

Omkostninger ved drivhusgasudledninger fra et dansk perspektiv

Danmarks grønne nationalprodukt

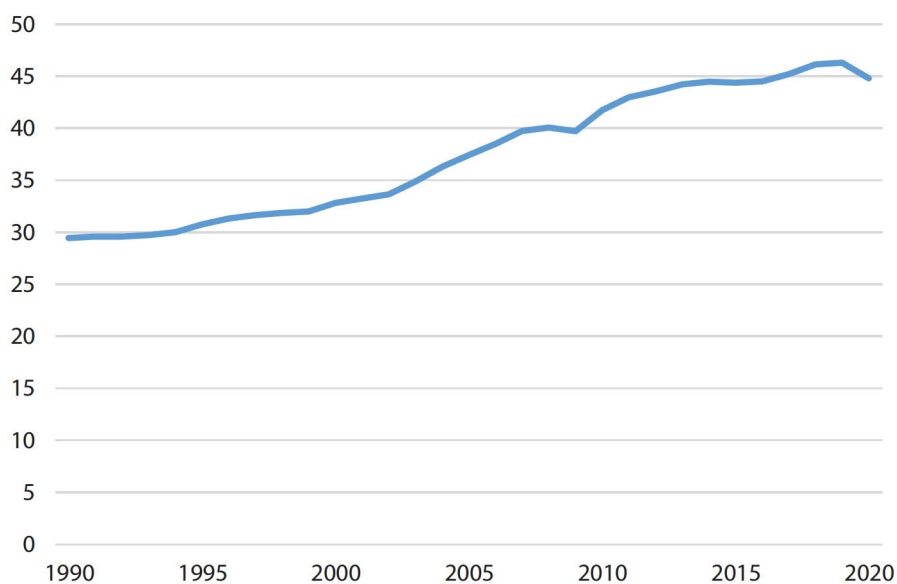
Artiklen forklarer, hvordan de fremtidige skadeomkostninger for Danmark ved den globale opvarmning er opgjort i forbindelse med beregningen af Danmarks grønne nationalindkomst (GNNI). Formålet med de miljøkorrektioner af BNP, der foretages for at komme frem til GNNI, er at belyse, hvordan ændringer i miljøtilstanden i Danmark påvirker den danske befolknings velfærd. Vi opgør derfor omkostningerne for Danmark ved de globale drivhusgasudledninger ud fra et skøn for, hvor stor en andel af de globale skadeom-

kostninger ved udledningerne, der vil skulle bæres af Danmark. De globale skadeomkostninger estimeres ved brug af en CO₂-pris baseret på internationale ekspertskøn, og Danmarks andel af de globale skadeomkostninger antages at svare til Danmarks andel af det globale BNP, da omkostningerne i stort omfang vil tage form af produktionstab. Vi finder, at Danmarks andel af de globale skadeomkostninger er steget fra godt 1 pct. af nettonationalindkomsten (NNI) i 1990 til over 3 pct. af NNI i 2020.

De globale drivhusgasudledninger fortsætter med at stige

Den globale opvarmning er sammen med biodiversitetskrisen vor tids største miljøproblem. På trods af utallige og stadig skarper advarsler fra bl.a. FN's internationale klimapanel fortsætter de globale drivhusgasudledninger som vist i Figur 1 deres ubønhørlige stigning, og Paris-aftalens mål om at holde stigningen i den globale gennemsnitstemperatur nede på 1,5 grader Celsius er ved at fortone sig. Denne artikel beskriver, hvordan omkostningerne ved den globale opvarmning indregnes i Danmarks grønne BNP.

Figur 1: Globale drivhusgasudledninger (mia. ton CO₂e)



Kilde: World Development Indicators.

