggeprisen på utslipp som er den riktige kostnaden for utslipp.

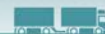
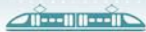
Basert på vår diskusjon vurderer vi hvordan vi kan bruke kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp i sektorer regulert av EUs kvotesystem. Vi drøfter blant annet implikasjonene av markedsstabilitetsreserven (MSR) i det europeiske kvotesystemet. MSR gjør utslippstaket endogent, hvor det reelle taket på marginen senkes (heves) dersom etterspørselen reduseres (økes) og flere (færre) kvoter dermed spares. Slik sett gjør MSR kvotetaket til en økende funksjon av etterspørselen etter kvoter (i hvert fall på kort til mellomlang sikt). Vi peker også på regelverksendringer som svar på blant annet lavere kvotepriser enn forventet/ønsket. Derfor argumenterer vi for at det kan virke litt naivt å betrakte utslippstaket i kvotesystemet som fast. Ytterligere utslippsreduksjoner på kort sikt vil effektivt redusere utslippstaket via MSR (ikke 1:1, men muligens ganske nært). Ytterligere utslippsreduksjoner på mellomlang og lang sikt vil trolig ikke ha samme effekt på utslippstaket via MSR, men øke sannsynligheten for strengere utslippstak gjennom regulatoriske endringer. Disse virkningene er imidlertid vanskelige å tallfeste.

For utslipp i ikke-kvotepliktig sektor er det lettere å anvende de overordnede prinsippene. Et mulig unntak kan være kortsiktige utslipp, ettersom det er spesifikke ikke-kvotepliktige mål for hvert EU-land for årene fram til 2030. Skyggeprisen for å nå disse målene kan avvike mellom land og også avvike fra skyggeprisen på det langsiktige målet. Vi anbefaler likevel ikke ulike kalkulasjonspriser på tvers av medlemslandene, blant annet fordi handel med "ikke-kvotepliktige kreditter" er tillatt.

For analyser av prosjekter utenfor EU vil en kostnadseffektiv tilnærming til utslippseffekten tilsis samme kalkulasjonspris som brukes i EU, ettersom alle klimagassutslipp har samme klimapåvirkning. Det er imidlertid to potensielle argumenter mot denne tilnærmingen. Det ene er at EUs mål om netto nullutslipp av klimagasser innen 2050 ser ut til å være strengere enn å opprettholde 1,5-gradersmålet (jf. omtale over). Det andre er fordelingssspørsmålene nevnt ovenfor (som imidlertid ikke er relevante hvis EU *finansierer* utslippsreduksjoner i utlandet). Uansett er dette et normativt spørsmål som vi overlater til de endelige beslutningstakerne for SØA-retningslinjer.

Basert på vår diskusjon er vår anbefaling følgende:

- Den etablerte *kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp* bør hentes fra *skyggeprisen* for å overholde EUs etablerte klimamål, det vil si 1,5-gradersmålet og målet om netto nullutslipp i 2050, som angitt ovenfor.
- Den etablerte kalkulasjonsprisen bør gjelde i hele EU, det vil si uavhengig av om utslippene reguleres av EUs kvotesystem eller ikke.
- En høyere karbonkostnad kan brukes på kort sikt (frem til 2030) i ikke-kvotepliktig sektor dersom skyggeprisen som følger av det samlede ikke-kvotepliktige målet overstiger EUs etablerte *kalkulasjonspris for klimagassutslipp*. Vi anbefaler ikke ulike karbonkostnader på tvers av EUs medlemsland.
- Den etablerte kalkulasjonsprisen bør også brukes på analyser som inkluderer utslipp fra internasjonal transport og i prosjekter utenfor EU.



En viktig fordel med disse anbefalingene er at samme kalkulasjonspris benyttes i analyser i alle sektorer. Denne karbonprisen vil da alltid være i samsvar med det beste estimatet for å overholde 1.5°C og målet om netto nullutslipp til lavest kostnad. Det vil også bidra til økt konsistens og sammenlignbarhet, enkelhet og åpenhet i SØAer i EU. Det finnes argumenter for å legge en annen kalkulasjonspris til grunn for kvotepliktige utslipp (f.eks. ved å bruke kvoteprisen i stedet), men styrken i disse argumentene svekkes da utslippstaket etter vårt syn ikke kan behandles som fastsatt på lang sikt.