

• • • • • • • • • • • • • • • •
• • • • • • • • • • • • • • • •
• • • • • • • • • • • • • • • •
• • • • • • • • • • • • • • • •

Baggrundsnotat om omstillingselementers effekter og samfundsøkonomi

1	Sammenfatning	2
2	Bioraffinering af græs	6
3	Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs	12
4	Omlægning af landbrugsareal til produktionsskov	21
5	Omstilling i husdyrproduktionen	26
6	Personbiler (og varebiler) til el	38
7	Lastbiler til el og brint	43
8	Grønne brændstoffer og elektrificering af indenrigssøfart og fiskeri.....	47
9	Konvertering af oliefyr til varmepumper til bygningsopvarmning	51
10	Elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen.....	55
11	CO ₂ -fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren.....	59

1 Sammenfatning

I dette notat præsenteres de metodevalg og forudsætninger, der er anvendt til at beregne effekterne af de forskellige omstillingsselementer i Klimarådets analyse om et kommende 2035-mål. Notatet gennemgår først forudsætninger som startår, levetid og indfasningsprofil for hvert omstillingsselement. Herefter gennemgås de forudsætninger og resultater, der danner grundlag for beregningen af reduktioner, sideeffekter og nettoomkostninger, som anvendes til at beregne den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton reduceret i perioden 2024-2035 for de enkelte potentialer. Afslutningsvis diskuteres usikkerheder.

Hovedparten af potentialerne er beregnet efter den metode, som beskrives i *Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger*. Der er dog enkelte undtagelser: Beregninger for omstilling af husdyrproduktion er lavet med klimaøkonomimodellen GrønREFORM, beregninger for elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen er baseret på Energistyrelsens analyser, og omstilling af indenrigssøfart og fiskeri til grønne brændstoffer og elektrificering er baseret på estimater fra Cowi. Alle tre analyser er dog tilpasset, så de så vidt muligt følger den metode, der anvendes for de øvrige omstillingsselementer.

Resultater og de mest centrale antagelser er opsummeret i tabel 1. Den tilhørende metode og forudsætninger er beskrevet mere detaljeret under de respektive overskrifter senere i dokumentet.

Tabel 1 Omstillingselementer i analysen

Omstillingselement	Metode	Indfasningsprofil	Drivhusgasreduktion	Værdisatte sideeffekter	Nettoomkostninger	Reduktion	Akkumuleret	Nettonutidsværdi	Gns.
						i 2035 mio. t. CO ₂ e	reduktion i 2024-2035 mio. t. CO ₂ e	2024-2035 inkl. (ekskl.) sideeffekter mio. kr.	reduktionsomkostning inkl. (ekskl.) sideeffekter kr. pr. ton CO ₂ e
Bioraffinering af græs	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Lineær indfasning med byggestart på 3 nye anlæg pr. år fra 2025	Øget lagring af kulstof i jord ved skift fra korn til græs og øgede udledninger fra gødsning, transport, markoperationer og energi	Forbedret vandmiljø, øget luftforurening og støj	Investering og drift af anlæg, høst af biomasse modregnet indtægt fra output	0,07	0,32	400 (500)	1.200 (1.400)
Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Lineær indfasning, hvor der fra 2026-35 årligt omlægges 9.000 ha fra landbrug til urørt skov og det samme til permanent græs, samt knap 3.400 ha årligt fra produktionsskov til urørt skov	Øget lagring af kulstof i jord og skov og ophør af gødsning og maskinbrug.	Mindsket luftforurening, forbedret vandmiljø og øget rekreativ værdi af naturarealer	Mistet indtægt fra land- og skovbrug, modregnet jagtleje på arealer med ny urørt skov	0,67	3,70	-1.400 (1.800)	Negativ (500)
Omlægning af landbrugsareal til produktionsskov	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Lineær indfasning med 2.900 ha årligt fra 2026 til 2035	Øget lagring af kulstof i jord og skov og ophør af gødsning og maskinbrug.	Mindsket luftforurening, forbedret vandmiljø og øget rekreative værdi af naturarealer	Mistet indtægt fra landbrug, modregnet indtægter fra skovbrug og jagtleje	0,20	1,12	-200 (300)	Negativ (200)
Omstilling i husdyrproduktionen (Afgiftsforhøjelse i 2035 ift. trepartsaftalen på hhv. 750 til 1.000 / 750 til 1.500 / 750 til 2.000 kr. pr. ton CO ₂ e fra husdyr)	Beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger	40 pct. af niveau for fuldt indfaset afgift i 2030 og herefter lineær indtil 2035	Strukturel omstilling af husdyrproduktion og anvendelse af grønne teknologier og effektivisering til at reducere CO ₂ e-udledninger fra husdyrhold	Mindre luftforurening	Hvor meget husholdningerne skal kompenseres for at være indifferente overfor for afgiftsændringen	0,27 / 0,73 / 0,81	1,60 / 4,37 / 5,81	2.100 (2.100) / 5.300 (5.400) / 6.900 (7.000)	1.300 (1.300) / 1.200 (1.1200) / 1.200 (1.200)
Personbiler til el	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Øget nysalg fra 2026 indtil et 100 pct. nysalg nås i 2030	Kørsel i elbiler erstatter kørsel i benzin- og dieselmotorer	Mindre luftforurening og støj	Ændringer i samlede ejerskabsomkostninger ved at skifte en fossildreven bil til en elbil	1,47	8,14	14.900 (16.900)	1.800 (2.100)
Varebiler til el	Følger skøn for personbiler. Varebiler antages at udlede tilsvarende andel af personbilers udledninger som i 2022 (28 pct.).					0,41	2,28	4.200 (4.700)	1.800 (2.100)

Omstillingselement	Metode	Indfasningsprofil	Drivhusgasreduktion	Værdisatte sideeffekter	Nettoomkostninger	Reduktion	Akkumuleret	Nettonutidsværdi	Gns.
						i 2035 (mio. t. CO ₂ e)	reduktion i 2024-2035 (mio. t. CO ₂ e)	2024-2035 inkl. (ekskl.) sideeffekter mio. kr.	reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr. pr. ton CO ₂ e)
Lastbiler til el og brint	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Indfasning gennem S-kurve fra 2026 til et 100 pct. nysalg af grønne lastbiler nås i 2035	Kørsel i grønne lastbiler erstatter kørsel i konventionelle lastbiler	Mindre luftforurening og støj	Ændringer i samlede ejerskabsomkostninger ved skifte en fossildreven lastbil til en grøn (batteri eller brint)	0,16	1,09	1.600 (1.900)	1.700 (2.100)
Grønne brændstoffer og elektrificering af indenrigssøfart og fiskeri (0,2 mio. ton kvotebelagt / 0,2. ton ikke-kvotebelagt)	Anvendelse af grønne brændstoffer som et eksempel, der følger <i>Metodenotat om retningslinjer for omstillingselementers samfundsøkonomi.</i>	Fuld indfasning fra år 2031 og frem	Erstatning af fossile brændstoffer med grønne brændstoffer	Antages uændret i eksemplet	Køb af grønne brændstoffer modregnet køb af fossile	0,2 / 0,2	1 / 1	1.100 (1.100) / 2.100 (2.100)	1.100 (1.100) / 2.100 (2.100)
Konvertering af oliiefyr til varmepumper til bygningsopvarmning	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Ingen nye oliiefyr fra 2024 og ingen i drift fra 2029	Mindre afbrænding af olie i bygningsopvarmning	Mindre luftforurening	Omkostninger ved at erstatte oliiefyr med varmepumpe modregnet billigere drift	0,09	0,56	400 (500)	400 (400)
Elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen (Grad 1 / Grad 2+3)	Opdatering og justering af nøgletal fra Energistyrelsens analyse. ¹	Gradvis indfasning fra år 2031 og frem	Mindsket brug af fossil energi ved udvinding af olie og gas	Mindre luftforurening	Primært investering i elkabler og maskiner	0,4 / 0,5	2,1 / 1,5	2.600 (2.600) / 5.800 (5.800)	1.300 (1.300) / 3.800 (3.800)
CO ₂ -fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren (0-2 / 2-4 / 4-5 / 5-6 mio. ton)	Følger <i>Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger</i>	Lineær indfasning fra 2030-2035	Fangst og lagring af CO ₂ e fra energi-, industri- og affaldssektoren	Øget luftforurening	Omkostninger ved opførelse og drift af anlægget	2 / 2 / 1 / 1	5 / 5 / 2,5 / 2,5	10.200 (10.200) / 8.800 (8.800) / 6.600 (6.600) / 12.000 (12.000)	800 (800) / 1.100 (1.100) / 1.200 (1.200) / 1.900 (1.900)

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Med "trepartsaftalen" menes i dette dokument *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*.²

Kilde: Klimarådet.

Omstillingselementerne i analysen angiver kun eksempler og udgør dermed ikke en udtømmende liste. Der er således flere relevante omstillingselementer, der er udeladt fra analysen. Udeladelsen af relevante omstillingselementer kan blandt andet skyldes, at de udeladte elementer enten er understøttende for klimapolitikken uden selv at medføre reduktioner, at der er væsentligt overlap med tiltag, der indgår i analysen, eller at de ikke vurderes som relevante i et 2035-perspektiv, fx hvis reduktionerne primært sker efter 2035. Eksempler på udeladte omstillingselementer er opsummeret i tabel 2.

Tabel 2 Omstillingselementer, der ikke indgår direkte i analysen

Omstillingselement	Årsag	Bemærkning
Omstilling af danskernes kost til plantebaseret kost eller til kunstigt kød	Understøtter	Kostomlægning har kun i lille grad et <i>direkte</i> reduktionsbidrag til nationale klimamål. ³ Det skal alligevel fremhæves her som et vigtigt understøttende tiltag for en strukturel omlægning af landbruget. Kostomlægning indgik i Klimarådets analyse <i>Danmarks klimamål i 2050</i> , hvor det ligeledes indgik som understøttende for en strukturel omstilling i landbruget og påvirkede mængde og sammensætning af dansk produktionsoverskud af fødevarer.
Grønne brændstoffer i vejtransporten	Overlapper	Overlapper med omstilling til eldrevne last-, person- og varebiler. Dog indgår omstilling af lastbiler til brint kvantitativt i analysen. Grønne brændstoffer bør desuden primært anvendes, hvor elektrificering er mest vanskelig – fx i luftfarten og skibsfarten, da øget brug af disse af dem kan medføre risiko for at øge de globale udledninger.
Omstilling af transportvaner	Overlapper	Overlapper delvist med omstilling til eldrevne person- og varebiler. Desuden er omkostningen svær at anslå med den valgte analysetilgang, da omkostningen vil afhænge af, om den mindre kørsel opnås ved en forhøjet dieselaftgift, skattefradrag til virksomheder for etablering af hjemmearbejdspladser, tilskud til offentlig transport eller andre muligheder.
Forsuring af gylle og opsamling af gas i gyllelagre	Overlapper	Overlapper med teltoverdækning af gyllebeholdere og effektivisering af produktionen, som indgår kvantitativt i analysen. Endvidere er potentialet mindsket af biogasproduktionen i baseline.
Reduktion af forbrændingsegnet affald	Overlapper	Reducerede affaldsmængder til forbrænding, enten ved at generere mindre affald, genbruge og genanvende, overlapper med CCS på affaldsforbrændingsanlæg.
Reduktion af energiforbrug i bygninger	Overlapper	Der er stort set ingen udledning fra bygningsopvarmning i 2035 i baseline. Der er dog en udledning fra oliefyre, som i denne analyse elimineres med omstillingselementet <i>Oliefyre til varmepumper</i> . Dele af denne udledning kunne alternativt have været adresseret ved reduktion af energiforbrug i olieopvarmede bygninger.
Elektrificering og energieffektivisering i industri	Overlapper	Fossile udledninger fra industri overlapper delvist med CCS. Dog er små punktkilder med en årlig udledning på under 50.000 ton CO ₂ ikke medregnet i CCS-potentialet. Elektrificering og energieffektivisering vurderes at kunne bidrage med yderligere reduktion af disse udledninger, men det indgår ikke i analysen.
Nitrifikationshæmmere	Ikke relevant	Er på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkeligt undersøgt af myndighederne med hensyn til miljømæssige risici, og da der er relativt kort tid til 2035 ses der store risici forbundet med omstillingselementet. Det indgik i teknologiscenariene i Klimarådets 2050-analyse, hvor der er en noget længere tidshorisont til at få sikret miljøet.
Biokul	Ikke relevant	I Klimarådets analyse <i>Danmarks Klimamål i 2050</i> indgik omstillingselementet biokul. I denne analyse indgår biokul alene som en del af baseline, idet Klimarådet vurderer, at der i forvejen er betydelig usikkerhed om den reduktionseffekt, der ligger i trepartsaftalen, og at det kan vise sig at være vanskeligt at opnå et yderligere reduktionspotentiale frem mod 2035 ud over effekten fra tiltagene i trepartsaftalen.
Direct Air Capture (DAC)	Ikke relevant	Vurderes teknisk set at kunne spille en rolle frem mod 2035, men for mange forhold er usikre til kvantificering i denne analyse. Kan muligvis være alternativ til de dyreste CCS-reduktioner i 2035.

Kilde: Klimarådet.

2 Bioraffinering af græs

Bioraffinering af græs har til formål at producere protein af græs og samtidig opnå en klimagevinst, når græs erstatter korn eller andre etårige afgrøder.⁴ Normalt bruges græs primært som grovfoder til fx kvæg, men gennem bioraffinering kan det omdannes til protein til fødevarer, foder til svin og kyllinger og biprodukter, der kan anvendes til energiformål. Da vedvarende græs medfører en større kulstoflagring i jorden og en mindre udvaskning af kvælstof end etårige afgrøder, kan afgrødeskiftet gavne både miljø og klima. I Danmark har GUDP under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri støttet en række projekter om grøn bioraffinering.⁵ Teknologien er stadig under udvikling, og der er usikkerheder omkring den. Igangværende projekter vil kunne give ny viden om blandt andet omkostninger og afsætningsmuligheder.

I dette omstillingselement etableres 27 bioraffineringsanlæg gradvist frem mod 2035 med en kapacitet på hver 20.000 ton tørstof (TS) græs pr. år. Det sker ud fra en grov antagelse om, at der bygges 3 anlæg om året fra 2025. For at frembringe denne mængde græs omlægges der gradvist landbrugsjord fra korn til græs. Græsset bioraffineres i anlæggene, og raffineringprocessen består af flere trin, herunder snitning, presning, opvarmning, centrifugering og separering. Outputet er græsprotein, græspulp og brunsaft. De tre produkter anvendes til svinefoder i stedet for soja, til grovfoder til kvæg, og til produktion af biogas. Arealomlægningen når i 2035 et akkumuleret niveau på 71.000 hektar.

I beregningen indgår den primære effekt på udledning af drivhusgasser, som er græssets kulstofbinding, samt en øget udledning af lattergas og øget energiforbrug til landbrugsmaskiner og raffineringprocessen. Indregnede sideeffekter og omkostninger fremgår af overbliksskemaet.

Der er taget udgangspunkt i en konventionel produktion af græsprotein. Ved produktion af økologisk græsprotein kan der forventes en højere markedspris for bioraffineringsprodukterne, mens produktionsomkostningerne forventes at være på samme niveau som for konventionel produktion.⁶

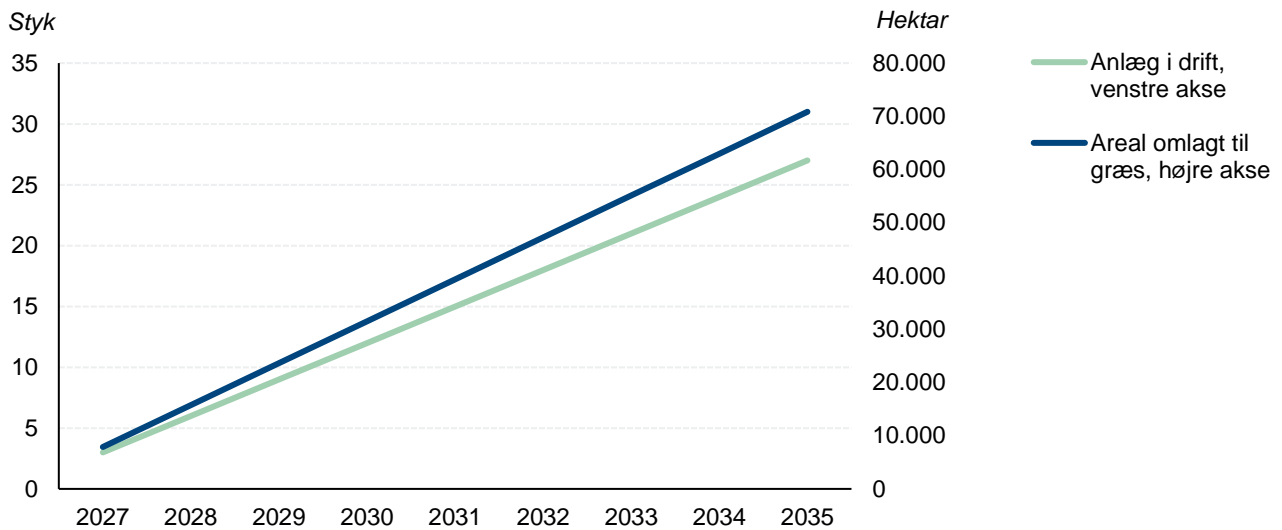
Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Dyrkning af græs i stedet for korn (mere kulstof bindes, mens udledning fra lattergas øges)• Øget energibehov til landbrugsmaskiner sammenlignet med kornproduktion (øget udledning)• Øget transportbehov af græs sammenlignet med korn (øget udledning)• Energi til bioraffineringsanlæg (øget udledning)
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">• Dyrkning af græs i stedet for korn (reduktion af kvælstof til vandmiljø)• Transport af græs ift. korn (øget luftforurening og støj)• Energi til bioraffineringsanlæg (øget luftforurening)• Energiforbrug i marken ift. korn (øget luftforurening)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">• Omlægning fra vårkorn til græs (samme værdi)• Investering i bioraffineringsanlæg (omk.)• Drift af bioraffineringsanlæg (indkøb af græs, transport, hjælpepestoffer, energi, løn, vedligehold) (omk.)• Salg af græsprodukter (protein, pulp og saft) (gevinst)• Værdi af sideeffekter (nettogevinst)• Værdi af ETS2-kvoter vedr. øget energiforbrug og transport (omk.)

Startår, levetid og indfasningsprofil

Der bygges 3 nye anlæg årligt fra 2025-33 med 2 års forskydning fra investering til drift og klima- og miljøeffekter. Se figur 1.

Der antages en levetid på 15 år for et anlæg.⁷ Omlægningen af arealer til græs og udbygning af anlæg er antaget at følge en lineær indfasningsprofil. Det antages, at omlægningen af afgrødeproduktionen fra étårige afgrøder til græs foregår gradvist i takt med behovet for input til anlæggene.



Figur 1 Bioraffineringsanlæg og omlagte arealer i omstillingsperioden

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

Bioraffinering reducerer udledninger ved at omlægge afgrødeproduktionen fra étårige afgrøder, såsom korn, til græs. Dette øger mængden af kulstof, der bindes i jorden. Dog kræver bioraffinering mere energi til landbrugsmaskiner, øget transport af græs samt et højere energiforbrug i selve bioraffineringsanlæggene.