PETER BIRCH SØRENSEN
Professor, Økonomisk Institut,
Københavns Universitet,
pbs@econ.ku.dk

**RASMUS KEHLET SKJØDT
BERG**
Post.doc., Økonomisk Institut,
Københavns Universitet,
rasmus.kehlet.berg@econ.ku.dk

Rationalet bag vores beregningsmetode

Det internationale klimasamarbejde i regi af FN og EU bygger på, at det enkelte land er ansvarligt for de drivhusgasudledninger, der udgår fra landets territorium. EU-landene har i fællesskab forpligtet sig til at reducere de samlede udledninger fra unionen med 55 procent i 2030 målt i forhold til udledningerne i 1990 som bidrag til opfyldelsen af Paris-aftalen. Danmark er i den forbindelse blevet pålagt nogle forpligtelser til at sænke udledningerne fra de dele af dansk økonomi, der ikke er omfattet af EU's fælles system for handel med CO₂-kvoter. Derudover har Danmark via klimaloven pålagt sig selv at reducere udledningerne fra dansk territorium med 70 procent i 2030 i forhold til 1990. På den baggrund kunne man fra en national synsvinkel vælge at opgøre omkostningen ved udledning af et ton CO₂e fra Danmark som den marginale samfundsøkonomiske omkostning ved at opfylde den af Danmarks reduktionsforpligtelser, der vurderes at være mest krævende og dermed dyrest at opfylde. I Berg og Sørensen (2023) beskriver vi, hvordan man med denne tilgang kan beregne skyggeprisen på (dvs. den samfundsøkonomiske omkostning ved) udledning af et ton CO₂e fra Danmark.

Ved beregningen af Danmarks grønne BNP har vi dog valgt en anden tilgang til at opgøre omkostningerne ved drivhusgasudledninger. Rationalet bag vores beregningsmetode er, at det grønne BNP skal afspejle, hvordan den danske befolknings velfærd påvirkes af miljøtilstanden i Danmark. I klimasammenhæng indebærer dette et fokus på, hvordan Danmark påvirkes af de globale klimaforandringer, eller mere præcist hvor stor en andel af skadeomkostningerne ved den globale opvarmning, den danske befolkning vil komme til at bære. Dette er konsistent med, at vi i opgørelsen af det grønne BNP indregner omkostningerne ved den luftforurening fra udenlandske emissionskilder, som Danmark "importerer", mens vi ikke indregner omkostningerne ved den luftforurening fra danske kilder, som med vinden "eksporteres" til andre lande. Det er ligeledes konsistent med tilgangen i det nylige bidrag fra Asheim og Yamaguchi (2023) til litteraturen om grønne nationalregnskaber.

Den samfundsmæssige omkostning ved drivhusgasudledninger

Det første trin i vores beregning er altså en opgørelse af de globale skadeomkostninger ved klimaforandringerne. Til det formål benytter vi et skøn for den såkaldte Social Cost of Carbon (SCC), dvs. den globale omkostning ved at udlede et ekstra ton CO₂ (eller ved at udlede en mængde af en anden drivhusgas, der har samme klimaeffekt som et ton CO₂).¹ SCC kaldes undertiden også for CO₂-prisen, og i det følgende vil vi benytte denne betegnelse. Et fuldt dækkende mål for CO₂-prisen skal i princippet inkludere nutidsværdien af en lang række fremtidige skadeomkostninger som følge af klimaforandringerne. Skaderne kan f.eks. tage form af nedgang i landbrugets produktivitet, forringet sundhedstilstand, skader på ejendom og infrastruktur udløst af ekstreme vejrbegebenheder, forstyrrelser af energiforsyningen, migrationsbølger af klimaflygtninge, øget risiko for konflikter, skader på økosystemer osv.

Det er en heroisk opgave at estimere disse fremtidige skader i fysiske termer og opgøre skadeomkostningerne i monetære størrelser. Da skaderne rækker meget langt ud i fremtiden, er nutidsværdien af skadeomkostningerne tillige stærkt følsom over for valget af den samfundsmæssige diskonteringsrate, dvs. den rentefod hvormed de fremtidige skadeomkostninger neddiskonteres til nutidsværdier. Ved opgørelsen af Danmarks grønne BNP har vi ikke forsøgt at danne vort eget skøn over CO₂-prisen, men har valgt at basere os på det omfattende nylige studie af Drupp o.a. (2023). Disse forfattere gennemførte i 2019 et survey blandt mere end 2000 internationale eksperter i CO₂-prissætning. Eksperterne blev bl.a. bedt om at angive deres bedste skøn for den globale CO₂-pris på udledninger i 2020 samt et interval for CO₂-prisen, som de ville være trygge ved ("comfortable with") at anbefale, hvis CO₂-prisen skulle implementeres i form af en ensartet global CO₂-afgift på alle udledninger. Blandt de udvalgte interviewpersoner valgte 445 respondenter fra omkring 40 lande at svare på disse spørgsmål. Justeret for den almindelige forbrugerprisstigning fra 2020 til 2023 var middelværdien af eksperternes skøn for CO₂-prisen på udledninger i 2020 389 kr. pr. ton CO₂, hvilket er den pris, vi har anvendt ved opgørelsen af Danmarks grønne BNP for 2020. Det kan tilføjes, at mere end 50 procent af eksperterne angav, at det ville være acceptabelt for dem at anbefale en CO₂-pris i 2020 mellem 306 kr. og 389 kr. pr. ton opgjort i danske 2023-forbrugerpriser.

I survey-studiet af Drupp o.a. (2023) blev eksperterne også bedt om at angive deres forventninger til, hvad CO₂-prisen vil være i henholdsvis 2030 og 2050. Eksperternes svar indikerede, at CO₂-prisen i gennemsnit forventes at stige med godt 5 procent om året rensset for inflation. Denne markante realprisstigning afspejler både en forventning om stigende skader over tid som følge af den globale opvarmning og en forventning om en stigning i det potentielle globale BNP, hvorved de fysiske skader som følge af klimaforandringerne vil medføre større produktionstab i absolutte termer. På denne baggrund har vi i projektet om Danmarks grønne BNP antaget, at den reale (inflationsjusterede) CO₂-pris steg med 5 procent fra år til år i hele perioden 1990-2020.

Der er i sagens natur stor usikkerhed om CO₂-prisen. I 2017 anvendte de økonomiske vismænd en CO₂-pris på 386 kr. pr. ton, jf. De Økonomiske Råd (2017: 183). Hvis man antager en årlig stigning i den reale CO₂-pris på 5 procent og tager højde for inflationen, svarer vismændenes skøn til en CO₂-pris på 469 kr. pr. ton i 2020 målt i 2023-forbrugerpriser. Dette er en del højere end de 389 kr. pr. ton, som vi anvender i beregningen af det grønne BNP, men dog ikke markant højere set i lyset af den store variation i internationale eksperters skøn for CO₂-prisen. I projektet om det grønne BNP har vi valgt at benytte det gennemsnitlige internationale eksperter skøn på 389 kr. pr. ton pga. det store antal respondenter, og fordi det bagvedliggende studie giver mulighed for at beregne den forventede årlige stigning i CO₂-prisen.

I beregningen af det grønne BNP har vi ved opgørelsen af omkostningerne ved luftforurening, vandmiljøforurening og tab af biodiversitet benyttet sur-

vey-studier, hvor respondenterne var et repræsentativt udsnit af den almindelige befolkning, mens vi altså ved opgørelsen af klimaskadeomkostninger benytter et survey blandt et bredt udsnit af internationale eksperter. Benyttelsen af ekspertskøn er til dels motiveret af klimaproblemets ekstraordinære kompleksitet, men er også begrundet med, at drivhusgasudledninger er en global eksternalitet, hvor skadeomkostningerne ved udledninger fra det enkelte land primært bæres af indbyggerne i andre lande. Hvis man spørger borgerne i det enkelte land, hvad de ville være villige til at betale for at nedbringe landets drivhusgasudledninger, vil de derfor næppe fuldt ud indregne alle de omkostninger, udledningen påfører andre lande.