Arealanvendelse

Der tages udgangspunkt i et areal til konventionel dyrkning af græs, som svarer til anlæggets kapacitet. Hvert anlæg anvender græs som input tilsvarende et areal på 2.624 hektar.⁸

Effekten på drivhusgasudledningen knyttet til omlægning af korn til græsafgrøder stammer fra en øget kulstofbinding i græs samt en øget udledning af lattergas fra græsdyrkning. Værdierne anvendt til beregningerne stammer fra Klimavirkemiddelkatalogets virkemiddel *Afgrøder med stort kvælstofoptag, fodergræs med bælgplanter*.⁹

Maskiner i marken

I beregningerne indgår en øget udledning fra energiforbrug til markoperationer, da græs høstes flere gange om året end korn. Udledningen beregnes ved brug af data fra Klimavirkemiddelkatalogets virkemiddel *Afgrøder med stort kvælstofoptag, fodergræs med bælgplanter*.¹⁰

Der er ikke taget højde for det nationale CO₂e-fortræningskrav for land- og skovbrugsmaskiner, som træder i kraft fra 2025, og som forventes at være 5 pct. i 2035.¹¹ Dette krav forventes ikke at have en væsentlig indflydelse på analysens resultater.

Energiforbrug ved bioraffineringsanlægget

Data for energiforbruget for et anlæg er en vurdering baseret på korrespondance med Morten Ambye-Jensen fra Aarhus Universitet, der blandt andet er involveret i det EU finansierede GO-GRASS projekt.¹² Data er tilpasset til en anlægsstørrelse på 20.000 ton tørstof (TS) græs. Energiforbruget omfatter forbrug af el og ledningsgas. Udledningerne fra el og ledningsskassen følger KF24's antagelser om VE-andele i el- og gasnettet.

Transport af græs med lastbil

Der indregnes ekstra transport af græs sammenlignet med foderkorn, da raffinering er en ekstra proces i værdikæden. Transportbehovet er beregnet ud fra data fra J. D. Jensen m.fl.¹³ og U. Jørgensen m.fl.¹⁴. Der regnes i alt med, at der køres 11.100 ture årligt for hvert anlæg, når det antages, at lastbilerne både kører til anlæggene med et læs græs og tomme tilbage.

De samlede udledninger fra lastbilskørsel beregnes på baggrund af udledningen pr. kilometer i de pågældende år. Her anvendes en emissionsfaktor for sololastbil uden anhænger fra Energistyrelsen.¹⁵

Resultater for drivhusgasreduktioner

Samlet set bidrager bioraffinering af græs med 0,07 mio. ton CO₂e i 2035. Det drives i høj grad af en øget kulstofbinding i jord som følge af omlægning af etårige afgrøder til græs. Det bidrager til reduktioner i LULUCF-kategorien. Dog øges lattergasudledningerne fra marken som følge af en øget kvælstofmængde i tilført gødning og i planterester, ligesom udledninger fra maskiner og transport stiger, da græs høstes flere gange om året. De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden ses af nedenstående tabel 3.

Tabel 3 Drivhusgasreduktioner ved bioraffinering af græs i 2024-2035

mio. ton CO ₂ e	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
LULUCF	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14
Lattergas fra marken	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04
Landbrugsmaskiner	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03
Energiforbrug på bioraffineringsanlægget	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lastbilstransport	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Samlet national reduktion	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07
Reduktioner iht. EU-forpligtigelser									
Reduktion i ESR-sektorer	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07
Reduktion i LULUCF	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14

Anm.: Negative værdier udtrykker en øget udledning.

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

Bioraffinering af græs har som positiv sideeffekt, at græsmærker har lavere kvælstofudvaskning end kornmarker. Omvendt kræver dyrkning af græs flere maskinoperationer i marken og mere transport, hvilket medfører øget luftforurening fra de anvendte brændstoffer og støjgener fra lastbilerne. Bioraffineringsanlæggene har også et energiforbrug, der ligeledes har luftforurening som negativ sideeffekt. Opgørelse og værdisætning af sideeffekterne beskrives nedenfor.

Reduktion i kvælstofudvaskning

Omlægning af afgrødeproduktionen fra korn til græs reducerer udvaskning af kvælstof til vandmiljøet. Der anvendes en værdi for mindsket udvaskning af kvælstof på 29 kg N pr. hektar pr. år.¹⁶

Reduktionen i kvælstofudvaskningen værdisættes til 54 kr. pr. kg N (2022-markedspriser) på baggrund af tal fra Hasler & Jacobsen, 2022.¹⁷ De omregnes efterfølgende til 2023-priser. Rapporten angiver værdier beregnet fra to forskellige modeller. Der er valgt en værdi fra modellen TargetEconN, som også blev anvendt i Klimarådets rapport *Danmarks Fremtidige Arealanvendelse*.¹⁸ Der er anvendt et scenarie, der afspejler kvælstofindsatsens fordeling mellem kollektive virkemidler og målrettet regulering.

Det antages, at vandrammedirektivets mål om forbedring af vandmiljøet¹⁹ opnås inden 2035 på baggrund af eksisterende politik og *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark* (trepartsaftalen). Men da udledning af kvælstof fortsat er skadeligt for vandmiljøet, medregnes reduceret kvælstof som en konstant afhjulpet skadesomkostning.

Luftforurening fra maskiner i marken

Da der ikke findes direkte oplysninger om, hvor meget energi der bruges til landbrugsmaskiner, omregnes drivhusgasudledningen fra dieselforbruget, som stammer fra Klimavirkemiddelkataloget, til et dieselforbrug udtrykt i GJ pr. hektar.²⁰

Luftforureningen fra det øgede energiforbrug fra maskiner i marken til høst af græs opgøres ved brug af emissionsfaktorer for luftforurening fra landbrugsmaskiner²¹ samt økonomiske værdier fra de miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner fra kategorien *SNAP8 Ikke-vejgående transport og maskiner*.²²

Luftforurening fra energiforbrug på bioraffineringsanlægget

Luftforurening fra el og ledningsgas fra anlæggene beregnes ved brug af emissionsfaktorer for industrimaskiner fra Energistyrelsen²³ samt økonomiske værdier baseret på de miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner.²⁴ For SO₂- og PM_{2,5}-udledning anvendes kategorien *SNAP 4 Industrielle processer* for, mens *SNAP3 Fremstillingsvirksomhed* anvendes for NO_x-udledning, da værdien ikke fremgår af *SNAP4*.

Luftforurening og støj fra transport af græs med lastbil

Værdien af luftforurening og støj fra transportarbejdet med lastbil er beregnet ud fra data fra DTU's transportøkonomiske enhedspriser.²⁵

Resultater for sideeffekter

På baggrund af ovenstående forudsætninger regnes der med en stigende samfundsøkonomisk gevinst ved sideeffekterne af omstillingselementet. I 2035 udgør sideeffekterne samlet set en gevinst på 21 mio. kr. Sideeffekterne stammer primært fra reduceret kvælstofudvaskning. Den samlede værdi af sideeffekter ses i tabel 4.

Tabel 4 Sideeffekter ved bioraffinering af græs i 2024-2035

mio. kr.	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Reduktion i kvælstofudvaskning	-3	-6	-9	-11	-14	-17	-20	-23	-26
Luftforurening fra landbrugsmaskiner	0	1	1	2	2	2	3	3	3
Luftforurening fra bioraffineringsanlæggene	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luftforurening og støj fra transport med lastbil	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Sum	-2	-5	-7	-9	-12	-14	-16	-19	-21

Anm.: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Omkostningerne ved bioraffinering af græs består især af omkostninger til investering og drift af bioraffineringsanlægget. Fra 2027 indregnes desuden omkostninger til køb af kvoter i det kommende kvotehandelsområde, ETS2, grundet øget dieselforbrug til markoperationer, da græs høstes flere gange om året end korn. Grundlaget for omkostningsopgørelsen beskrives nærmere nedenfor.

Omlægning af areal

I beregningerne antages det, at der ikke er forskel på dækningsbidragene for kløvergræs og vårkorn. Der sammenlignes her med værdien af vårkorn, da referencen for drivhusgasreduktionen i denne analyse er ”jord efter vårkorn uden efterafgrøder”.²⁶ Antagelsen er i overensstemmelse med tidligere rapporter²⁷ og historiske budgetkalkuler²⁸, særligt for sandjorder, hvor der gødskes med husdyrgødning. Det antages således, at der ikke er nogen væsentlig driftsøkonomisk gevinst eller omkostning forbundet med at omlægge arealer fra konventionelt vårkorn til kløvergræs.

Investering og drift

Investeringsomkostningerne pr. anlæg stammer fra J. D. Jensen m.fl. 2018.²⁹ Omkostningen pr. anlæg ligger omkring 22 mio. kr. i 2023-priser. Samtaler med aktører på området indikerer, at denne omkostning muligvis er undervurderet.³⁰ Da der dog endnu ikke foreligger opdaterede data, fastholdes estimaterne fra 2018, om end Klimarådet har lavet en følsomhedsberegning med en højere investeringsomkostning, der er beskrevet nedenfor.

Priserne for drift af anlæg baserer sig på rapporten af U. Jørgensen m.fl. om grøn bioraffinering af græs fra 2021.³¹ Driftsomkostningerne består af udgifter til græsdyrkning, transport, hjælpestoffer, energi, løn og vedligehold samt indtægter fra protein, pulp og brunsaft.

Der er ikke indlagt et prisfald over tid, som potentielt kan ske i takt med, at teknologien bliver mere og mere udbredt. Det skyldes, at der ikke foreligger data herfor på nuværende tidspunkt, og at anlægsinvesteringen som nævnt er lavt sat.

Kvoter

Da udledningen øges i det kommende ETS2-område, grundet øget dieselforbrug til markoperationer, er der indregnet en samfundsøkonomisk omkostning for hvert ETS2-omfattet ton CO₂e i de pågældende år i perioden fra 2027, hvor kvoterne forventes at have virkning fra.

Resultater for nettoomkostninger

En øget udbredelse af bioraffinering af græs kan reducere udledningerne med 0,07 mio. ton CO₂e i 2035 til en gennemsnitlig reduktionsomkostning på cirka 1.200 kr. pr. ton. inklusive sideeffekter. Det samlede samfundsøkonomiske omkostning for udbygningen over hele perioden forventes at ligge på cirka 400 mio. kr. Hvis ikke de positive sideeffekter fra bioraffinering af græs medregnes vil disse omkostninger udgøre cirka 500 mio. kr. for hele perioden. Tabel 5 viser de samlede omkostninger fordelt på forskellige poster og år i perioden.

Tabel 5 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger fra bioraffinering af græs i 2024-2035

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-2035 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	10	10	20	30	40	50	50	60	70	70	80	400
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	10	10	30	40	50	60	70	80	90	90	100	500
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)												1.200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)												1.400

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Årlige omkostninger er afrundet i tiere og summen over årene er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Der er flere usikkerheder knyttet til de samfundsøkonomiske beregninger af bioraffinering af græs som omstillingselement. Generelt er der stor usikkerhed forbundet med beregning af drivhusudledning fra landbrugssektoren, herunder de årlige kulstofpuljændringer i jorderne som følge af forskellig dyrkningspraksis.

Eftersom teknologien stadig befinder sig på et tidligt stadie, er der også betydelig usikkerhed omkring fremtidige investerings- og driftsomkostninger. Samtaler med aktører på områder indikerer, at investeringsomkostningerne muligvis er undervurderet i denne analyse. Desuden er der mulighed for, at lucerne i fremtiden kan blive et mere fordelagtigt alternativ til græs, hvilket ikke er behandlet i nærværende analyse.

Følsomheder

I de samfundsøkonomiske beregninger anvendes en investeringsomkostning pr. anlæg på omkring 22 mio. kr. I følsomhedsberegningen fordobles investeringsomkostningerne til knap 45 mio. kr. Det medfører en stigning i den gennemsnitlige reduktionsomkostning på knap 75 pct., fra 1.186 kr. pr. ton inklusive sideeffekter CO₂e til 2.061.

3 Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs

Omlægning af landbrugsarealer til natur reducerer drivhusgasudledningen fra dyrkning af afgrøder og øger lagringen af kulstof i jord og biomasse. Klimaeffekten af arealommelægningen afhænger af de specifikke naturtyper, der etableres, og hvordan de forvaltes. Urørt skov vil fx have en større CO₂-lagring end græsarealer og vådområder. Omlægningen påvirker samtidig produktionen af biomasse, foder og fødevarer, og den bidrager til opfyldelse af mål om vandmiljø og biodiversitet.

Analysens baseline udgøres af *Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24)*³² og trepartsaftalen.³³ KF24 inkluderer omlægning af arealer fra fx dyrkede marker til vådområder og fra produktionskov til urørte skove. Trepartsaftalen indeholder specifikke mål om skovrejsning, urørt skov og nye naturarealer. Trepartsaftalen nævner et mål om 20 pct. natur, men aftalen indeholder dog efter Klimarådets vurdering ikke tilstrækkelige initiativer til at opfylde dette mål.

Det antages i denne analyse, at omstillingselementet anvendes i et omfang, der passer med, at 20 pct. af Danmarks areal er natur i 2035. I Klimarådets rapport *Danmarks klimamål i 2050* og EU's biodiversitetsstrategi³⁴ er målet at etablere 30 pct. beskyttet natur på land. De 20 pct. natur i 2035 kan altså siges at være et godt skridt på vejen mod de 30 pct.

Natur er et flertydigt begreb, og det er nødvendigt at definere, hvilke arealer der kan medregnes som natur, for at kunne fastlægge, hvornår målet om 20 pct. natur er opfyldt. Følgende afsnit beskriver analysens baseline for naturarealet i 2035, der danner grundlaget for omstillingselementerne. Efterfølgende afsnit beskriver omstillingselementerne og de samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger.

Baseline for naturarealet

I analysen antages det, at 10,9 pct. af Danmarks areal i dag kan defineres som natur. Med KF24 og implementering af trepartsaftalen forventes naturarealet at stige til 15 pct. af Danmarks areal i 2035. Det fremgår af tabel 6.

Tabel 6 Antaget baseline for naturarealet i 2035-analysen

Nuværende og nye naturarealer frem til 2035	Hektar	Procent af Danmarks areal
Muligt nuværende naturareal jf. Biodiversitetsrådet	470.270	10,9
Udlæg af eksisterende skov som urørt skov jf. KF24	45.773	1,1
Permanent ekstensiveret areal jf. Landbrugsstyrelsen	10.000	0,2
Udtag af lavbundsjord og randarealer jf. trepartsaftalen. ¹	70.000	1,6
Ny urørt skov jf. trepartsaftalen	50.000	1,2
I alt (afrundet)	646.000	15

Anm. 1: Ifølge trepartsaftalen skal der udtages 140.000 hektar lavbundsjord inklusive randarealer. Heri indgår både forventede udtagningsarealer fra KF24 og yderligere arealer som følge af trepartsaftalen. Det antages her, at 50 pct. af de udtagne arealer vil kunne kategoriseres som natur.

Kilder: Klimarådet på baggrund af KF24³⁵, Biodiversitetsrådet³⁶, Landbrugsstyrelsen³⁷ og Regeringen m.fl.³⁸

Tabel udgør analysens baseline for naturarealet. De enkelte elementer i tabellen beskrives i efterfølgende afsnit.

Naturarealet i dag

Det nuværende naturareal er baseret på arealopgørelsen i Biodiversitetsrådets årsrapport fra 2023.³⁹ Følgende arealer er medregnet:

- **Beskyttede naturarealer:** 1,6 pct.: naturnationalparker, statslig urørt skov, arealer ejet af naturfonde.

- **Potentielt beskyttede:** 5,5 pct.: Natura 2000, offentlige § 3-arealer, klitfredninger, privat urørt skov, fredninger, vildtreservater
- **Utilstrækkeligt beskyttede:** 3,8 pct.: private § 3-arealer

Disse arealer anvendes ikke primært til landbrug eller skovbrug, og det antages derfor muligt at beskytte disse områder uden at skulle udtage arealer i omdrift.

Naturarealet frem til 2035 i KF24

KF24 forventer følgende ændringer i arealanvendelsen frem til 2035, som kan bidrage til et muligt beskyttet naturareal:

- **Vådlægning af kulstofrige jorder:** Kulstofrige landbrugsarealer vådlægges, hvorved arealet med dyrkede marker falder.⁴⁰ Disse arealændringer indgår dog i trepartsaftalens mål om udtagning af 140.000 hektar kulstofrige jorder inklusive randarealer og medregnes derfor under trepartsaftalen.
- **Urørt skov:** Det forventes, at 75.000 hektar eksisterende skov lægges urørt, heraf cirka 70.000 hektar på Naturstyrelsens arealer. Dette skovareal inkluderer skovarealet i de kommende nationalparker. Det fremgår ikke, hvornår skovene er lagt urørt, men langt hovedparten er allerede udpeget.⁴¹ Tidshorizonten for naturgenopretningen afhænger af, om der er tale om østdanske løvskove eller nåletræsplantager, som overvejende findes i Vestdanmark. Af skovfremskrivningen fra 2024 fremgår, at al hugst i Østdanmark stopper i 2032, mens hugsten i Vestdanmark først ophører i 2043.⁴² Det antages i denne analyse, at alle 75.000 hektar med urørt skov kan betragtes som natur i 2035, selv om der fældes eksotiske arter i skovene i Vestdanmark efter 2035. Da der var 29.227 hektar urørt skov i 2020, stiger arealet med urørt skov med 45.773 hektar fra 2020 til 2035, så der samlet opnås 75.000 hektar i 2035.⁴³

Permanent ekstensiveringsordning fra foråret 2024

I foråret 2024 blev der indført en ny støtteordning til permanent ekstensivering af landbrugsjord. Denne ordning er ikke medregnet i KF24 og var besluttet inden trepartsaftalen blev vedtaget. Ordningen vil potentielt kunne medføre omlægning af 10.000 hektar dyrket jord til græsarealer.

Klimarådet antager i denne analyse, at disse 10.000 hektar kan betragtes som natur, og at dette areal er additionelt til de naturtiltag, der indgår i KF24 og i trepartsaftalen. Denne antagelse er dog forbundet med usikkerhed, og det er uvist, hvordan ordningen vil indgå i KF25.

Trepartsaftalens øgning af naturarealet

Trepartsaftalen indeholder konkrete mål om rejsning af 250.000 hektar ny skov og udtagning af 140.000 hektar kulstofrig jord inklusive randarealer. Af skovrejsningen tænkes de 80.000 hektar etableret som privat urørt skov og 20.000 hektar som statslig urørt skov.

Af de kulstofrige jorder inklusive randarealer antages det at 70.000 hektar bliver til ny natur, svarende til halvdelen af det udtagne areal. Det øgede vådgjorte areal med kulstofrig jord inklusive randarealer er inklusive den forventede udvikling i KF24, mens det ekstra skovrejsningsareal er en tilføjelse til skovrejsningen i KF24.⁴⁴ Det vurderes, at der ikke vil være overlap mellem de udtagne, vådgjorte arealer og skovrejsningsarealerne. Det antages desuden, at de 70.000 hektar ny natur kan lægges til det eksisterende naturareal. Trepartsaftalens konsekvenser for naturarealet fremgår af tabel 7.

Tabel 7 Oversigt over arealændringer som følge af trepartsaftalen

Hektar	Samlet udtag i trepartsaftalen	Heraf natur	Heraf kulstofrig jord	Tidsplan	Samlet udtag i 2035	Heraf natur i 2035	Heraf produktions-skov
Udtag af kulstofrige jorder inkl. randarealer	140.000	70.000	70.000	Inden 2030	140.000	70.000	-
Skovrejsning	250.000	100.000	-	Inden 2045	125.000	50.000	75.000
Sum	390.000	170.000	70.000		265.000	120.000	75.000

Anm. 1: Udtag og vådlægning af kulstofrige jorder inklusive randarealer indeholder forventede udtagingsarealer fra KF24.

Anm. 2: Skovrejsning er i tillæg til skovrejsning i KF24.

Anm. 3: Det antages, at halvdelen af skovrejsningen er nået i 2035 og at 40 pct. er ny urørt skov.

Kilde: Klimarådet pba. trepartsaftalen.⁴⁵

Som det fremgår af tabel 7, er det aftalt i trepartsaftalen, at kulstofrige jorder og randarealer udtages inden 2030, mens den bebudede skovrejsning på 250.000 hektar har en længere tidshorisont frem til 2045. Hvis man antager en lineær skovrejsning over 20 år fra 2025, vil der være rejst 125.000 hektar skov i 2035, hvoraf 50.000 hektar bliver udlagt til natur i form af urørt skov.

Det samlede naturareal i 2035 og mankoen til et naturareal på 20 pct.

Det samlede naturareal i 2035 efter implementering af KF24 og trepartsaftalen udgør 646.000 hektar svarende til 15 pct. af Danmarks areal. Hvis målet om 20 pct. skal nås, skal der yderligere 214.000 hektar natur til. Dette er vist i tabel 8.

Tabel 8 Manko i naturareal ved 20 pct. naturmål

	Hektar	Procent
Mål om 20 pct. natur	860.000	20
Naturareal inkl. KF24 og trepartsaftalen	646.000	15
Manko for naturareal	214.000	5

Kilder: Klimarådet på baggrund af KF24⁴⁶, Biodiversitetsrådet⁴⁷ og Regeringen m.fl.⁴⁸

Der er usikkerhed forbundet med den beskrevne baseline for naturarealet. Det skyldes dels, at det er usikkert om nogle af arealerne overlapper. Da natur er et flertydigt begreb, er det desuden usikkert, hvilke områder der kan medregnes som natur. Miljøministeriet vil fx kunne medregne flere arealer som natur.⁴⁹ Biodiversitetsrådet vil omvendt muligvis ikke i fuldt omfang betragte de arealer, der medregnes, som natur. Denne usikkerhed medfører usikkerhed om mankoen i tabel 8.

Beskrivelse af omstillingselementet

Omstillingselementet *Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs* skal bidrage til, at 20 pct. af Danmarks landareal kan siges at være natur i 2035. På baggrund af afsnittet *Baseline for naturarealet* betyder det, at der i alt omlægges 214.000 hektar land- og skovbrugsarealer. Øgningen af naturarealet sker ved, at landbrugsjord udtages af drift og omlægges til ny urørt skov og til permanente græsarealer. Derudover omlægges eksisterende produktionsskov til urørt skov.

I analysen anvendes samme fordelingsnøgle for arealomlægninger til natur som i Klimarådets analyse *Danmarks klimamål i 2050*. Det indebærer, at 42 pct. af det samlede omlagte areal bliver omlagt til ny urørt skov, at 42 pct. bliver omlagt til permanente græsarealer, mens de resterende 16 pct. består af omlægning af eksisterende produktionsskov til gammel urørt skov. I praktisk kan fordelingen se anderledes ud, men da der i denne analyse anvendes gennemsnitlige effekter, er der taget et valg om en fast fordeling mellem typerne af omlægninger.

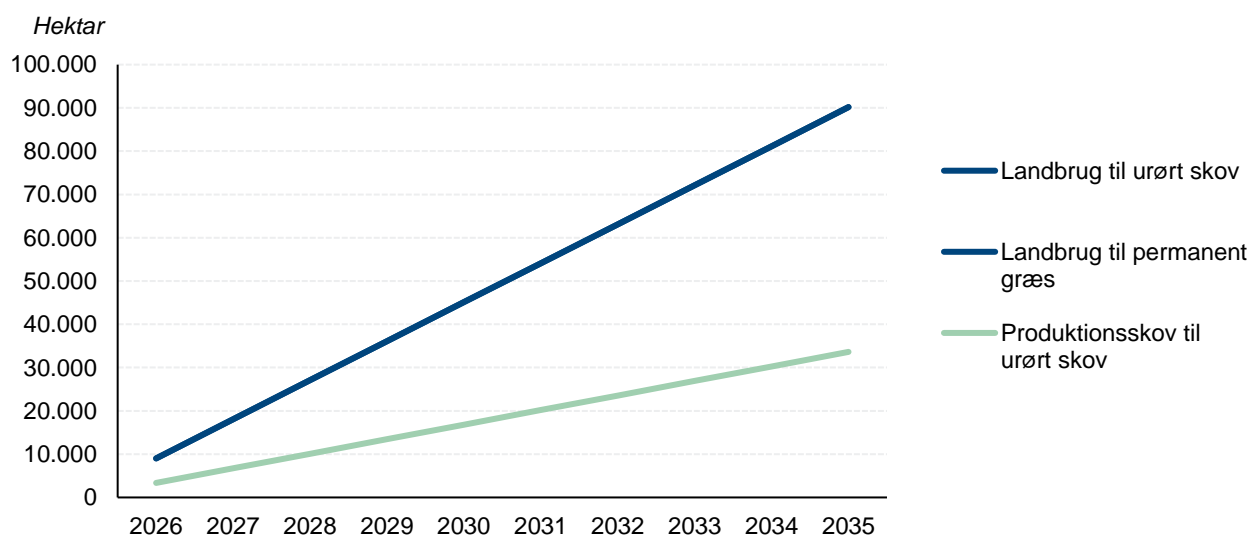
Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Urørt skov i stedet for landbrugsdrift (øget kulstofbinding i skov og jord, reduceret udledning fra lattergas og energiforbrug fra ophør af landbrugsdrift) • Permanent græs i stedet for landbrugsdrift (øget kulstofbinding i jorden, reduceret udledning fra lattergas og energiforbrug fra ophør af landbrugsdrift) • Ophør af kommerciel skovdrift (mindsket kulstofreduktion i skov pga. ophør af hugst og reduceret udledning fra energiforbrug fra skovbrugsmaskiner)
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none"> • Reduceret energi til maskiner i marken og i skoven (mindsket luftforurening – positiv effekt) • Rekreativ anvendelse af permanente græsarealer og ny urørt skov (positiv effekt) • Omlægning fra landbrugsdrift (reduktion af kvælstof til vandmiljø – positiv effekt)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none"> • Tabt landbrugs- og skovbrugsdrift (omk.) • Jagtleje på permanent græs og i ny urørt skov (gevinst) • Værdi af sideeffekter (nettogevinst) • Værdi af ETS2-kvoter vedr. mindsket energiforbrug (gevinst)

Start år, levetid og indfasningsprofil

Omlægning antages at starte fra 2026, da der må forventes en forberedelsestid.

I alt omlægges der årligt 214.000 hektar til natur fra 2026. Den akkumulerede indfasning ses i figur 2.



Figur 2 Omlægning af areal i omstillingsperioden

Anm. 1: Indfasningsprofilen for *Landbrug til urørt skov* og *Landbrug til permanent græs* er ens og er derfor vist ved samme blå kurve. I alt er der omlagt 214.000 hektar i 2035 fordelt på 90.000 hektar landbrug til urørt skov, 90.000 hektar landbrug til permanent græs og 34.000 hektar produktionsskov til urørt skov.

Kilde: Klimarådet.

Arealomlægningerne har i 2035 samlet set nået et akkumuleret niveau på 214.000 hektar. Det antages, at arealet ikke påvirker det såkaldte harmoniareal, som er det areal, der skal være til rådighed for at kunne udbringe husdyrgødning i overensstemmelse med harmonikravet. Omfanget af omlægningen vil tilsammen med eksisterende naturtiltag muliggøre plads til omkring 20 pct. natur i 2035, svarende til cirka 860.000 hektar.

Drivhusgasreduktioner

Effekten på drivhusgasudledningen ved omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanente græsarealer stammer hovedsageligt fra ændringer i arealanvendelsen, hvilket indebærer ophør af land- og skovbrugsdrift. Derudover er der også færre udledninger fra maskiner. Grundlaget for beregning af drivhusgaseffekterne for dette omstillingselement er beskrevet i dette afsnit.

Arealanvendelse

Omlægning af arealer fra land- og skovbrug til urørt skov og permanent græs resulterer i en reduktion i udledningerne fra marker, primært gennem øget kulstofbinding og reduceret lattergasudledning.

Kulstofbindingen stiger i de urørte skove som følge af ophøret af skov- og landbrugsdrift.⁵⁰ Der er anvendt en kulstoffeffekt for ny og gammel urørt skov, baseret på de samme typer som i Klimarådets analyse, *Danmarks klimamål i 2050*, og kulstoffeffekten for skovens alder 0-10 år er benyttet.

For permanent græs er effekterne på jordens kulstofpulje beregnet ud fra Klimavirkemiddelkatalogets virkemiddel *Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak*.⁵¹

Samtidig medfører ophør af landbrugsdrift en reduktion i lattergasudledningen grundet ophør af gødskning af markerne. Lattergasreduktionen er baseret på samme virkemiddel fra Klimavirkemiddelkataloget. Denne reduktion i lattergas er anvendt for omlægning af landbrugsjord til både urørt skov og permanent græs, da der benyttes en gennemsnitsværdi.⁵² Ved omlægning af produktionsskov til urørt skov er der ikke indregnet en ændring i lattergasudledningen, da denne antages at være uændret.

Energiforbrug fra maskiner

For både permanent græs og urørt skov er der en energirelateret udledningsreduktion fra ophør af brug af maskiner.

For omlægningen af landbrugsjord til permanent græs og ny urørt skov anvendes en effekt af reduceret energiforbrug til maskiner angivet i Klimavirkemiddelkataloget under *Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak*.

For omlægning af produktionsskov til urørt skov anvendes en beregnet reduceret udledning fra energiforbruget til skovmaskiner. Den beregnede udledning til energiforbrug tager udgangspunkt i de energirelaterede udledninger fra landbrugsmaskiner fra Klimavirkemiddelkataloget⁵³ og beregnes ved at fratække de sparede udledninger fra energiforbruget ved at gå fra landbrugsdrift til skovdrift.⁵⁴ Det resulterer i en sparet udledning fra skovmaskiner på 255 kg CO₂e pr. hektar pr. år ved at omlægge en produktionsskov til urørt skov.

Der er ikke taget højde for det nationale CO₂e-fortrængningskrav for land- og skovbrugsmaskiner, som træder i kraft fra 2025, og som forventes at være 5 pct. i 2035.⁵⁵ Dette krav forventes ikke at have en væsentlig indflydelse på analysens resultater.

Resultater for drivhusgasreduktioner

Omlægning af landbrug- og skovbrugsarealer til urørt skov og permanent græs bidrager med drivhusgasreduktioner. Samlet set medfører omlægningen en reduktion i drivhusgasser på omkring 0,67 mio. ton CO₂e i 2035. De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden ses af nedenstående tabel 9.

Tabel 9 Drivhusgasreduktioner ved omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs i 2024-2035

Mio. ton CO ₂ e	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet national reduktion	0,07	0,13	0,20	0,27	0,34	0,40	0,47	0,54	0,61	0,67
Reduktioner iht. EU-forpligtelser										
Reduktion i ESR-sektorer	0,04	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41
Reduktion i LULUCF	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,23	0,26

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

Der er en række positive sideeffekter knyttet til omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs, som beskrives i dette afsnit. Det drejer sig blandt andet om mindre luftforurening som følge af mindre maskinbrug, øgede rekreative områder og en mindsket kvælstofudvaskning til vandmiljøet. Opgørelse og værdisætning af sideeffekterne beskrives nedenfor.

Luftforurening fra maskiner i marken

Da der ikke findes direkte oplysninger på energiforbrug fra land- og skovbrugsmaskiner, omregnes den energirelaterede drivhusgasudledning fra dieselforbrug til det faktiske dieselforbrug. Omregningen foretages ved hjælp af nøgletal for CO₂- og energiindhold i diesel, som inkluderer opstrømmissioner.⁵⁶ Inkluderingen af opstrømmissioner kan føre til, at energiforbruget er en smule overestimeret, men afvigelsen vurderes ikke at have væsentlig betydning for de samlede beregninger.

Mængden af luftforurening fra det ændrede dieselforbrug fra land- og skovbrugsmaskiner beregnes på baggrund af emissionsfaktorer for luftforurening fra land og skovbrugsmaskiner.⁵⁷ Der anvendes økonomiske værdier fra de miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner fra kategorien *SNAP8 Ikke-veggående transport og maskiner*.⁵⁸

Rekreativ værdi

Der indregnes en rekreativ værdi af ny urørt skov og permanente græsarealer i takt med, at arealerne omlægges fra landbrugsjord. Denne værdi baseres på det miljøøkonomiske nøgletal fra Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri⁵⁹, hvor den laveste værdi i spændet af regionale værdier er anvendt som et konservativt skøn. Der er dermed anvendt den samme værdi pr. hektar for alle arealtyper i alle år. Således er der implicit antaget en lineær sammenhæng mellem arealstørrelse og den rekreative værdi. Den anvendte reaktive værdi tager dermed ikke højde for forskelle mellem, hvor attraktive områderne er, eller den aftagende marginale værdi af større og flere naturområder. Brug af en gennemsnitsværdi kan derfor medføre, at analysen overvurderer den rekreative værdi af større arealer. Dette er der forsøgt taget hensyn til i beregningerne ved at anvende et konservativt skøn for den rekreative værdi.

Der er ikke medregnet en rekreativ værdi ved at omlægge arealer fra eksisterende produktionsskov til urørt skov på baggrund af manglende data. Der forventes dog ikke at være stor forskel på den rekreative værdi af produktionsskov og urørt gammel skov, da der i høj grad vil blive forsøgt at tage hensyn til eksisterende brugere af skoven ved omlægning til urørt skov.

Det er usikkert, hvornår den rekreative værdi af et nyt naturområde indtræder. I denne analyse er det antaget, at værdien indtræder samme år, som arealer omlægges. I virkeligheden kan værdien udvikle sig gradvist over årene, men dette vil variere fra område til område og indgår derfor ikke i beregningerne.

Reduktion i kvælstofudvaskning

Omlægning af landbrugsarealer til urørt skov og permanent græs reducerer kvælstofudledning til vandmiljøet. Til dette omstillingselement anvendes en kvælstofreduktion på 49 kg pr. hektar pr. år.⁶⁰ Der er ikke indregnet en kvælstofeffekt ved at omlægge eksisterende produktionsskov til urørt skov.

For en uddybende forklaring af opgørelse og værdisætning af kvælstofsideeffekterne henvises til afsnittet i beskrivelsen om *Bioraffinering af græs*.

Øvrige sideeffekter

Der er sideeffekter, som ikke er medregnet i de samfundsøkonomiske beregninger. Ét af formålene med dette omstillingselement er muliggørelse af 20 pct. natur på Danmarks landareal. På trods af det, er der ikke indregnet en sidegevinst ved at beskytte biodiversitet, da det ikke er muligt at sætte en passende pris på denne gevinst. Der kan ligeledes være sundhedsmæssige gevinster forbundet med øget adgang til naturområder. Det kan være i form af mindsket stressniveau, motion mv. Disse sidegevinster er ikke medregnet i denne analyse, idet der ikke er tilstrækkelige data.

Resultater for sideeffekter

Omlægningen af land- og skovbrugsarealer til urørt skov og permanente græsarealer medfører store samfundsmæssige gevinster fra sideeffekterne. Det skyldes hovedsageligt det øgede areal til rekreativ aktivitet. Derudover bidrager reduceret kvælstofudvaskning og mindske luftforurening. Den samlede værdi af sideeffekter ses i tabel 10.

Tabel 10 Sideeffekter ved omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs i 2024-2035

Mio. kr.	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Værdi af reduceret luftforurening fra land- og skovbrugsmaskiner	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-7	-8
Værdi af rekreativ værdi af ny urørt skov og permanente græsarealer	-60	-130	-190	-260	-320	-390	-450	-520	-580	-640
Værdi af reduceret kvælstofudvaskning	-10	-20	-30	-40	-60	-70	-80	-90	-100	-110
Sum	-80	-150	-230	-310	-380	-460	-530	-610	-690	-760

Anm. 1: Negative værdier udtrykker gevinster.

Anm. 2: Tal over 10 er afrundet i tiere.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Omkostningerne ved at omlægge land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs består især af tabt indtjening fra tidligere land- og skovbrugsdrift. Der er samtidig taget højde for sparede udgifter til kvoter, og for arealer omlagt fra landbrugsdrift indregnes en indtægt fra jagtleje. Grundlaget for omkostningsopgørelsen beskrives nærmere nedenfor.

Værdi af arealomlægning

For omlægning af eksisterende produktionsskov til urørt skov indgår alene den tabte værdi af skovdriften.⁶¹ Det skyldes, at der i denne analyse antages, at den urørte skov ikke forvaltes. Der er tilfælde, hvor der i dag vil være behov for en overgangsperiode, hvor der gennemføres tiltag til fordel for biodiversiteten. Det kan fx være fjernelse af ikke-hjemhørende træer og ved at skabe lysninger og mere naturlig variation i skovens struktur og tæthed. Nogle af omkostningerne kan dækkes af indtægter fra hugsten af de eksotiske arter. Disse overgange varierer afhængig af skovtypen og geografisk placering.

Der antages ikke at være ændringer i jagtlejen ved omlægning fra produktionsskov til urørt skov.

For omlægning af landbrugsarealer til urørt skov og permanente græsarealer indgår både den tabte værdi af landbrugsdriften og indtægt fra jagtleje. Den tabte værdi af landbrugsdriften er et vægtet gennemsnit på tværs af

forskellige afgrøder og jordtyper, og angives som dækningsbidrag pr. hektar efter afholdt energiforbrug mv.⁶² Således er der ikke taget højde for stigende marginalpriser på landbrugsjorden i takt med at flere og flere jorder bliver taget ud af drift. Indtægten fra jagtleje stammer fra T. Lundhede m.fl., hvor der skelnes mellem permanente græsarealer og urørt skov.⁶³

Der er ikke indregnet en driftsomkostning forbundet med naturpleje af de urørte skove og permanente græsarealer, som er omlagt fra landbrugsarealer. Det skyldes, at analysen fokuserer på omkostningerne ved at opnå Danmarks klimamål, mens naturpleje er en indsats, der sigter mod at øge naturkvaliteten og fremme biodiversiteten. I beregninger specificeres ikke, hvilke konkrete tiltag til genopretning og pleje af naturarealerne der eventuelt skal iværksættes på de omlagte arealer. I praksis må der dog forventes at være nogle omkostninger forbundet med at etablere nye naturområder, men disse må forventes at variere på tværs af naturtype, geografisk placering, tidligere forvaltning mv., ligesom der på nogle områder også vil være behov for en løbende naturplejeindsats.⁶⁴ Sådanne omkostninger er dog ikke en konsekvens forbundet med at beslutte et klimamål for 2035.