Danmarks andel af de globale klimaskadeomkostninger

Ved at gange CO₂-prisen med de globale drivhusgasudledninger vist i Figur 1 får man de samlede globale klimaskadeomkostninger. Det næste trin i vor beregning er at estimere, hvor stor en andel af de globale skadeomkostninger, der bæres af Danmark. Her følger vi De Økonomiske Råd (2017:185), der forenkler antager, at Danmarks andel af skadeomkostningerne svarer til Danmarks andel af det globale BNP, jf. den øverste del af Boks 1. Rationalet er, at skadeomkostningerne i stort omfang vil tage form af mistet produktion, f.eks. når produktionsapparatet og infrastrukturen beskadiges af ekstreme vejrforfænomener; når arbejdsproduktiviteten falder som følge af hedeølger; når landbrugsjordens produktivitet svækkes af tørke; når økosystemernes evne til at regulere kredsløbene af vand og næringsstoffer svækkes osv.

Boks 1: Danmarks andel af de globale klimaskadeomkostninger

Der er stor usikkerhed om, hvordan de fremtidige klimaforandringer som følge af den globale opvarmning vil påvirke Danmark. I projektet om Danmarks grønne BNP har vi forenkler antaget, at den andel af de globale klimaskadeomkostninger, der vil skulle bæres af Danmark, svarer til Danmarks andel af det globale BNP, da omkostningerne i stort omfang vil tage form af mistet produktion. De årlige klimaskadeomkostninger for Danmark i et givet år bliver således beregnet efter formlen

$$KSO^{DK} = SCC \times U^G \times \frac{BNP^{DK}}{BNP^G} \quad (1)$$

hvor

KSO^{DK} = klimaskadeomkostninger for Danmark

SCC = Social Cost of Carbon (CO₂-pris pr. ton)

U^G = globale drivhusgasudledninger (målt i tons CO₂-ækvivalenter)

BNP^{DK} = Danmarks BNP (opgjort i USD)

BNP^G = globalt BNP (opgjort i USD)

Idet U^{DK} betegner drivhusgasudledningerne fra Danmark, er drivhusgasudledningerne pr. produceret enhed i henholdsvis Danmark og verden givet ved emissionsintensiteterne

$$e^{DK} \equiv \frac{U^{DK}}{BNP^{DK}}, \quad e^G \equiv \frac{U^G}{BNP^G} \quad (2)$$

Ved brug af disse definitioner kan formel (1) omskrives til

$$KSO^{DK} = SCC \times U^{DK} \times \frac{e^G}{e^{DK}} \quad (3)$$

I benchmark-tilfældet, hvor emissionsintensiteterne i Danmark og udlandet er de samme ($e^{DK} = e^G$), forenkles ligning (3) til $KSO^{DK} = SCC \times U^{DK}$. I dette tilfælde vil skadeomkostningerne for Danmark ved den globale opvarmning altså svare til de klimaskadeomkostninger, som de danske drivhusgasudledninger påfører det globale samfund, givet vor antagelse om, at Danmarks andel af de globale skadeomkostninger svarer til vores andel af det globale BNP. Hvis emissionskoefficienten i Danmark er lavere end i verden som helhed ($e^{DK} < e^G$), hvilket er situationen i dag, er klimaskadeomkostningerne for Danmark imidlertid større end de samlede globale skader, vi forårsager via vore egne udledninger.