Det antages, at arealet ikke påvirker det såkaldte harmoniareal, som er det areal, der skal være til rådighed for at kunne udbringe husdyrgødning i overensstemmelse med harmonikravet. I dag har landbrugere mulighed for at indgå gylleaftaler som et alternativ til eget areal, men i områder med høj husdyrtæthed vil der dog være en begrænsning på, hvor mange der kan benytte denne løsning.

Kvoter

Da udledningen reduceres i det kommende ETS2-område, grundet et reduceret dieselforbrug til markoperationer, er der indregnet en samfundsøkonomisk gevinst for hvert ETS2-omfattet ton CO₂e i de pågældende år i perioden fra 2027, hvor kvoterne forventes at have virkning fra.

Resultater for nettoomkostninger

Omlægning af land- og skovbrugsarealer til urørt skov og permanent græs medfører samlet en samfundsøkonomisk gevinst på cirka 1.400 mio. kr. over hele perioden, når sideeffekterne medregnes. Det medfører en negativ gennemsnitlig reduktionsomkostning inklusive sideeffekter. Uden sideeffekterne er der tale om en samfundsøkonomisk omkostning. Dette viser, at gevinsterne ved sideeffekterne overstiger nettoomkostningerne ved omlægningen. Tabel 11 viser de samlede omkostninger fordelt på forskellige poster og år i perioden.

Tabel 11 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs 2024-2035

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-35 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	-30	-60	-100	-130	-160	-200	-230	-270	-300	-340	-1.400
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	50	90	130	180	220	260	300	340	380	420	1.800
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)											-400
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)											500

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Der er generelt usikkerhed forbundet med beregning af udledninger fra land- og skovbrugssektorerne. Det skyldes, at udledninger og optag i sektorerne stammer fra små ændringer i meget store kulstofpuljer, hvilke er vanskelige at måle, mens der også er tale om komplekse, biologiske processer.⁶⁵ Ligeledes er det usikkert, hvorvidt udviklingen fastlagt i baseline af KF24 og trepartsaftalen vil blive opfyldt i 2035. Denne usikkerhed påvirker også omstillingselementet og den anvendte baseline for naturarealet i analysen.

Samtidig er der usikkerhed knyttet til nogle af de forudsætninger, der er lagt bag de samfundsøkonomiske beregninger. For eksempel anvendes der gennemsnitlige effekter og værdier ved omlægning af landbrugsjord til produktionsskov. I praksis varierer dækningsbidraget for en enkelt mark, og dermed den tabte indtjening på tværs af forskellige jordtyper og afgrødetyper, lige som effekten og værdien af kommerciel skovdrift vil variere. Samtidig er der usikkerhed knyttet til værdierne af sideeffekterne såsom den rekreative værdi.

4 Omlægning af landbrugsareal til produktionsskov

Omlægning af landbrugsjord til skov kan spille en central rolle i at opfylde klima- og miljømål. Det skyldes, at skovrejsning oftest sker på landbrugsjord, hvor kulstofpuljen på arealet øges betydeligt over tid og samtidig gødskes jorderne ikke, hvorfor udvaskningen af kvælstof til vandmiljøet mindskes betydeligt.

Kulstofeffekten ved skovrejsning er dog ikke permanent. Efter 2050 vil flere træer på skovrejsningsarealerne efterhånden blive hugstmodne, og derfor blive fældet. Når træ fældes og føres væk fra skoven, taber skoven noget af sit kulstoflager, hvilket regnes som en udledning i drivhusgasopgørelsen. CO₂-optaget i produktionsskoven vil derfor variere efter 2050 og efterhånden aftage.

Skovtypen og driftspraksis afgør, hvornår CO₂-optaget i skoven aftager. Når skoven ikke længere har et nettooptag, eller optaget bliver for lille, vil der være behov for at erstatte negative udledninger fra rejsning af produktionsskov med andre former for negative udledninger. Det er dog ikke aktuelt i denne analyse, som omhandler udledninger og negative udledninger i 2035.

Øget rejsning af produktionsskov kan også bidrage til en øget biomasseproduktion til fx energiformål eller materialer. Dette vil dog først ske på længere sigt, da ny produktionsskov i 2035 endnu er for ung til at blive høstet.

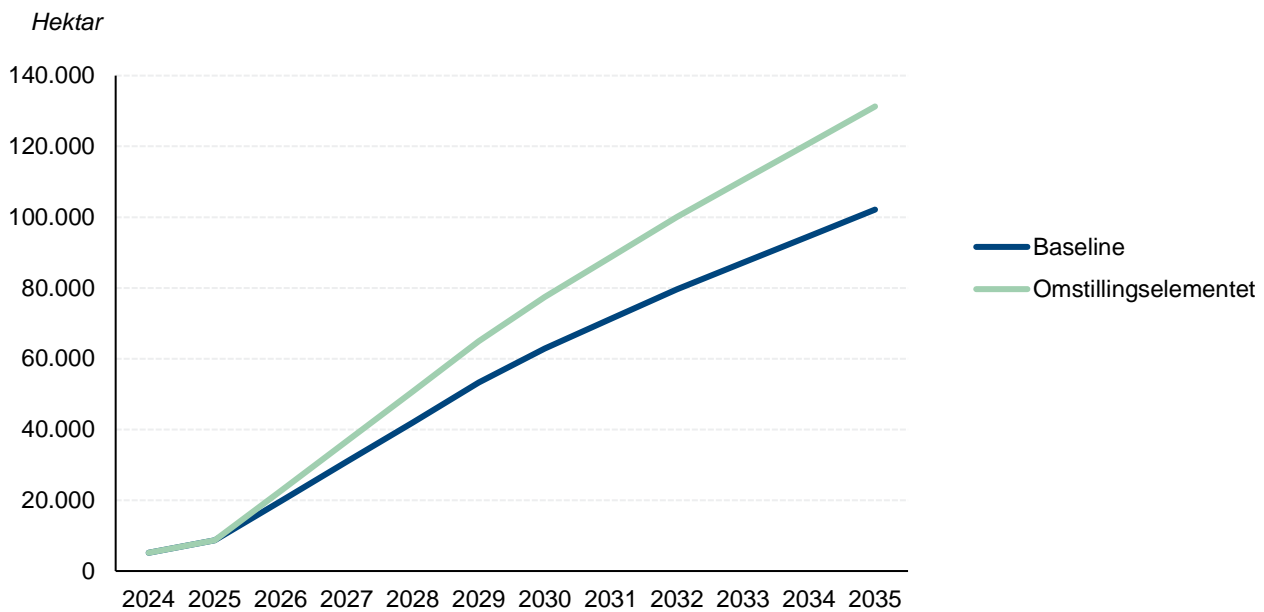
Dette omstillingsselement tager udgangspunkt i Klimarådets analyse, *Danmarks klimamål i 2050*, hvor der i det såkaldte Ny Hverdag 100-scenarie er antaget et øget skovrejsningsareal med produktionsskov i 2050 på 250.000 hektar i forhold til i dag. I KF24 forventet det, at der rejses i alt 27.000 hektar ny skov fra 2022 til 2035. I trepartsaftalen indgår en målsætning om 150.000 hektar yderligere rejsning af produktionsskov i 2045. Det vil sige, at der i alt forventes et øget areal med produktionsskov frem mod 2045 på 177.000 hektar i 2045 i denne analyses baseline. Således skal der rejses cirka 73.000 hektar ekstra for at nå et skovrejsningsareal med produktionsskov på 250.000 hektar i 2050. Under antagelsen om, at skoven rejses lineært fra 2026 til 2050 betyder det, at der i 2035 skal rejses yderligere cirka 29.000 hektar ud over forventningerne i trepartsaftalen og KF24 i dette omstillingsselement. Indfasningsprofilen i dette omstillingsselement er således konsistent med en lineær indfrielse af Ny Hverdag 100-scenariet fra Klimarådets rapport, *Danmarks klimamål i 2050*.

Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Øget kulstofbinding i skov og jord• Reduceret lattergasudledning fra ophør af landbrugsdrift• Reduceret energiforbrug til skovmaskiner sammenlignet med landbrugsmaskiner
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">• Energi til skovmaskiner ift. landbrugsmaskiner (mindsket luftforurening – positiv effekt)• Rekreativ anvendelse af produktionsskov (positiv effekt)• Reduceret udvaskning af kvælstof til vandmiljø (positiv effekt)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">• Tabt landbrugsdrift (omk.)• Kommerciel skovdrift (gevinst)• Jagtleje i produktionsskov (gevinst)• Værdi af sideeffekter (nettogevinst)• Værdi af ETS2-kvoter vedr. mindsket energiforbrug (gevinst)

Start år, levetid og indfasningsprofil

Der udtages i gennemsnit et landbrugsareal til produktionsskov på cirka 2.900 hektar hvert år i perioden 2026-2035. Den akkumulerede indfasning oven i baseline fra KF24 samt trepartsaftalen ses i figur 3.



Figur 3 Akkumuleret konvertering af areal i omstillingselementet

Anm. 1: Baseline består af de forventede skovrejsningsareal fra Klimastatus og -fremskrivning 2024⁶⁶ og trepartsaftalen.⁶⁷ Det er antaget at skoven i trepartsaftalen rejses lineært fra 2026 til 2045.

Kilde: Klimarådet.

Arealomlægningerne i omstillingselementet har i 2035 samlet set nået et akkumuleret niveau på omkring 29.000 hektar. Det antages, at arealet ikke påvirker det såkaldte harmoniareal, som er det areal, der skal være til rådighed for at kunne udbringe husdyrgødning i overensstemmelse med harmonikravet.

Drivhusgasreduktioner

Effekten på drivhusgasudledningen ved omlægning af landbrugsareal til produktionsskov stammer primært fra øget kulstoflagring i skovene sammenlignet med den landbrugsproduktion, der var på arealerne i baseline. Derudover indgår også en effekt fra mindsket gødskning af arealer samt et reduceret energiforbrug til maskiner. Grundlaget for beregning af drivhusgasreduktionerne for dette omstillingselement er beskrevet i dette afsnit.

Arealanvendelse

Kulstofbindingen i forbindelse med omlægning af landbrugsdrift til produktionsskov er beregnet ud fra data fra V. K. Johannsen m.fl.⁶⁸ Ud fra et driftsøkonomisk perspektiv er der udvalgt én skovtype med høj bonitet og én skovtype med lav bonitet. I beregningerne er der anvendt et gennemsnit af drivhusgaseffekten af disse to skovtyper for skovalderen 0-10 år.

Desuden medfører ophør af landbrugsdrift en reduktion af lattergasudledninger. Der er anvendt en lattergasreduktion pr. hektar, der svarer til gennemsnitsværdien for det samlede landbrugsareal inklusive skovrejsning, brak og energiafgrøder og stammer fra Klimavirkemiddelkatalogets virkemiddel *Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak*.⁶⁹

Energiforbrug fra maskiner

For produktionsskov skal udledningen fra maskiner sammenlignes med udledningen fra landbrugsmaskiner. Samlet set er der tale om en reduktion i den energirelaterede udledning, hvilket er baseret på T. Lundhede m.fl.⁷⁰

Der er ikke taget højde for det nationale CO₂e-fortrængningskrav for land- og skovbrugsmaskiner, som træder i kraft fra 2025, og som forventes at være 5 pct. i 2035.⁷¹ Dette krav forventes ikke at have en væsentlig indflydelse på analysens resultater.

Resultater for drivhusgasreduktioner

Rejsning af omkring 29.000 hektar produktionsskov bidrager med 0,2 mio. ton CO₂e-reduktioner i 2035. De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden ses af nedenstående tabel 12.

Tabel 12 Drivhusgasreduktioner ved omlægning af landbrugsareal til produktionsskov i 2024-2035

Mio. ton CO ₂ e	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet national reduktion	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
Reduktioner iht. EU-forpligtigelser										
Reduktion i ESR-sektorer	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Reduktion i LULUCF	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

Der er en række positive sideeffekter knyttet til omlægning af landbrugsareal til produktionsskov, som beskrives i dette afsnit. Det omfatter blandt andet mindsket udvaskning af kvælstof til vandmiljøet, mindsket luftforurening som følge af reduceret maskinbrug og en øget rekreativ værdi for samfundet. Opgørelse og værdisætning af sideeffekterne beskrives nedenfor.

Luftforurening fra maskiner i marken

Da der ikke findes direkte oplysninger om energiforbrug fra både land- og skovbrugsmaskiner, omregnes den energirelaterede drivhusgasudledning fra dieselforbrug til det faktiske dieselforbrug. Omregningen foretages ved hjælp af nøgletal for CO₂- og energiindhold i diesel, som inkluderer opstrømmissioner.⁷² Inkluderingen af opstrømmissioner kan føre til, at energiforbruget er en smule overestimeret, men det vurderes ikke at have væsentlig betydning for de samlede beregninger.

Mængden af luftforurening fra det ændrede dieselforbrug fra landbrugsmaskiner til skovbrugsmaskiner beregnes på baggrund af emissionsfaktorer for luftforurening fra landbrugsmaskiner.⁷³ Der anvendes økonomiske værdier fra de miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner fra kategorien *SNAP8 Ikke-vejgående transport og maskiner*.⁷⁴

Rekreativ værdi af skov

Der indregnes en rekreativ værdi af produktionsskov i takt med, at arealerne omlægges fra landbrugsjord. Der anvendes samme værdi, som anvendt i omstillingselementet *Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs*.⁷⁵ For en uddybende forklaring af antagelser bag den anvendte reaktive værdi samt usikkerhederne knyttet hertil henvises afsnit om *sideeffekter og deres værdisætning* i omstillingselementet *Omlægning af land- og skovbrugsarealer til urørt skov og permanent græs*.

Reduktion i kvælstofudvaskning

Omlægning af landbrugsarealer til produktionsskov reducerer kvælstofudledning til vandmiljøet. Til dette omstillingselement anvendes en kvælstofreduktion på 53 kg pr. hektar pr. år.⁷⁶

For en uddybende forklaring af opgørelse og værdisætning af kvælstofsideeffekterne henvises til afsnittet *Reduktion i kvælstofudvaskning* i omstillingselementet *Bioraffinering af græs*.

Resultater for sideeffekter

Omlægningen af landbrugsarealer til produktionsskov medfører en række gevinster i form af en øget rekreativ værdi samt værdi af reduceret kvælstofudvaskning, da arealerne ikke længere gødskes. På grund af en mindsket brug af maskiner medfører omlægningen også en mindre gevinst fra reduceret luftforurening. Den samlede værdi af sideeffekter ses i tabel 13.

Tabel 13 Sideeffekter ved omlægning af landbrugsareal til produktionsskov i 2024-2035

mio. kr.	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Værdi af reduceret luftforurening	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
Værdi af reduceret kvælstofudvaskning	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-15	-17	-19
Rekreativ værdi af skov	-10	-21	-31	-42	-52	-62	-73	-83	-94	-104
Sum	-12	-25	-37	-50	-62	-74	-87	-99	-111	-124

Anm. 1: Negative værdier udtrykker gevinster.

Anm. 2: Tal over 10 er afrundet i tiere.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Omkostningerne ved at omlægge landbrugsareal til produktionsskov består især af tabt indtjening fra tidligere landbrugsdrift. Dog er der mulighed for indtjening i produktionsskoven via kommerciel skovdrift og lejeindtægter fra jagt på arealet. Grundlaget for omkostningsopgørelsen beskrives nærmere nedenfor.

Værdi af arealomlægning

For omlægning af landbrugsjord til produktionsskov indgår den tabte værdi af landbrugsdriften, indtægten ved kommerciel skovdrift samt indtægt fra jagtleje.

Den tabte værdi af landbrugsdriften er et vægtet gennemsnit af landbrugsproduktion på tværs af forskellige afgrøder og jordtyper og angives som dækningsbidrag pr. hektar efter afholdt energiforbrug mv.⁷⁷ Det er samme værdi som anvendt i omstillingselementet *Omlægning af land- og skovbrugsareal til urørt skov og permanent græs*. Da der er tale om en gennemsnitsværdi, indeholder beregningerne ikke en effekt af stigende marginalpriser på landbrugsjorden, i takt med at flere og flere jorder udtages af drift.

Indtægten fra kommerciel skovdrift er beregnet med udgangspunkt i data fra T. Lundhede m.fl.⁷⁸ Ud fra et driftsøkonomisk perspektiv er der udvalgt én skovtype med høj bonitet og én skovtype med lav bonitet, som forventes at medføre den højeste indtægt. I beregningerne er der anvendt et gennemsnit af disse to, som den årlige indtægt ved kommerciel skovdrift.

Indtægten fra jagtleje stammer fra T. Lundhede m.fl.⁷⁹

Kvoter

Da udledningen reduceres i det kommende ETS2-område, er der indregnet en samfundsøkonomisk gevinst for hvert ETS2-omfattet ton CO₂e i de pågældende år i perioden fra 2027, hvor kvoterne forventes at have virkning fra.

Resultater for nettoomkostninger

Omlægning af landbrugsareal til produktionsskov medfører samlet set en samfundsøkonomisk gevinst på 244 mio. kr. over hele perioden, når sideeffekter medregnes. Det medfører en negativ gennemsnitlig reduktionsomkostning pr. ton inklusive sideeffekter. Uden sideeffekter er der tale om en samfundsøkonomisk omkostning. Dette viser, at

nettogevinsterne ved sideeffekterne overstiger nettoomkostningerne ved omlægningen og kvoteværdierne. Tabel 14 viser de samlede omkostninger fordelt på forskellige poster og år i perioden.

Tabel 14 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved omlægning af landbrug til produktionsskov

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-35 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	-10	-10	-20	-20	-30	-40	-40	-50	-50	-60	-200
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	10	10	20	30	30	40	50	50	60	70	300
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)											-200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)											200

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonudsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Negative værdier udtrykker gevinster.

Anm. 3: Årlige værdier er afrundet i tiere og summer er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Der er generelt usikkerhed forbundet med beregning af udledninger fra land- og skovbrugssektorerne. Det skyldes, at udledninger og optag i sektorerne stammer fra små ændringer i meget store kulstofpuljer, hvilke er vanskelige at måle, mens der også er tale om komplekse, biologiske processer.⁸⁰

Samtidig er der usikkerhed knyttet til nogle af de forudsætninger, der er lagt bag de samfundsøkonomiske beregninger. For eksempel anvendes der gennemsnitlige effekter og værdier ved omlægning af landbrugsjord til produktionsskov. I praksis varierer dækningsbidraget for en enkelt mark, og dermed den tabte indtjening, på tværs af forskellige jordtyper og afgrødetyper, lige som effekten og værdien af kommerciel skovdrift vil variere. Dette er ikke afspejlet i de gennemsnitlige effekter og værdier. Samtidig er der usikkerhed knyttet til værdierne af sideeffekterne såsom den rekreative værdi, som er beskrevet i afsnittet *Sideeffekter og deres værdisætning* i omstillingselementet *Omlægning af land- og skovbrugsarealer til urørt skov og permanent græs*.

5 Omstilling i husdyrproduktionen

Klimarådets analyse, *Danmarks klimamål i 2050*, viste, at det næppe vil være muligt at opretholde den nuværende husdyrbestand, hvis Danmark skal nå 100 eller 110 pct. reduktion af drivhusgasudledningerne i 2050.⁸¹ I dette omstillingselement beregnes samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster ved at omstille husdyrproduktionen, både ved brug af tekniske og strukturelle midler.

Omstilling i husdyrproduktionen analyseres ved brug af GrønREFORM-modellen. GrønREFORM-modellen er en klimaøkonomisk generel ligevægtsmodel for den danske økonomi. De samfundsøkonomiske omkostninger beregnes ved at lave et stød til modellen, hvor afgiften på husdyr hæves relativt til det niveau, der er blevet aftalt i trepartsaftalen. Det skal dog understreges, at det også vil være muligt at opnå nogenlunde tilsvarende effekter med andre virkemidler end en afgift. ”Trepartsaftalen” henviser til den politiske *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark* fra november 2024, som implementerer *Aftale om et Grønt Danmark* fra juni 2024.⁸²

Resultaterne, som præsenteres i dette afsnit, er baseret på Klimarådets egne beregninger i GrønREFORM-modellen og bygger som udgangspunkt på samme forudsætninger, som er benyttet af ’Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform’.⁸³ Boks 1 i slutningen af dette kapitel sammenligner Klimarådets og ekspertgruppens forudsætninger. Dokumentation af GrønREFORM-modellen kan findes på DREAM’s hjemmeside.⁸⁴

Det har været muligt at bruge GrønREFORM for dette omstillingselement, da der allerede forelå et større arbejde på dette område fra Ekspertgruppen for en grøn skattereform. Dermed er metoden anderledes end den, som anvendes til at analysere de andre omstillingselementer i denne analyse. Disse er analyseret med en statisk komparativ og partiel tilgang. I modsætning til disse, er omstillingen i husdyrproduktionen her beregnet ved at definere en afgift som virkemiddel og ved en model, som inkluderer dynamisk tilpasning, effekter på struktur, afledte effekter af afgiften på andre markeder og ligevægtseffekter ved ændringer i priser.

En afgift vil som hovedregel være den mest omkostningseffektive måde at reducere udledningerne fra husdyrproduktionen på, da markedets aktører forventes at vælge den billigste måde at nedbringe deres afgiftsbetaling på. Derfor kan de samfundsøkonomiske omkostninger i denne analyse ses som et nedre estimat sammenlignet med omkostningen ved at bruge andre instrumenter (fx tilskud) til at nå samme reduktioner i udledningerne fra husdyrproduktionen.⁸⁵ I praksis kan en del af reduktionerne fx også nås med tilskud. Omstilling via tilskud vil have en højere samfundsøkonomisk omkostning og vil ikke give incitament til strukturel omstilling.

Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Mindre husdyrproduktion fører til mindre udledning fra dyrenes fordøjelse og fra gødningshåndtering (reduceret udledning)• Omstilling af husdyrproduktion ved tekniske tiltag (Bovaer og teltoverdækning og effektiviseringseffekter (reduceret udledning))
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">• Mindre forurening med ammoniak (gevinst)• Mindre forurening med NO_x (gevinst)• Mindre partikelforurening (PM_{2,5}) (gevinst)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">• Opgøres i GrønREFORM ved velfærdsmålet (EV): Hvor meget skal husholdningerne kompenseres økonomisk for at være indifferente overfor tiltaget?

Startår, levetid og indfasningsprofil

Omstillingselementet analyseres ved at lave et afgiftsstød til GrønREFORM-modellen. Der tages udgangspunkt i en afgift på udledninger fra husdyr, som har samme karakteristika, som den der er foreslået i trepartsaftalen.⁸⁶ På tværs af denne analyse ses på de samfundsøkonomiske omkostninger ud over baseline.

Baseline inden stød til modellen

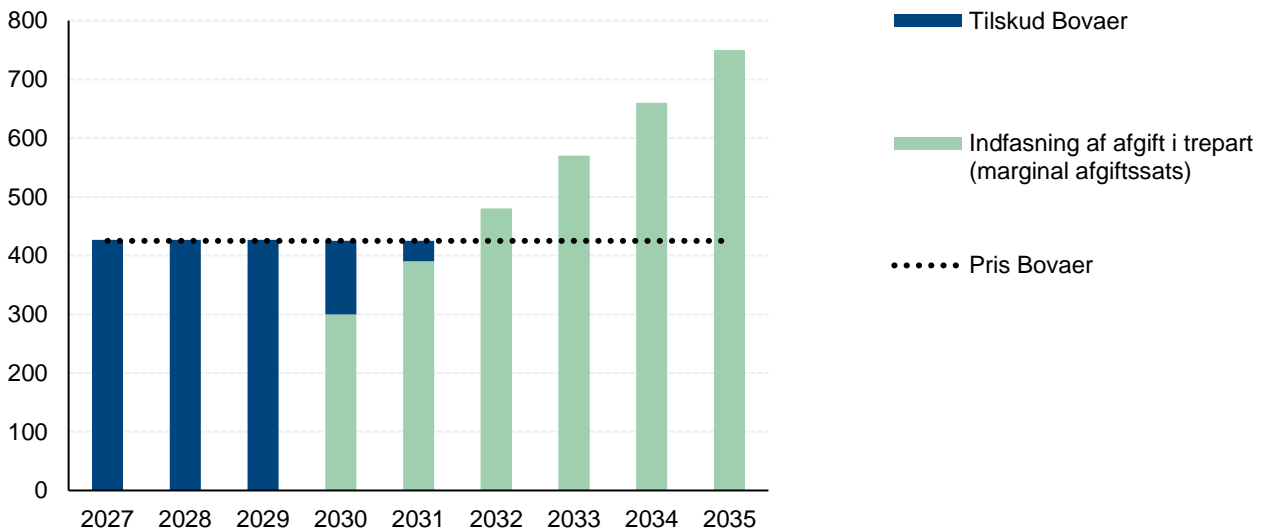
I denne analyse anvendes *Klimastatus og -fremskrivning 2024* og trepartsaftalen som baseline. I den tilgængelige version af GrønREFORM-modellen er *Klimastatus og -fremskrivning 2024* baseline, og Klimarådet har derfor tilføjet trepartsaftalen for overensstemmelse med denne analyses baseline. Det er gjort på baggrund af information om trepartsaftalen og Ekspertgruppen for en grøn skattereforms modeller.⁸⁷

Baseline i denne analyse indeholder følgende elementer fra trepartsaftalen:

- **Husdyrsafgift.** Afgift på udledninger fra husdyrs fordøjelse og gødningshåndtering på 300 kr. pr. ton CO₂e i 2030 stigende til 750 kr. i 2035 med bundfradrag på 60 pct., annoncering i 2024 og indfasning fra 2030.
- **Reduceret gødningsanvendelse.** Tilskud til reduceret gødningsanvendelse på 750 kr. pr. ton CO₂e fra 2028 ved omlægning af den direkte landbrugsstøtte.
- **Afgift på kalkning.** Afgift på 750 kr. pr. ton CO₂e i 2030, der indfases fra 2028 til 2030.
- **Bovaer.** Tilskud til fodertilsætningsstoffer på 428 kr. pr. ton CO₂e, som starter i 2027 og reduceres i takt med, at afgiften indfases – se figur 4 nedenfor.
- **Skov.** Tilskud til skovrejsning med start indfasning i 2025.

Trepartsaftalen indeholder også andre elementer med effekter på drivhusgasudledningen. Det omfatter tilskud til biokul, udtagning af lavbundsjord og CO₂e-afgift på F-gasser. Disse elementer af aftalen forventes ikke at have en betydning for omstillingen i husdyrproduktionen, og indgår derfor ikke i denne analyse.

Kr. pr. ton CO₂e



Figur 4 Indfasningsprofil for tilskud til Bovaer i analysens baseline

Anm.: Så længe der gives tilskud, antages det, at reduktionspotentialet er 90 pct. lavere end det identificerede potentiale. Det skyldes en forventning om ikke fuldt afløb på denne tilskudspulje.

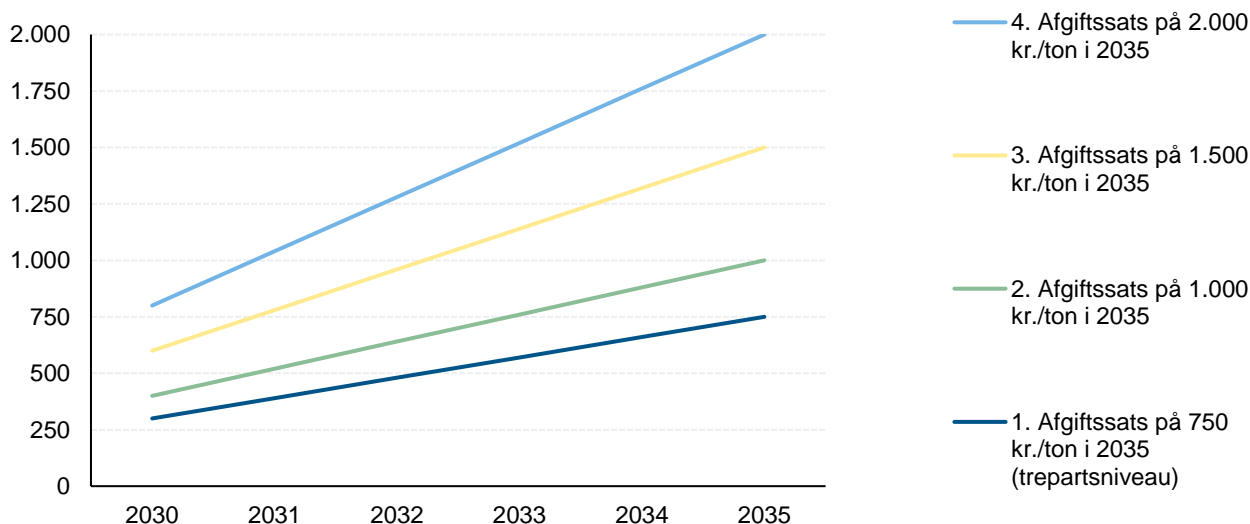
Kilder: Regeringen m.fl.⁸⁸ og Klimarådet.

Indførelse og forhøjelse af afgift på husdyr

I analysen laves fire stød til GrønREFORM-modellen, som omtales som "model-kørsler". Den første kørsel er baseline, hvor trepartsaftalens effekter inkluderes, som beskrevet ovenfor. Derefter laves der tre kørsler, hvor den marginale afgiftssats hæves til et højere niveau, end det der er aftalt i trepartsaftalen. Det er henholdsvis 1.000 kr., 1.500 og 2.000 kr. pr. ton CO₂e. Indfasningsprofilerne for afgifterne er vist i figur 5.

Alle virkemiddelkørsler har samme karakteristika som baselinekørslen. Det vil sige, at der indgår tilskud til Bovaer, regulering af gødning og kalk, tilskud til skov og et bundfradrag på 60 pct. Den marginale afgiftssats er altså det eneste, der ændres, og ved en afgift på 2.000 kr. i 2035 vil den effektive afgiftssats eksempelvis være omkring 800 kr. med et bundfradrag på 60 pct. Dette er beregnet ved at trække 60 pct. fra afgiftssatsen.

Kr./ton CO₂e



Figur 5 Indfasningsprofiler for marginale afgiftssatser i afgiftsstød i GrønREFORM-modellen

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

Husdyrproducenterne har i modellen en række tekniske reduktionsmuligheder, som tages i brug, hvis afgiften overstiger omkostningerne herved. Disse muligheder er:

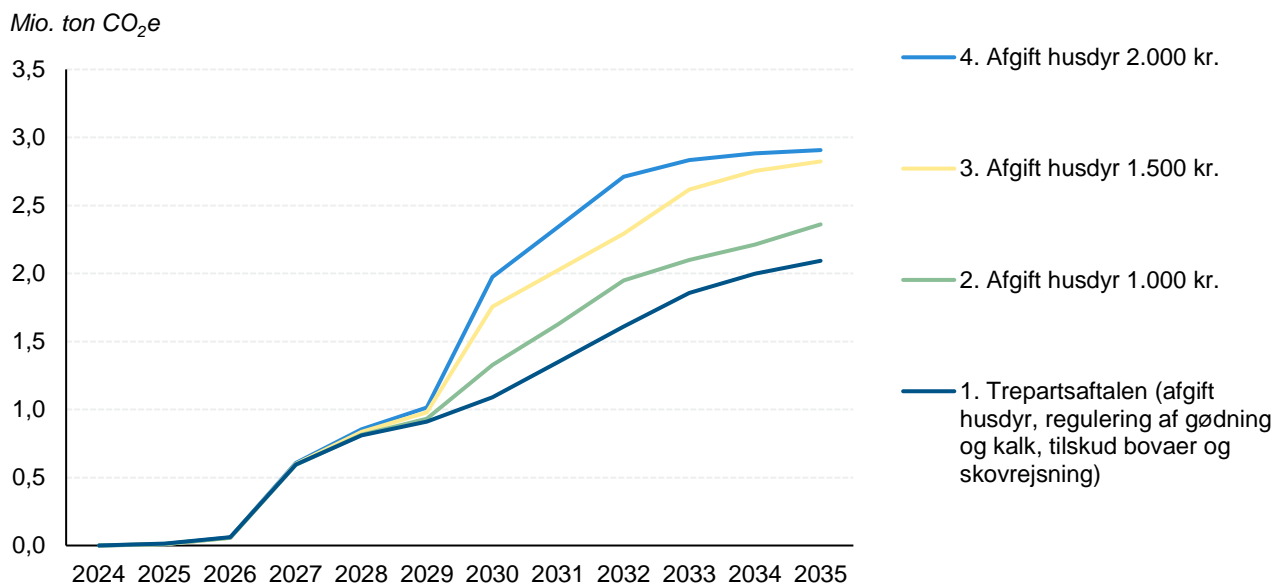
- **Bovaer:** Metanreducerende fodertilsætningsstof, som kan anvendes at reducere udledningerne fra konventionelle malkekvæg.
- **Teltoverdækning:** Gyllelagre for henholdsvis konventionelle og økologiske kvæg og svin kan overdækkes med flydelag, og dermed reduceres udledningerne fra lagrene.
- **Effektiviseringseffekter:** Landbrugere med høj CO₂e-intensitet og lav økonomisk produktivitet vil blive mest økonomisk påvirket ved en afgift. Det forudsættes i Ekspertgruppen for en grøn skattereforms rapport, at de mest CO₂e-effektive landbrugere opkøber de mindre CO₂e-effektive landbrug ved indførelse af en afgift.⁸⁹ Det vil øge den gennemsnitlige CO₂e-effektivitet i sektoren og gælder både for konventionelle og økologiske kvæg og svin.

De tekniske reduktionsmuligheder og forudsætningerne herom er i overensstemmelse med dem, som ligger til grund for Ekspertgruppen for en grøn skattereforms beregninger foretaget i GrønREFORM-modellen og beregningerne, der ligger til grund for trepartsaftalen. De konkrete omkostninger og reduktionspotentialer ved de tekniske reduktionsmuligheder beskrevet i notatet *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger* udgivet af DREAM.⁹⁰

Resultater for drivhusgasreduktioner

Figur 6 viser drivhusgasreduktionerne i baselinekørslen og de tre virkemiddelkørsler i GrønREFORM i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.

Figur 6 viser, at de fem delelementer af trepartsaftalen, som indgår i analysens baseline, samlet vil føre til en reduktion på 2,1 mio. ton CO₂e i 2035 i forhold til KF24. Hvis afgiften på udledninger fra husdyr hæves i henhold til figur 5, vil dette både øge reduktionerne i 2030 og frem mod 2035. Hæves afgiften med 250 kr. til 1.000 kr. pr. ton CO₂e, vil de reducere udledningerne med yderligere 0,3 mio. ton CO₂e i forhold til den forventede effekt af trepartsaftalen. Hæves afgiften derimod til 2.000 kr. pr. ton CO₂e vil det reducere udledningerne med 0,8 mio. ton CO₂e i forhold til den forventede effekt af trepartsaftalen.



Figur 6 Reduktion af drivhusgasudledninger i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*

Kilde: Klimarådet (beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger).

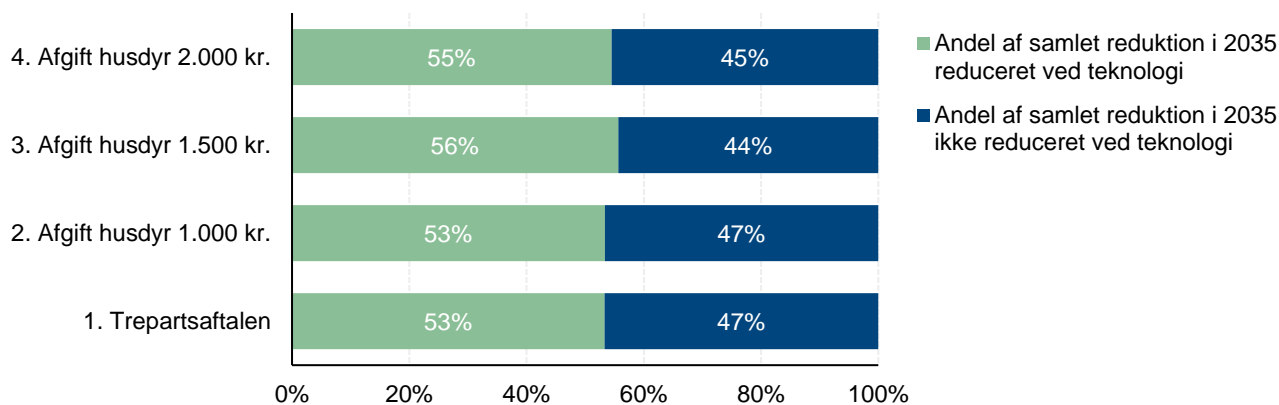
Figur 7 viser reduktionerne fordelt på henholdsvis teknisk og strukturel omstilling i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.

I alle fire kørsler sker lidt over halvdelen af reduktionerne ved en omstilling med brug af tekniske midler. Dette er vist i figur 7. Tekniske midler omfatter her brug af Bovaer, teltoverdækning med flydelag og effektiviseringseffekter. De resterende reduktioner sker via en strukturel omstilling, det vil sige en nedgang i produktionen og/eller en omlægning til anden produktion. Det kan fx være omlægning fra husdyrproduktion til planteproduktion eller omlægning fra foderproduktion til anden planteproduktion. Der ses i kørslens resultater en nedgang i produktionen både inden for husdyr og planteproduktionen. Endvidere ses en nedgang på mejerierne og slagterierne som resultat af en hævet afgift. Den største nedgang sker i husdyrproduktionen og i følgeindustrierne. Det betyder også, at beskæftigelsen falder i landbrugssektoren, men at arbejdskraften på sigt rykker over i andre sektorer i økonomien.

Skellet mellem hvor mange af reduktionerne, der forventes at komme fra teknologi eller strukturel omstilling ud fra figur 7 er ikke helt entydigt. Det skyldes, at nogle effektiviseringseffekter kan fortolkes som strukturelle effekter, idet effekten af effektiviseringer bygger på en forventning om, at de mest effektive landbrugere opkøber de mindre effektive landbrug ved indførelse og forhøjelse af en afgift. Det vil øge den gennemsnitlige effektivitet i sektoren. I takt med at afgiften stiger, vil branchen effektiviseres mere og mere indtil et mæthedspunkt. Dette er i tråd med Ekspertgruppen for en grøn skattereforms antagelser.⁹¹

Reduktionseffekten af at hæve afgiften fra 1.500 kr. til 2.000 kr. er begrænset. Det kan skyldes, at potentialerne for effektiviseringseffekter og de andre teknologier er ved at være udtømt, når afgiften hæves til mere end 1.500 kr.