Da størstedelen af omkostningerne ved de aktuelle drivhusgasudledninger først indtræffer et godt stykke ud i fremtiden, kan man vælge at erstatte brøken $\frac{BNP^{DK}}{BNP^G}$ i formel (1) med dens forventede fremtidige gennemsnitlige værdi, betegnet $E \left[\frac{BNP^{DK}}{BNP^G} \right]$. Hvis den forventede gennemsnitlige reale vækstrate i BNP i henholdsvis Danmark og verden betegnes g^{DK} henholdsvis g^G , vil det forventede forhold mellem det danske og det globale reale BNP i det fremtidige år t være

$$\frac{BNP_t^{DK}}{BNP_t^G} = \frac{BNP_0^{DK}(1+g^{DK})^t}{BNP_0^G(1+g^G)^t}, \quad (4)$$

hvor $\frac{BNP_0^{DK}}{BNP_0^G}$ er forholdet mellem nationalprodukterne i det aktuelle år, svarende til det sidste led på højresiden af ligning (1). Hvis den betragtede tidshorisont er T år (inklusive det aktuelle år 0), kan det forventede vejede gennemsnitlige fremtidige forhold mellem nationalprodukterne ved brug af (4) beregnes som

$$E \left[\frac{BNP^{DK}}{BNP^G} \right] = \sum_{t=0}^{T-1} a_t \frac{BNP_t^{DK}}{BNP_t^G} = \frac{BNP_0^{DK}}{BNP_0^G} \sum_{t=0}^{T-1} a_t \frac{(1+g^{DK})^t}{(1+g^G)^t}, \quad \sum_{t=0}^{T-1} a_t = 1. \quad (5)$$

Skadeomkostninger, der ligger længere ude i fremtiden, har en lavere nutidsværdi. Det kan der tages højde for ved at specificere vægten a_t som den normerede diskonteringsfaktor for år t , der opfylder betingelsen i (5) om, at vægtene skal summe til 1 over tidshorisonten T :

$$a_t = \frac{1/(1+r)^t}{\sum_{i=0}^{T-1} 1/(1+r)^i}, \quad t = 0, 1, 2, \dots, T-1. \quad (6)$$

Parameteren r i (6) er den reale samfundsmæssige diskonteringsrentefod. Med plausible parameterverdier såsom $r = 0,03$, $g^{DK} = 0,015$, $g^G = 0,025$ og en tidshorisont på 50 år ($T = 50$) får man af (5) og (6), at

$$E \left[\frac{BNP^{DK}}{BNP^G} \right] = 0,841 \frac{BNP_0^{DK}}{BNP_0^G}. \quad (7)$$

Hvis man derimod forudsætter samme fremtidige vækstrate i det danske og det globale BNP ($g^{DK} = g^G$), får man uanset valget af samfundsmæssig diskonteringsrentefod, at $E \left[\frac{BNP^{DK}}{BNP^G} \right] = \frac{BNP_0^{DK}}{BNP_0^G}$, hvorved man er tilbage til ligning (1).

Et alternativ til vores beregningsmetode kunne være at benytte et mere direkte skøn for Danmarks andel af de globale klimaskadeomkostninger. Nordhaus (2017: 1521) rapporterer forskellige estimater for den regionale fordeling af klimaskadeomkostningerne, beregnet ved hjælp af fire forskellige hyppigt anvendte klimaøkonomiske modeller (såkaldte Integrated Assessment Models). Modellernes skøn for EU's andel af de globale skadeomkostninger varierer fra 9 til 24 procent, hvilket understreger den store usikkerhed ved den slags beregninger. Der findes ingen direkte skøn for skadeomkostningerne for Danmark, men hvis man pragmatisk antager, at skadeomkostningerne for EU fordeles sig på medlemslandene i samme forhold som landenes andel af EU's samlede BNP, får man ifølge de fire omtalte klimaøkonomiske modeller et skøn for Danmarks andel af klimaskadeomkostningerne, der varierer mellem 0,21 og 0,56 procent af de globale skadeomkostninger for året 2021. Til sammenligning udgjorde Danmarks andel af det globale BNP 0,41 procent i 2021. Ved at benytte dette tal som skøn for Danmarks andel af de globale klimaskadeomkostninger får man altså et estimat, der ligger pænt inden for det nævnte usikkerhedsinterval på mellem 0,21 og 0,56 procent.