Størstedelen af de ekstra reduktioner ved at hæve afgiften vil altså komme fra strukturelle effekter, når der er begrænsede tekniske reduktionsmuligheder. Strukturelle effekter indebærer nedgang i produktionen og skift til andre produktionsformer, fx fra kvægbrug til plantebrug. Når der er begrænsede tekniske reduktionsmuligheder, kan landbrugerne i stedet for strukturel omstilling vælge at betale afgiften og overvælte en del af omkostningsstigningen i forbrugerpriserne. I Ekspertgruppen for en grøn skattereforms modeller overvæltedes omkring halvdelen afgiftsstigningen i højere forbrugerpriser. Jo mere landbrugeren kan overvælte priserne til forbrugerne, des mindre vil der være incitament til strukturel omstilling.



Figur 7 Andel af reduktioner reduceret med og uden teknologi i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*

Kilde: Klimarådet (beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger).

De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden ses af nedenstående tabel 15.

Tabel 15 Drivhusgasreduktioner ved omstilling i husdyrproduktionen i 2024-2035 i forhold til trepartsaftalen

Mio. ton CO ₂ e	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Kørsel 2: Afgiftssats på 1.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,24	0,28	0,34	0,24	0,21	0,27
- heraf teknisk omstilling i 2035												0,14
- heraf strukturel omstilling i 2035												0,12
Kørsel 3: Afgiftssats på 1.500 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07	0,67	0,68	0,68	0,76	0,76	0,73
- heraf teknisk omstilling i 2035												0,45
- heraf strukturel omstilling i 2035												0,28
Kørsel 4: Afgiftssats på 2.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,10	0,89	0,99	1,10	0,98	0,88	0,81
- heraf teknisk omstilling i 2035												0,47
- heraf strukturel omstilling i 2035												0,35

Kilde: Klimarådet (beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger).

Sideeffekter og deres værdisætning

I beregningerne af de samfundsøkonomiske omkostninger af omstilling i husdyrproduktionen medregnes sideeffekter i form af gevinster af mindsket luftforurening fra ammoniak, NO_x og partikler. Ammoniakforurening kommer fra landbrugets husdyr- og afgrødeproduktion, mens NO_x og partikelforurening stammer fra brugen af maskiner i landbruget.

Der er enkelte sideeffekter, som ikke er medregnet i denne analyses samfundsøkonomiske beregninger, idet der ikke er tilstrækkelige data. Det kan fx være effekter på dyrevelfærd eller gevinster ved færre lugtgener for beboere tæt på fx svinebedrifter. Lugtgener fra husdyrproduktion kan eksempelvis sætte sig i huspriserne i områderne omkring bedrifterne.⁹²

I dette omstillingselement medregnes ikke sideeffekter fra en ændret kvælstofudvaskning. Det skyldes, at det samlede landbrugsareal forbliver uændret i dette omstillingselement om husdyrproduktion, og at det antages, at der fortsat gødskes til kvælstofnormen. Årsagen er, at dækningsbidraget ved at benytte landbrugsarealet til andre formål såsom braklægning ikke overstiger dækningsbidraget ved at dyrke jorden på trods af afgiftsstigningen. En højere afgift kan dog påvirke hvilke afgrøder, som dyrkes på marken, og dermed de samlede kvælstofmængder. Dertil kan den højere afgift reducere mængden af husdyrgødning til rådighed, hvilket alt andet lige vil betyde et større behov for kunstgødning. Disse effekter medregnes dog ikke i denne analyse og forventes ikke at have stor betydning for beregningerne.

Resultater for sideeffekter

Værdien af sideeffekter beregnes uden for GrønREFORM-modellen. Dette er også tilgangen i Ekspertgruppen for en grøn skattereforms rapport.⁹³ Mængderne af sideeffekterne er output fra modellen. Herefter lægges en værdi på mængderne af sideeffekter. Den samlede værdi af sideeffekter ses i tabel 16.

Tabel 16 Værdi af sideeffekter ved omstilling i husdyrproduktionen i 2024-2035 i forhold til trepartsaftalen

Mio. kr.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Kørsel 2: Afgiftssats på 1.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr												
Mindre forurening med ammoniak	0	0	0	0	0	-1	-3	-3	-4	-4	-4	-5
Mindre forurening med NO _x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mindre partikelforurening	0	0	0	0	0	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3
Sum	0	0	0	0	-1	-2	-5	-6	-7	-7	-7	-8
Kørsel 3: Afgiftssats på 1.500 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr												
Mindre forurening med ammoniak	0	0	0	0	-2	-4	-8	-10	-11	-13	-13	-13
Mindre forurening med NO _x	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
Mindre partikelforurening	0	0	0	-1	-1	-2	-5	-6	-7	-8	-9	-10
Sum	0	0	0	-1	-3	-6	-13	-16	-19	-22	-23	-23
Kørsel 4: Afgiftssats på 2.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr												
Mindre forurening med ammoniak	0	0	0	-1	-3	-6	-11	-15	-17	-18	-18	-17
Mindre forurening med NO _x	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Mindre partikelforurening	0	0	0	-1	-2	-3	-8	-10	-11	-12	-13	-14
Sum	0	0	-1	-2	-5	-10	-19	-25	-29	-30	-31	-32

Anm. 1: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet (beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger).

Nettoomkostninger

Velfærdsmålet i GrønREFORM

Velfærd måles i GrønREFORM ved variabelen 'EV', som står for 'Equivalent Variation'. Ekspertgruppen for en grøn skattereform har også brugt dette mål til at beregne de samfundsøkonomiske omkostninger af deres afgiftsmodeller. EV-målet angiver, hvor meget husholdningerne i modellen skal kompenseres i en direkte indkomstoverførsel efter et stød for at være lige så godt stillede som før stødet. Altså i dette tilfælde hvor meget husholdningerne ville betale for at undgå en afgiftsstigning. EV-målet er lig nul i udgangspunktet.

De samfundsøkonomiske konsekvenser i de partielle analyser for de andre omstillingselementer i denne analyse er også opgjort i form af tabt forbrugsmulighed for husholdningerne. Men en forskel er, at EV-målet opgøres ud fra husholdningernes ændringer i velfærd, der sker gennem forskellige kanaler, som påvirker husholdningerne. Det er blandt andet ændring af priser på forbrugsgoder og tab af indkomst fx i form af løn, kapitalindkomst og overførsler fra staten. I EV-målet indgår også effekten af aktiekursændringer på husholdningerne velfærd, idet det er antaget i modellen, at en andel af den samlede aktiekapital er ejet af danske husholdninger. Dokumentation for EV-målet i GrønREFORM kan findes på DREAM's hjemmeside.⁹⁴

Udenlandske husholdningers velfærd

EV-målet kan beregnes både med og uden bytteforholdseffekter med udlandet. Det vil sige med og uden velfærdseffekter i udlandet, som følge af en afgift i Danmark. I udgangspunktet medtages bytteforholdseffekten i EV-målet, som en del af GrønREFORM's modelsetup. Det betyder, at udlandets velfærdseffekter som udgangspunkt ikke medregnes i modellen.

EV-målet og dermed de samfundsøkonomiske omkostninger bliver alt andet lige lavere, hvis udlandets velfærdseffekter medregnes. Mekanismerne bag dette er følgende: Kombinationen af politik fra trepartsaftalen og højere afgifter forårsager, at der opstår et generelt prisfald for udenlandske husholdninger ved køb af danske varer. Dette fald i priserne mere end opvejer for den prisstigning, som en højere afgift på den animalske produktion forårsager for landbrugsvarer i udlandet. Dermed sker der en velfærdsstigning i udlandet ved implementering af en kombination af trepartaftalens politik og en højere afgift på husdyr. Det er dog vigtigt at gøre opmærksom på, at denne effekt på udlandets velfærd er specifik for denne kombination af tilskud og afgifter. Man kan derfor ikke slutte, at en afgift på landbruget generelt fører til velfærdsstigninger i udlandet.

Dokumentation om bytteforholdseffekter og velfærdseffekter ved drivhusgasbeskatning kan findes på DREAM's hjemmeside.⁹⁵

Ekspertgruppen for en grøn skattereform har taget bytteforholdseffekten ud af deres beregninger af de samfundsøkonomiske omkostninger.⁹⁶ I Klimarådets analyse tages bytteforholdseffekten også ud for at være konsistente med ekspertgruppens metode. Det betyder, at velfærdsgevinsterne i udlandet som følge af indenlandske prisændringer indgår i den samfundsøkonomiske omkostning.

Tidsperspektiv for omkostninger

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske nettoomkostninger beregnes i Klimarådets analyse for perioden 2024-2035 med en diskonteringsrente på 3,5 pct. Periode og rente er valgt for at sikre konsistens på tværs af beregninger af samfundsøkonomiske omkostninger ved omstillingselementerne i denne analyse.

Klimarådets valgte periode er kortere end i Ekspertgruppen for en grøn skattereforms rapport. I ekspertgruppens rapport er der taget udgangspunkt i perioden fra 2030-2099.⁹⁷ Grundet den længere periode, har Ekspertgruppen for en grøn skattereform valgt at diskontere reduktionerne, så reduktioner i dag vægter mere end fremtidige reduktioner, trods det, at der er tale om fysiske reduktioner. Det hænger blandt andet sammen med den lange tidsperiode, der anvendes til ekspertgruppens beregninger. Klimarådet har valgt ikke at diskontere reduktionerne i denne analyse. Dette skyldes et ønske om gennemsigtighed omkring de enkelte omstillingselementers bidrag til opnåelse af et mål for fysiske CO₂e-reduktioner.

Den forskellige tidshorisont og diskontering er opmærksomhedspunkter i forhold til forskelle i resultater ved brug af henholdsvis Ekspertgruppen for en grøn skattereform og Klimarådets metode. Tidshorisonten betyder, at Klimarådets gennemsnitlige reduktionsomkostninger vil blive højere sammenlignet med Ekspertgruppen for en grøn skattereforms metode til beregning af gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton. Det skyldes, at EV-målet opgøres som en

annuitet, det vil sige omregnes til en gennemsnitligt årlig effekt, og at der stort set ingen reduktioner er i de første år fra 2024-2030, fra afgiften annonceres, til den indføres. Derfor vil de første år, hvor der er omkostninger og relativt små reduktioner, trække prisen op i beregningen af de gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton.

Resultater for nettoomkostninger

Tabel 17 viser de samlede omkostninger fordelt på forskellige poster for hele perioden relativt til baseline ved at hæve afgiften til henholdsvis 1.000, 1.500 og 2.000 kr.

De gennemsnitlige reduktionsomkostninger spænder mellem cirka 1.200 og 1.300 kr. pr. ton CO₂e på tværs af modelkørslerne, og alt efter om sideeffekter regnes med eller ej. Der er altså tale om en relativt lille variation i de gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton CO₂e.

De gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton falder meget lidt, når afgiften hæves i forhold til trepartsaftalen. Følsomhedsanalyser viser, at de gennemsnitlige reduktionsomkostninger ikke vil blive ved med at falde, men stiger igen for en given afgiftssats. Årsagen til faldet i reduktionsomkostningerne er en kombination af Klimarådets metode og formen på reduktionskurverne, som afhænger af, hvornår effektiviseringseffekterne vil slå igennem i forhold til afgiftsniveauet:

- **Metode.** Klimarådets metode for analyse af omstillingsselementet ser på gennemsnitlige reduktionsomkostninger over perioden 2024-2035 og ikke de marginale reduktionsomkostninger for det sidste ton CO₂e reduceret. De akkumulerede reduktioner stiger mere i perioden, hvis de årlige reduktioner sker tidligere, fx ved højere afgifter i indfasningen frem mod 2035. Samtidig stiger omkostningerne for husholdningerne lineært i takt med, at afgiftsniveauet stiger. Det betyder, at reduktioner stiger mere end husholdningernes omkostninger stiger ved en given afgiftsændring. Dermed vil den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton CO₂e falde, selvom den samlede omkostning for samfundet stadig stiger. Den gennemsnitlige reduktionsomkostning vil dog ikke blive ved med at falde, idet potentialet for de tekniske muligheder udtømmes. Dette uddybes i nedenstående afsnit.
- **Tekniske reduktionsmuligheder.** Nettonutidsværdien af EV-målet stiger nogenlunde lineært med en højere marginal afgiftssats. Men reduktionerne stiger ikke lineært med højere afgiftsniveauer. De stiger mere fra afgiften indføres indtil et vist afgiftsniveau. Det skyldes de tilgængelige teknologier, der er rentable ved en given afgift. Og jo tidligere teknologierne bliver rentable, des flere akkumulerede reduktioner vil ske i perioden. I modellen er inkorporeret et mæthedspunkt for, hvor meget landbrugene kan effektivisere omkring 1.300 kr. Herefter vil en større og større del af reduktionerne ske via struktureffekter. I denne analyse giver teknologi højere reduktioner end struktureffekter pr. afgiftskrone, idet struktureffekterne er begrænsede. Grunden til at struktureffekterne er begrænsede er først og fremmest landbrugernes muligheder for at overvælde en relativt stor del af afgiftsstigningen i forbrugerpriserne grundet forudsætninger om en tæt kobling mellem landbrug og fødevarerindustrien. De begrænsede struktureffekter kan også skyldes bundfradraget på 60 pct., samspillet med tilskud i baseline samt begrænsninger i GrønREFORM-modellen i forhold til alternative nye markeder og *disruptions* (udddybes nedenfor i afsnittet *Usikkerheder*), som skyldes forudsætningerne lagt til grund for modellen.

Tabel 17 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved omstilling i husdyrproduktionen i 2024-2035

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-2035 ¹
Kørsel 2: Afgiftssats på 1.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr													
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	200	200	210	210	210	210	210	210	210	210	220	220	2.100
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	200	200	210	210	210	210	210	220	220	220	220	230	2.100
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) inkl. sideeffekter													1.300
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) ekskl. sideeffekter													1.300
Kørsel 3: Afgiftssats på 1.500 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr													
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	510	510	520	520	530	530	530	530	530	540	540	550	5.300
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	510	510	520	520	530	530	540	540	550	560	570	570	5.400
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) inkl. sideeffekter													1.200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) ekskl. sideeffekter													1.200
Kørsel 4: Afgiftssats på 2.000 kr. i 2035 på udledninger fra husdyr													
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	670	680	680	690	690	690	690	690	700	700	710	720	6.900
Gennemsnitlig årlig samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	670	680	680	690	690	700	710	720	720	730	740	750	7.000
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) inkl. sideeffekter													1.200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kr. pr. ton CO ₂ e) ekskl. sideeffekter													1.200

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Årlige værdier er afrundet i tiere og summer er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet (beregninger på GrønREFORM med egne forudsætninger).

Usikkerheder

Begrænsninger i modellen i forhold til struktureffekter

GrønREFORM-modellen tager udgangspunkt i økonomien, som den ser ud i dag. Derfor kan modellen have nogle begrænsninger i forhold til store ændringer. Det gælder blandt andet store strukturelle ændringer i landbrugs- og fødevarerektorerne, som de nuværende forudsætninger og adfærdsbeskrivelser i modellen ikke tager højde for. Det kunne eksempelvis være overgang til helt nye markeder for fx kunstigt kød og mælk produceret i laboratorier, større produktion af plantebaserede alternativer til animalske produkter eller store tekniske ændringer i produktionsformerne. På forbrugssiden kan der også ske ændringer de næste 10 år, hvis forbrugerne ændrer præferencer over tid, fx over mod mere klimavenlig mad.⁹⁸ Omlægning af forbrug til plantebaserede alternativer og forbrug af kunstigt kød og mælk var også en del af Klimarådets scenarier i analysen *Danmarks klimamål i 2050*.⁹⁹

Implikationen af nye markeder for alternativer til animalske produkter og ændrede præferencer over de næste 10 år vil givetvis føre til større strukturelle effekter og dermed flere reduktioner ved højere afgifter. Det forventes samtidig at kunne mindske de samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med en strukturel omstilling som følge af en afgift.

Tekniske reduktionsmuligheder

Lidt over halvdelen af CO₂e-reduktionerne fra dette omstillingsselement kommer fra tekniske reduktionsmuligheder. Dette resultat afhænger i høj grad af hvilke forudsætninger om teknologier, der er lagt ind i modellen. Klimarådets analyse tager udgangspunkt i Ekspertgruppen for en grøn skattereforms modelforudsætninger om de tekniske reduktionsmuligheder for den animalske produktion. Det omfatter Bovaer, teltoverdækning og effektiviseringseffekter. Ændringer i antaget reduktionspotentiale og omkostning ved teknologien, vil have betydning for, hvor meget forskellige teknologier vil blive taget i brug i modellen, og til hvilken samfundsøkonomisk omkostning.

Effektiviseringseffekter har særligt en betydning for modellens resultater. Det forudsættes i Ekspertgruppen for en grøn skattereforms rapport, at de mest CO₂e-effektive landbrugere opkøber de mindre CO₂e-effektive landbrug ved indførelse af en afgift. Det vil øge den gennemsnitlige CO₂e-effektivitet i sektoren, hvilket gælder både for konventionelle og økologiske kvæg og svin. Effektiviseringseffekterne modelleres sådan, at emissionsfaktoren for dyr reduceres på bekostning af et øget kapitalforbrug for landbrugerne.¹⁰⁰ Potentialerne for effektiviseringseffekten er forskellige på tværs af udledningsskilder, og der er en spredning i omkostningerne ved effektiviseringseffekterne, og dermed også en spredning i, ved hvilket afgiftsniveau, de vil blive rentable. Det er nærmere beskrevet i et forudsætningsnotat udarbejdet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform.¹⁰¹

Klimarådet har foretaget en følsomhedsanalyse af betydningen af effektiviseringseffekterne, hvor disse ikke indgår i modellens teknologiforudsætninger. Uden effektiviseringseffekter viser modelberegningerne, at der er 0,5 mio. ton CO₂e færre reduktioner i 2035 i trepartsaftalen opgjort i forhold til udledningen i til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Ses der på scenarier, hvor afgiften hæves i forhold til trepartsaftalens niveau, vil der afhængigt af modelkørslen være yderligere mellem cirka 0,2 og 0,4 mio. ton CO₂e færre reduktioner i 2035 i forhold til trepartsaftalen sammenlignet med en beregning, hvor effektiviseringseffekterne tages med. De færre reduktioner betyder blandt andet, at de gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton CO₂e vil være højere, hvis der ikke medtages effektiviseringseffekter i modellen.

Hvor hurtigt eksporten reagerer på kort sigt

Klimarådet antager i tråd med Ekspertgruppen for en grøn skattereform, at der ikke er nogen træghed i eksportens reaktion på den danske afgift. Det vil sige, at eksporten antages at tilpasse sig med det samme til højere producentpriser i 2030, når afgiften indføres. Man kunne dog forestille sig en situation, hvor det tager eksporten lidt tid at reagere, det vil sige at der er træghed her, fx som følge af indgåede leverandøraftaler. Det vil føre til færre reduktioner i de første år efter afgiften indføres.

Klimarådet har foretaget en følsomhedsanalyse, hvor træghed i eksportens tilpasning indgår i modellen. Det vil umiddelbart ikke have de store betydninger for de gennemsnitlige reduktionsomkostninger på tværs af afgiftsniveauer. Men det vil føre til omkring 0,1 mio. ton CO₂e færre reduktioner i 2030 på tværs af modelkørslerne i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, sammenlignet med en beregning, hvor der ikke er eksporttræghed. I 2035 vil det kun mindske reduktionerne med omkring 0,05 mio. ton CO₂e i 2035 i forhold til *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, sammenlignet med en beregning, hvor der ikke er eksporttræghed. Antagelsen om ingen eksporttræghed har altså ikke nogen væsentlig betydning for Klimarådets analyse af at hæve afgiften mere end trepartsaftalens niveau i 2035, men ændrer trepartsaftalens effekter en smule på kort sigt i 2030.

Arealanvendelse

Trepartsaftalen vil have effekt på den danske arealanvendelse. Landbrugsjord udtaget til skov samt effekten af et tilskud på gødning indgår i trepartsaftalen og dermed baseline i denne analyse. Det samlede areal til landbrugsproduktion ændrer sig dog ikke i GrønREFORM-modellen, når afgiften stiger til henholdsvis 1.000 kr., 1.500 kr. og 2.000 kr. sammenlignet med trepartsaftalen.

Dette omstillingselement kan alligevel potentielt have nogle overlap med udlægning af landbrugsarealer til skov og natur i de andre omstillingselementer i analysen. Udlægning af landbrugsjord til andre formål kan have nogle modsatrettede effekter på, hvor mange reduktioner en afgift på husdyrproduktion forårsager. Mindre landbrugsjord kan forårsage et mindre areal til foderproduktion og dermed højere inputpriser til husdyrproduktion. Dette kan føre til flere CO₂e-reduktioner som følge af en afgift på husdyr. Omvendt kan et lavere udbud af landbrugsjord føre til højere jordpriser, hvilket kan føre til lavere inputpriser for husdyrproduktion. Dette kan føre til færre CO₂e-reduktioner som følge af en afgift.

Boks 1 Sammenligning med Ekspertgruppen for en grøn skattereform

Tabel 18 Sammenligning af forudsætninger i Klimarådet og ekspertgruppens GrønREFORM-beregninger.

	Klimarådet (inkl. trepartsaftalen)	Ekspertgruppen for en grøn skattereform (model 1-3)
Marginal afgiftssats på udledninger fra husdyr	750-2.000 kr./ton CO ₂ e (2035)	250-750 kr./ton CO ₂ e (2030)
Marginal afgiftssats på udledninger fra planteproduktion	Nej – kun på udledninger fra kalkning på 750 kr./ton CO ₂ e (2030)	125-750 kr./ton CO ₂ e (2030)
Afgiftssats i faste priser	2022-priser	2022-priser
Bundfradrag	60 pct.	50 pct.
Annonceringsår for afgift	2024	2024
År for fuld indfasning af afgift		
- husdyr	2035	2030
- planteproduktion	2030 (kun kalkning)	2030
År for påbegyndelse af indfasning		
- husdyr	2030	2027
- planteproduktion	2028 (kun kalkning)	2027
Indfasningsprofil		
- husdyr	40 pct. af niveau for fuldt indfaset afgift i 2030 og herefter lineær indtil 2035	Lineær
- planteproduktion	Lineær (kun kalkning)	Lineær
Tilskud til reduceret gødningsanvendelse	Ja – 750 kr./ton CO ₂ e fra 2028 ved omlægning af den direkte landbrugsstøtte*	Ja – i model 2b og 3b
Tilskud til skovrejsning	Ja – Tilskud til skovrejsning på 92.000** kr. pr. hektar svarende til ca. 460 kr./ton CO ₂ e	Ja – Tilskud til skovrejsning på 92.000 kr. pr. hektar svarende til ca. 460 kr./ton CO ₂ e
Tilskud til Bovaer	Ja – 428 kr./ton CO ₂ e fra 2027-2029, 128 kr. i 2030 og 38 kr. i 2031. Og kun 90 pct. afløb for tilskudspulje	Nej
Bytteforholdseffekter ifm. EV-mål	Uden	Uden
Eksporttræghed	Nej	Nej
Eksportelasticiteter	BACI-databasen ¹⁰² og Fontagné m.fl. (2022) ¹⁰³	BACI-databasen og Fontagné m.fl. (2022)
Baseline	KF24	KF23
Reduktionsteknologier (husdyr)	Bovaer Teltoverdækning af gylletanke Effektiviseringseffekter	Bovaer Teltoverdækning af gylletanke Effektiviseringseffekter

Anm.: *Beregnings af tiltaget for reduceret gødningsanvendelse er modelteknisk beregnet som et tilskud i Klimarådets beregninger, hvorimod det var modelleret som en reduktionsteknologi i Ekspertgruppens beregninger. Klimarådets beregning lægger sig op ad modelleringen i et notat udarbejdet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform af Sørensen (2024).¹⁰⁴ ** Tilskud til skovrejsning er inkl. mulig støtte fra EU.

Kilder: Ekspertgruppen for en grøn skattereform¹⁰⁵, DREAM¹⁰⁶, Regeringen m.fl.¹⁰⁷ og Klimarådet.

6 Personbiler (og varebiler) til el

En hurtigere indfasning af elbiler end forventet i klimafremskrivningen kan reducere udledningerne fra persontransporten i 2035 betydeligt. Selvom EU har indført et de facto-forbud mod salg af nye benzin- og dieslbiler fra 2035, vil der stadig være mange fossildrevne biler på vejene i 2035. Dette skyldes, at biler gennemsnitligt har en levetid på omtrent 16 år, hvorfor størstedelen af de biler, der sælges i dag, også vil være i brug i 2035. En accelereret overgang til elbiler kan mindske udledningerne i 2035, da det antages, at en ny elbil erstatter en ny fossilt drevet bil.

Der vil udover hurtigere indfasning af elbiler også være omstillingselementer, der vil kunne nå reduktioner i vejtransporten. Fx vil man ved forbedringer i kollektiv transport kunne overtage rejser, som ellers ville være foretaget i fossildrevne biler og dermed have udledt CO₂. Analysen medregner dog ikke alternativer som offentlig transport eller andre initiativer, der kunne dække det samme transportbehov og reducere transportaktiviteten i fossildrevne biler.

Når det gælder varebiler, antager analysen desuden, at omstillingen følger samme mønster som for personbiler. Klimarådet har ikke har foretaget en specifik analyse af varebiler, så beregningerne baserer sig på, at varebiler i 2022 udledte cirka 28 pct. af det samlede CO₂-udslip fra personbiler. Det betyder, at de samlede omkostninger og reduktioner for varebiler antages at svare til 28 pct. af dem for personbiler.

Nedenfor gennemgås forudsætninger og metode, der har været anvendt til at udarbejde skøn for omkostningerne. Elementerne i den samfundsøkonomiske analyse er opsummeret i nedenstående overbliksskema.

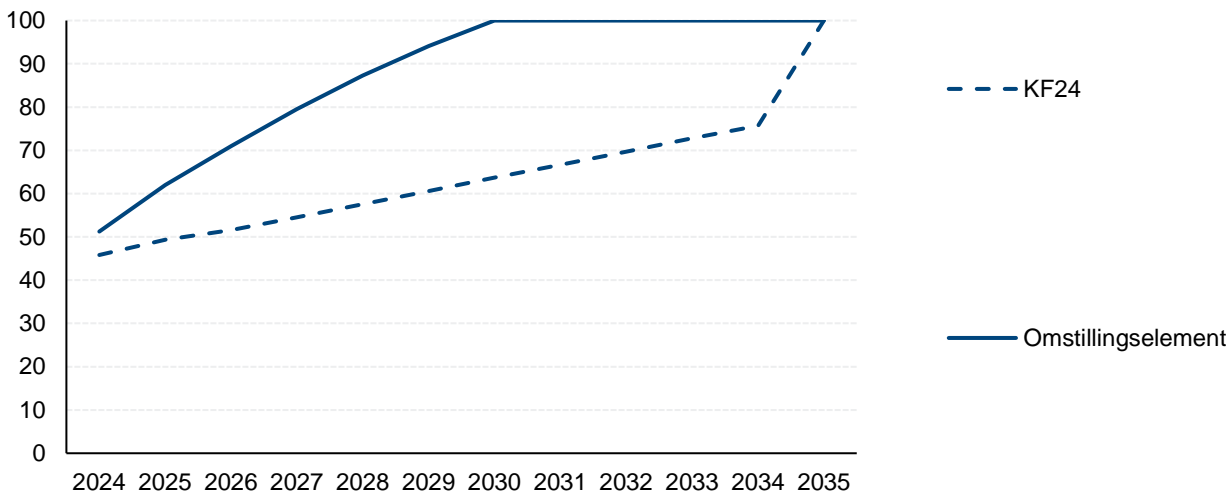
Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Reduktion af forbrug af benzin og diesel korrigeret for iblanding af biobrændstoffer og udledninger ved øget produktion af el i starten af perioden
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">• Mindsket luft- og støjforurening ved skift fra benzin og diesel til el (positiv effekt)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">• Forskel i omkostninger ved bilkøb (omk.)• Forskel i udgifter til drivmiddel (samlet gevinst)• Forskel i omkostninger til reparation og vedligehold (gevinst ved skift fra diesel, omk. ved skift fra benzin)• Forskel i omkostninger til infrastruktur (omk.)• Værdi af sideeffekter• Værdi af sparede ETS2-kvoter

Startår, levetid og indfasningsprofil

I beregningen belyses de samfundsøkonomiske omkostninger ved at øge indfasningshastigheden af elbiler fra 2024, indtil 100 pct. nysalg opnås allerede i 2030. Det antages, at alle biler har en levetid på knap 16 år tilsvarende den gennemsnitlige levetid for personbiler¹⁰⁸, hvorfor alle nye biler, der indfases i dag, også vil køre på vejene i 2035.

Andel elbiler i nysalg
(pct.)



Figur 8 Elbiler som andel af nysalg af personbiler

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

For at estimere udledningerne, er der taget udgangspunkt i et repræsentativt udsnit af bilflåden, som er opdelt efter drivmiddel (benzin, diesel, hybrid og el) samt bilsegment (mikro, lille, mellem, stor, premium og luksus). CO₂e-reduktioner er beregnet ved at erstatte kørslen i en ny fossildrevet bil (benzin eller diesel) med tilsvarende kørsel i en ny elbil i samme segment.

Energiforbruget for hver biltype er baseret på data fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*'s Bestandsmodel, som indeholder en fremskrivning af brændstofforbrug fordelt på alder, drivmiddelteknologi og bilsegment. Energiforbruget omregnes derefter til årlige udledninger ved hjælp af emissionsfaktorer fra samme kilde.

Der er taget højde for, at gældende iblandingskrav vil medføre, at en del af brændstoffet vil være biogent og derfor ikke bidrage til nationale udledninger. For dieslebiler er iblandingskravet 6,6 pct. i 2024, stigende til 11,6 pct. i 2035. For benzinbiler er kravet 6,7 pct. biobrændstof i hele perioden.

Det er også indregnet, at en del af den anvendte elektricitet vil komme fra ikke-grønne teknologier frem til 2030 på baggrund af tal fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.

Resultater for drivhusgasreduktioner

Der forventes fortsat betydelige udledninger fra personbiler i 2035. Hvis der ikke iværksættes yderligere tiltag, anslås det, at udledningerne vil udgøre 3,8 millioner ton CO₂e i 2035. Med en hurtigere omstilling kan disse udledninger dog reduceres markant. I dette omstillingselement er der regnet på en øget indfasning af elbiler, der reducerer den samlede kørsel i fossildrevne biler med 38 pct. i 2035, hvilket svarer til en reduktion på 1,45 mio. ton CO₂e. De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden fremgår af tabel 19 nedenfor.

Tabel 19 Drivhusgasreduktioner i 2024-2035

mio. ton CO ₂ e	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet national reduktion	0,01	0,04	0,11	0,22	0,35	0,52	0,71	0,91	1,10	1,27	1,42	1,47
Reduktioner iht. EU-forpligtelser i 2021-2030												
ESR-sektorer	0,01	0,04	0,11	0,22	0,35	0,52	0,71	0,91	1,10	1,27	1,42	1,47
LULUCF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

Kørsel i elbiler reducerer både luftforurening og vejstøj, hvilket gavner samfundet gennem forbedret folkesundhed. Ifølge Transportministeriets *Transportøkonomiske Enhedspriser 2.1* vurderes den samfundsøkonomiske gevinst at være henholdsvis 9 og 4 øre pr. kilometer i 2024 sammenlignet med gennemsnitlige benzin- og dieslbiler, faldende til 5 og 4 øre i 2035.

Resultater for sideeffekter

Øget udbredelse af elbiler har betydelige sideeffekter. På baggrund af ovenstående forudsætninger regnes der en samlet samfundsøkonomisk gevinst af sideeffekterne på 10 mio. kr. i 2025 voksende til 440 mio.kr. i 2035. Den voksende effekt skyldes, at de omstillede biler tidligt i forløbet også vil være på vejene i 2035, hvorfor der akkumuleres en større gevinst over årene.

Tabel 20 Sideeffekter ved hurtigere indfasning af elbiler i 2024-2035

Mio. kr.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Værdi af støj og luftforurening	-	-10	-40	-70	-110	-160	-220	-290	-340	-390	-430	-440

Anm. 1: Negative værdier udtrykker gevinster.

Anm. 2: Tal er afrundet i tiere.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Det er i dag typisk dyrere at købe en elbil sammenlignet med en fossildrevet bil. Til gengæld er omkostningerne ved at køre en kilometer i en elbil lavere end i en fossildrevet bil. For at få et klart billede af de samlede omkostninger beregnes derfor de totale ejerskabsomkostninger, som inkluderer både købsprisen og de løbende driftsomkostninger, såsom udgifter til brændstof og reparationer.

I beregningerne fokuseres der udelukkende på de bilejere, der ifølge klimafremskrivningen endnu ikke har købt en elbil. For at estimere denne gruppes omkostning fra regnes de bilejere, som ifølge beregningerne har en økonomisk gevinst ved at skifte til elbil, da de formodes allerede at have foretaget dette skift på grund af den økonomiske fordel. Analysen retter sig dermed mod de bilejere, der vil opleve en omkostning ved at skifte til elbil med den nuværende regulering.

Købspris

Fremskrivningen af bilpriser bygger på bilpriskataloget fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, som indeholder priser for forskellige biltyper opdelt efter drivmidler, segmenter og alder. Priserne i det seneste observationsår er fastsat af Skatteministeriet med data fra Motorregistret. Priserne i observationsåret er derefter fremskrevet på baggrund af en analyse fra Elbilskommissionen¹⁰⁹, som skønnede et årligt prisfald på elbiler på 3 pct., mens priserne på fossile biler blev vurderet som uændrede over tid.

Kørselsomkostninger

Kørselsomkostningerne er beregnet ved at analysere de skønnede omkostninger og kørselsomfang for hver type bil og drivmiddel. Data om kørselsomfang og bilkarakteristika er fra Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets Bestandsmodel. Udgifter til drivmiddel er baseret på Energistyrelsens beregningsforudsætninger fra 2022.

Værdien af de ETS2-kvoter, der spares fra 2027 og frem, er også medregnet, baseret på oplysninger fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Desuden er der på baggrund af *Transportøkonomiske Enhedspriser 2.1* inkluderet gennemsnitsskøn for omkostninger til reparation, vedligeholdelse og dæk.

Resultater for nettoomkostninger

En hurtigere indfasning kan reducere 1,5 mio. ton CO₂e i 2035 med en gennemsnitlig reduktionsomkostning på omtrent 1.800 kr. pr. ton. Forskellen i nettoomkostninger består hovedsageligt af, at det for en række biltyper (bilsegmenter, drivmiddelteknologi og alder) samlet set ikke vil være billigere at skifte den fossildrevne elbiler ud med en fossildreven, og der derfor være en meromkostning hvis omstillingen skal fremskyndes. Dog er der betydelig usikkerhed omkring dette skøn, da analysen kun benytter data med variationer i bilsegment, teknologi og år, hvilket resulterer i relativt få biltyper. Dertil vil forskelle i faktorer som indkomst, bosætning, kørselsbehov og kørselsafstand også spille en væsentlig rolle i valget af bil, men disse er ikke inkluderet i analysen på grund af manglende data.

Tabel 21 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved en hurtigere indfasning af elbiler i 2024-2035

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-2035 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	100	300	700	1.100	1.400	1.700	1.900	2.100	2.400	2.500	2.500	2.300	14.900
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	100	300	800	1.100	1.500	1.900	2.100	2.400	2.700	2.900	2.900	2.700	16.900
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)													1.800
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)													2.100

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonudtidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Tal er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Der er generelt stor usikkerhed forbundet med at estimere de tekniske omkostninger ved en øget indfasning af elbiler. Dette skyldes primært, at beregningerne baserer sig på en række grove antagelser. Blandt andet tages der kun højde for et relativt begrænset antal biltyper uden mulighed for substitution mellem disse, ligesom det antages, at forbrugerne har homogene præferencer. I praksis vil faktorer som kørselsbehov, indkomst og familiestørrelse ofte være afgørende for det enkelte bilvalg. Derudover tager beregningerne heller ikke højde for eventuelle ulemper ved elbiler, såsom den tid, der bruges på opladning, eller en mulig teknologisk skepsis blandt forbrugerne. Disse kan dog blive mindre over tid i takt med at elbiler bliver mere udbredt. Desuden er der betydelig usikkerhed om den teknologiske udvikling, herunder udviklingen i bilpriser og drivmiddeleffektivitet.

Ydermere kan specifikke beregninger af politiske virkemidler forventes at resultere i væsentligt højere gennemsnitlige reduktionsomkostninger end dem, der indgår i denne analyse. Dette skyldes, at virkemidler, der har til formål at fremme udbredelsen af elbiler, ofte fører til betydelige forvriddningseffekter, som ikke er inkluderet her.

Følsomheder

For at illustrere, hvordan ændringer i antagelserne kan påvirke de samlede omkostningsskøn, er der udført følsomhedsberegninger. Disse beregninger er valgt ud fra en afvejning af, hvor der er størst usikkerheder i beregningerne, samt hvad der har været praktisk muligt at beregne inden for Klimarådets models rammer. Selvom variation i biltyper i modellen fx udgør en væsentlig usikkerhed, er der på grund af manglende data ikke lavet følsomhedsberegninger for dette. Derfor bør følsomhedsberegningerne ikke ses som en udtømmende liste over usikkerheder, men snarere som en indikation af, hvor følsomme beregningerne er over for ændringer i enkelte parametre.

Følsomhedsberegningerne inkluderer scenarier, hvor kvotepriserne i ETS2 stiger til samme niveau som i ETS1, samt alternative scenarier for prisudviklingen på elbiler. En højere kvotepris gør reduktioner markant billigere, da en stigning i kvoteprisen generelt vil forbedre elbilers rentabilitet ved at mindske prisforskellen mellem elbiler og fossildrevne biler. Omvendt vil en lavere prisudvikling for elbiler øge de gennemsnitlige reduktionsomkostninger, mens en højere prisudvikling vil sænke disse omkostninger betydeligt.