Størstedelen af de skadeomkostninger, der indgår i CO₂-prisen på udledninger i et givet år, indtræffer først et stykke ude i fremtiden. Man kan derfor argumentere for, at Danmarks andel af skadeomkostningerne ved udledningerne i et givet år ikke afhænger af størrelsen af vores aktuelle BNP relativt til det aktuelle globale BNP, men derimod af det forventede gennemsnitlige fremtidige forhold mellem det danske og det globale BNP. Da den danske økonomi er relativt moden, mens størstedelen af verden befinder sig på et tidligere stade af den økonomiske udviklingsproces, kan man forvente, at væksten i dansk øko-

nomi i en årrække frem vil være lavere end den gennemsnitlige vækst i verdensøkonomien, hvorved forholdet mellem det danske og det globale BNP vil være faldende over tid. Den sidste del af Boks 1 beskriver, hvordan man kan tage højde for dette forhold i beregningen af Danmarks andel af de globale klimaskadeomkostninger. Med realistiske antagelser om de fremtidige forskelle i vækstrater og en tidshorisont på f.eks. 50 år gør det dog ifølge taleksemplet i boksen ikke den store forskel, om man benytter den aktuelle BNP-ratio mellem Danmark og verden eller den forventede fremtidige BNP-ratio ved beregning af Danmarks andel af klimaskadeomkostningerne. Af forenklingssyn og for at sikre sammenlignelighed med analysen af udviklingen i Danmarks "klimakapital" i De Økonomiske Råd (2017) har vi derfor valgt at benytte det enkelte års aktuelle BNP-ratio ved beregning af Danmarks andel af skadeomkostningerne ved årets udledning af drivhusgasser.

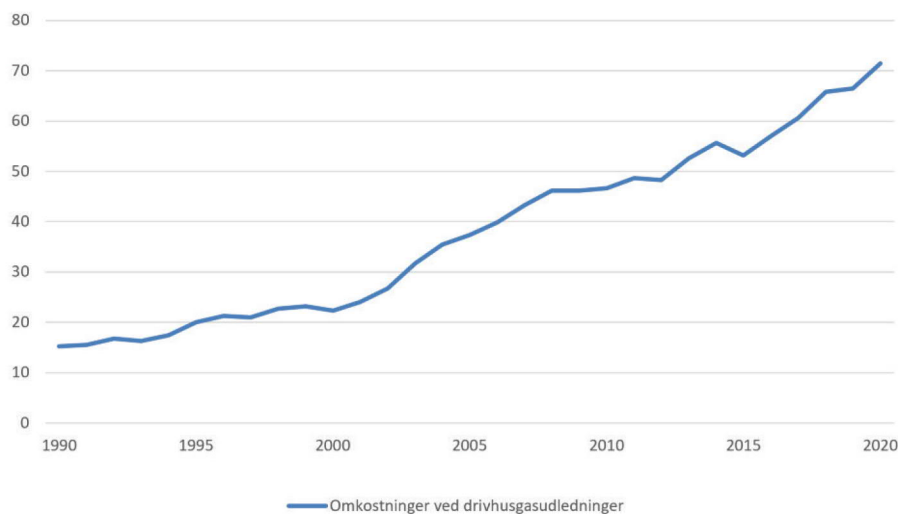
Det samlede billede: Erosionen af Danmarks klimakapital

Vi følger også De Økonomiske Råd ved at betragte alle klimaskadeomkostningerne som en (negativ) komponent i Danmarks samlede miljøkorrigerede opsparing, dvs. som en reduktion af Danmarks "klimakapital", der forringer den fremtidige miljøtilstand. Baggrunden er, at skadeomkostningerne som følge af CO₂-udledningerne i et givet år først begynder at kunne mærkes i de efterfølgende år, hvorefter de gør sig gældende i flere århundreder.

Figur 2 viser, hvordan de estimerede klimaskadeomkostninger for Danmark har udviklet sig i absolutte tal i perioden 1990-2020, opgjort i det gennemsnitlige forbrugerprisniveau, der var gældende i 2023. Vi ser, at der har været en markant stigning i skadeomkostningerne, dels fordi de globale drivhusgasudledninger er steget i perioden, men nok så meget fordi den reale CO₂-pris som nævnt antages at være steget med ca. 5 procent om året, i takt med at den globale gennemsnitstemperatur såvel som det globale BNP er vokset. Da den gennemsnitlige årlige realvækst i Danmarks konventionelle nettonationalindkomst (NNI) kun har været i størrelsesordenen ca. 2 procent, er klimaskadeomkostningernes andel af NNI tillige steget fra omkring 1,2 procent i 1990 til ca. 3,3 procent i 2020, jf. Figur 3.

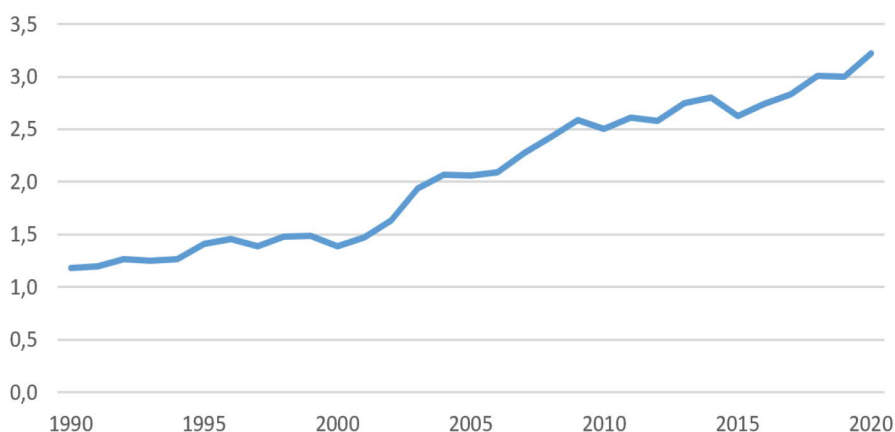
Som det vil fremgå i dette temanummers artikel om den samlede udvikling i Danmarks grønne nettonationalindkomst, udgør erosionen af klimakapitalen det største enkeltbidrag til nedbrydningen af Danmarks naturkapital i de seneste årtier, og hvor udviklingen i naturkapitalen på andre områder i høj grad kan påvirkes af den danske miljøpolitik, er udviklingen i klimakapitalen afgørende afhængig af, at det fremover lykkes at skabe et langt mere effektivt internationalt klimasamarbejde mellem verdens lande.

Figur 2: Omkostninger for Danmark ved de globale drivhusgasudledninger (mia. kr., 2023-prisniveau)



Kilde: Egne beregninger.

Figur 3: Danmarks klimaskadeomkostninger som andel af nettonationalindkomsten (pct.)



Kilde: Egne beregninger ved brug af nationalregnskabsdata fra Danmarks Statistik.

Note

- 1 Ved opgørelsen af den samlede drivhusgasudledning omregnes drivhusgasser som metan og lattergas til CO₂-ækvivalenter ved brug af omregningsfaktorer, som afspejler, hvor mange ton CO₂ der skal til for at skabe den samme effekt som ét ton af en anden gas.

Referencer

- Asheim, G.B. og R. Yamaguchi (2023), "Comprehensive national accounting for carbon emissions", CESifo Working Paper No. 10562, July.
- Berg, R.K.S. og P.B. Sørensen (2023), "The cost of CO₂e emissions in a small open economy with a national carbon budget", Working Paper, Department of Economics, University of Copenhagen, August.
- De Økonomiske Råd (2017), *Økonomi og Miljø 2017*, København, februar.
- Drupp, M.A., F. Nesje og R.C. Schmidt (2023), "Pricing carbon: Evidence from expert recommendations", under udgivelse i *American Economic Journal: Economic Policy*.
- Nordhaus, W.D. (2017), "Revisiting the social cost of carbon", *Proceeding of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114(7): 1518-23.