Tabel 22 Samfundsøkonomiske omkostninger ved hurtigere indfasning af elbiler (2023-priser)

	Reduktionseffekt 2035 (mio. ton CO ₂ e)	Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton CO ₂ e)	Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton CO ₂ e)
Omstillingselement – hurtigere indfasning af elbiler	1,47	1.800	2.100
Følsomhed med kvotepris svarende til ETS1	1,47	1.000	1.300
Følsomhed, hvor elbiler falder 1,5 pct. i købspris om året i stedet for 3 pct.	1,47	2.600	2.800
Følsomhed, hvor elbiler falder 5 pct. i købspris om året i stedet for 3 pct.	1,47	1.000	1.300

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Tal er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

7 Lastbiler til el og brint

Overgangen til ellastbiler handler om at erstatte nye dieseldrevne lastbiler med nye brint- og batteridrevne alternativer, der ikke udleder CO₂ under kørslen. Da lastbiler i gennemsnit har en levetid på 11 år, vil mange af de lastbiler, der sælges i dag, stadig være i drift i 2035. Derfor vil en fremskyndelse af indfasningen af ellastbiler i nysalget allerede fra i dag reducere udledninger i fremtiden.

Nedenfor gennemgås anvendte forudsætninger og metode, der har været anvendt til ovenstående skøn. Elementerne i den samfundsøkonomiske analyse er hertil opsummeret i nedenstående overbliksskema.

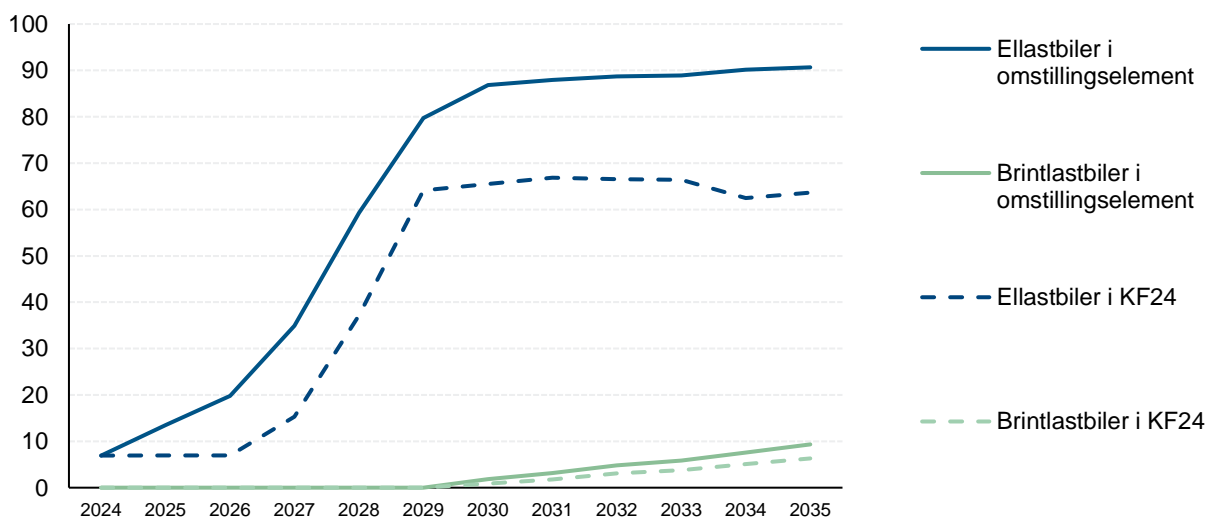
Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion af forbrug af diesel inkl. iblanding af biobrændstoffer og øget forbrug af el og brint
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none"> • Mindsket luft- og støjforurening ved skift fra diesel til el og brint (gevinst)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none"> • Forskel i indkøbspris og omkostning til udskiftning af brændselscelle for brintlastbil (omk.) • Ændret udgift til drivmiddel (omk. for brintlastbiler, gevinst ved ellastbiler) • Ændrede omkostninger til vedligehold (uændret for brint, gevinst ved ellastbiler) • Ændrede omkostninger til drivmiddelinfrastruktur (omk.) • Værdi af sideeffekter • Værdi af sparede ETS2-kvoter

Startår, levetid og indfasningsprofil

I det konkrete omstillingsselement belyses de tekniske omkostninger ved at øge indfasningsagtigheden indtil et 100 pct. nysalg af grønne køretøjer nås i 2035. Det er antaget, at ellastbiler følger en såkaldt S-kurve tilsvarende indfasningsforløbet i *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Lastbiler har desuden en gennemsnitlig levetid på omtrent 11 år, hvorfor lastbiler, der indfases i dag, også vil være på vejene i 2035.

Andel af nysalg (pct.)



Figur 9 EI- og brintlastbiler som andel af total nysalg

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

For at estimere udledningerne tages der udgangspunkt i den gennemsnitlige kørsel for sættevognstrækkere og sololastbiler opdelt efter drivmiddel (diesel, brint og el). CO₂e-reduktioner beregnes som forskellen i udledninger, når kørslen i en given fossildrevet biltype erstattes med tilsvarende kørsel i en grøn lastbil. Data for gennemsnitligt brændstofbehov, kørselsomfang og emissionsfaktorer er hentet fra Energistyrelsens *Teknologikatalog for tung vejtransport 2023*.

Beregningerne tager højde for, at gældende iblandingskrav medfører, at en del af de anvendte brændstoffer, der erstattes, vil være biogene og derfor ikke bidrager til nationale udledninger. Derudover medfører grænsehandel, at ikke alt det brændstof, der afbrændes i Danmark, er tanket i Danmark. Det er også indregnet, at en lille del af den anvendte elektricitet frem mod 2029 vil blive produceret med ikke-grønne teknologier, baseret på skøn fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.

Som følge af en stigning i dieselafgiften i 2024 er udledningerne pr. kørte kilometer desuden blevet nedjusteret. Det skyldes, at dieselafgiften ikke er indregnet i *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, hvorfor Klimarådet har korrigeret de gennemsnitlige udledninger pr. kørte kilometer for lastbiler.

Resultater for drivhusgasreduktioner

Der forventes fortsat betydelige udledninger fra lastbiler i 2035. Hvis der ikke iværksættes yderligere tiltag, anslås det, at udledningerne vil udgøre 0,6 mio. ton CO₂e i 2035. Med en hurtigere omstilling kan disse udledninger dog reduceres markant. I dette omstillingselement er der regnet på en øget indfasning af elbiler, der reducerer den samlede kørsel i fossildrevne lastbiler med 25 pct. i 2035, hvilket svarer til en reduktion på 0,15 millioner ton CO₂e. De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden fremgår af tabel 23 nedenfor.

Tabel 23 Drivhusgasreduktioner ved hurtigere omstilling af lastbiler til el og brint i 2024-2035

Mio. ton CO ₂ e	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet	0,00	0,00	0,02	0,04	0,07	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16
Reduktioner iht. EU-forpligtelser i 2021-2030												
ESR-sektorer	0,00	0,00	0,02	0,04	0,07	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16
LULUCF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

Kørsel i el- og brintlastbiler reducerer både luftforurening og vejstøj, hvilket gavner samfundet gennem forbedret folkesundhed. Ifølge Transportministeriets *Transportøkonomiske Enhedspriser 2.1*, vurderes den samfundsøkonomiske gevinst at være henholdsvis 10 og 4 øre pr. kilometer sammenlignet med en gennemsnitlige disellastbil.

Resultater for sideeffekter

På baggrund af ovenstående forudsætninger regnes der er en voksende samfundsøkonomisk gevinst af sideeffekterne på 80 mio. kr. i 2035. Den voksekende effekt skyldes, at de omstillede biler tidligt i forløbet også vil være på vejene i 2035, hvorfor der akkumuleres en større gevinst over årene. Effekterne er opgjort i tabel 24.

Tabel 24 Sideeffekter ved hurtigere omstilling af lastbiler til el og brint i 2024-2035

Mio. kr.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Værdi af luftforurening og støj	0	-0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-70	-80	-80

Anm. 1: Negative værdier udtrykker gevinster.

Anm. 2: Tal er afrundet i tiere.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Købet af en grøn lastbil er i dag dyrere end en fossildrevet lastbil. Dog vil der, når lastbilen først er købt, typisk være lavere omkostninger ved at køre en kilometer i en grøn lastbil sammenlignet med en fossildrevet. For at få et klart billede af de samlede omkostninger beregnes derfor både købsprisen og de løbende driftsomkostninger, såsom udgifter til brændstof og reparationer.

I beregningerne fokuseres der udelukkende på de lastbilejere, der endnu ikke har købt et grønt køretøj. For at estimere denne gruppe fraregnes de lastbilejere, som ifølge beregningerne har en økonomisk gevinst ved at skifte deres fossile lastbil ud med en grøn, da de formodes allerede at have foretaget dette skift på grund af den økonomiske fordel. De kan dermed sige at repræsentere den omstilling, der allerede ligger i klimafremskrivningen. Analysen retter sig derfor mod de lastbilejere, der vil opleve en omkostning ved at skifte til en grøn lastbil med den nuværende regulering.

Købspris

Købspriserne for både sættevognstrækkere og sololastbiler er baseret på Energistyrelsens *Teknologikatalog for tung vejtransport fra 2023*. Det antages, at prisudviklingen for sololastbiler følger samme vækstrate som for sættevognstrækkere.

Kørselsomkostning

Kørselsomkostningerne er beregnet ved at analysere de skønnede omkostninger og kørselsomfang for hver type lastbil og drivmiddel. Data om kørselsomfang og lastbilkaraktistika stammer fra Energistyrelsens *Teknologikatalog*, mens udgifterne til drivmidler er baseret på Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger fra 2022. Værdien af de ETS2-kvoter, der spares fra 2027 og frem, er også medregnet, baseret på oplysninger fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.

Derudover er der inkluderet et gennemsnitligt skøn for omkostninger til reparation, vedligeholdelse og ladeinfrastruktur på baggrund af Energistyrelsens *Teknologikatalog for tung vejtransport 2023*. For ellastbiler justeres reparationsomkostningerne pr. kilometer med en faktor 0,65 sammenlignet med brint- og diesellastbiler, i overensstemmelse med *Klimastatus og -fremskrivning 2024's* antagelser. For brintlastbiler er der desuden indregnet omkostninger til udskiftning af brændselsceller i de år, hvor brændselscellens levetid er kortere end lastbilens levetid.

Resultater for nettoomkostninger

En hurtigere indfasning af grønne lastbiler vurderes at kunne reducere udledningen med 0,16 mio. ton CO₂e i 2035, med en gennemsnitlig reduktionsomkostning på cirka 1.600 kr. pr. ton. De højere nettoomkostninger skyldes primært, at det for nogle typer lastbiler (ud fra segment, drivmiddel og alder) samlet set ikke vil være billigere at skifte til en grøn løsning. Dette medfører ekstra omkostninger, hvis omstillingen skal fremskyndes.

Skønnet er dog forbundet med betydelig usikkerhed, særligt fordi analysen kun bruger data opdelt på bilsegment, teknologi og år, hvilket resulterer i begrænsede typer af lastbiler. I praksis vil især den enkeltes kørselsbehov påvirke valget af lastbil. Klimarådet har dog ikke haft adgang til detaljerede data om kørselsbehov, og det er derfor usikkert, hvordan disse data ville påvirke resultaterne.

Tabel 25 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved hurtigere omstilling af lastbiler til el og brint i 2024-2035

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-2035 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	0	30	120	220	280	280	200	180	180	210	190	210	1.700
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	0	30	130	240	310	330	250	240	250	280	270	280	2.100
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)													1.600
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)													1.900

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Årlige værdier er afrundet i tiere og summer er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Ligesom for elbiler er også stor usikkerhed ved at skønne over omkostningerne ved en øget indfasning af grønne lastbiler. Blandt andet tages der kun højde for et relativt begrænset antal biltyper uden mulighed for substitution mellem disse, ligesom det antages, at vognmændene har homogene præferencer. I praksis vil særligt kørselsbehov, pauser med mulig ladning, samt ladestandere spille en afgørende rolle for valget af lastbil. Fx må det forventes, at lavere kørselsomkostninger for ellastbiler vil medføre, at det er mere rentabelt at dække lange rejse med en ellastbil frem for en disellastbil, såfremt der er tilstrækkeligt med ladestandere på strækningen, og ladningerne kan afholdes under hvilepauser. Desuden er der betydelig usikkerhed om den teknologiske udvikling, herunder udviklingen i pris og drivmiddeleffektivitet.

8 Grønne brændstoffer og elektrificering af indenrigssøfart og fiskeri

Grønne brændstoffer og elektrificering af indenrigssøfart og fiskeri handler om at erstatte fossile brændstoffer som diesel med grønne alternativer. Dette kan fx gøres ved brug af grønne brændstoffer, som fx biobrændstoffer eller e-brændstoffer, eller ved at ombygge færger til at sejle på batterier. Indenrigssøfart og fiskeri består i Danmark af:

- Hurtigfærgerne mellem Sjællands Odde og henholdsvis Ebeltoft og Aarhus, som fylder forholdsvis meget i det samlede billede. Hurtigfærgerne mellem Ystad og Bornholm indgår ikke i analysen, da deres udledninger ikke opgøres i Danmark.
- Øvrige færger, fx mellem småøer, og indenrigsshipping mellem havne i Danmark.
- Skibsruter mellem Danmark og henholdsvis Grønland og Færøerne, hvor brændstoffet er tanket i Danmark.
- Fiskefartøjer, som tanker i Danmark.

Indledningsvis beskrives det overordnede reduktionspotentiale og forskellige omstillingsmuligheder generelt. Herefter gennemgås et eksempel på omstillingen af færger, fiskeri og indenrigsshipping med grønne brændstoffer. Udledningen fra disse fartøjer udgør omkring 80 pct. af de samlede udledninger. Grønne brændstoffer er valgt som eksempel ud fra den antagelse, at omstillingen her kan udgøre et øvre estimat for reduktionsomkostningerne.

Overordnet reduktionspotentiale

Den samlede udledning og det samlede reduktionspotentiale for både indenrigssøfart og fiskeri er omkring 0,5 mio. ton CO₂e i 2035. Reduktionspotentialet dækker over et potentiale på omkring 0,1 mio. ton CO₂e for hurtigfærger, 0,1 mio. ton CO₂e for øvrige færger og indenrigsshipping, 0,2 mio. ton CO₂e for fiskeri og 0,1 mio. ton CO₂e for skibsruter mellem Danmark og henholdsvis Grønland og Færøerne.¹¹⁰

Der er flere forskellige omstillingsmuligheder for at indfri potentialet. Mulighederne varierer afhængigt af, hvilken type skib eller færge det drejer sig om. Mulighederne inkluderer fx

- elektrificering med batteri
- elektrificering med flywheel-teknologi
- grønne kulstofholdige brændstoffer så som biodiesel, elektrodiesel og metanol
- grønne kulstoffrie brændstoffer som ammoniak og brint.

I nogle tilfælde er det muligt at bevare eller retrofite eksisterende skibe og færger, mens det i andre kræver investeringer i nye fartøjer.

Eksempel på omstilling: fra fossil diesel til HVO, biodiesel og elektrodiesel

Omstilling til batteri, elektrificering med flywheel-teknologi, metanol, ammoniak eller brint forudsætter, at de eksisterende færger retrofittes, eller at der investeres i nye fartøjer. I denne analyse er der ikke foretaget en konkret samfundsøkonomisk beregning af disse muligheder.

Den følgende analyse fokuserer på at erstatte fossil dieselolie med grønne brændstoffer som fx HVO og biodiesel eller elektrodiesel. Disse brændstoffer kan umiddelbart anvendes direkte i eksisterende skibe og færger uden behov for nye investeringer. Reduktionsomkostningen ved at anvende disse brændstoffer kan derfor findes ved at se på forskellen mellem prisen for det fossile brændstof og det grønne alternativ, inklusiv en eventuel besparelse fra ETS-kvoter, hvis udledningen er kvotebelagt. Indenrigssøfart er fra 2026 100 pct. kvotebelagt for alle store skibe over 5.000 BT (bruttotonnage).¹¹¹ Det betyder fx, at hurtigfærgerne og dele af øvrige færger og indenrigsshipping er kvotebelagt.

I det følgende medregnes ikke ruter mellem Danmark og henholdsvis Grønland og Færøerne, da disse skibe primært anvender fuelolie og ikke dieselolie.

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse

Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion i forbrug af dieselolie til indenrigssøfart og fiskeri
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none"> • Luftforureningen antages uændret
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none"> • Meromkostning ved køb af grønt brændstof • Kvotebesparelse, hvis udledningen er kvotebelagt

Drivhusgasreduktioner

I tabel 26 skitseres et eksempel på omstillingselementets bidrag til drivhusgasreduktioner frem mod 2035 fordelt på forskellige mål og år. I eksemplet erstatter et grønt brændstof fossil dieselolie fra 2031. Det skønnes, at reduktionspotentialet er 0,2 mio. ton CO_{2e} i henholdsvis ETS-sektoren og ESR-sektoren, det vil sige et samlet reduktionspotential på 0,4 mio. ton CO_{2e}. Dette er et overordnet skøn.

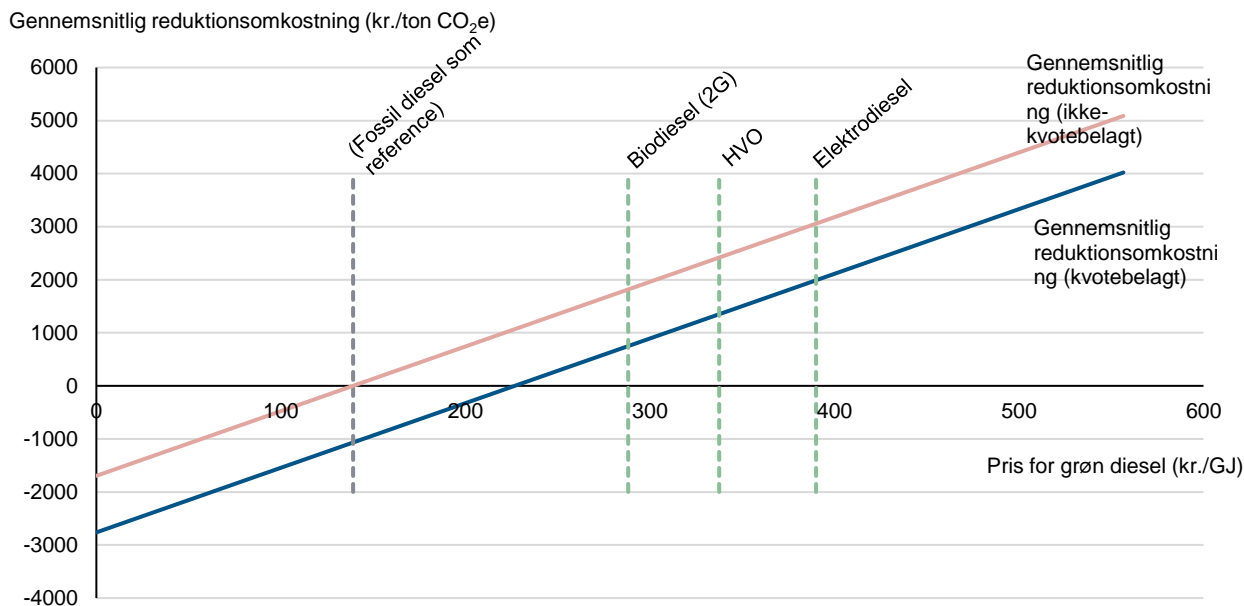
Tabel 26 Drivhusgasreduktioner ved øget anvendelse af grønne brændstoffer i indenrigssøfart og fiskeri i 2024-2035

mio. t CO _{2e}	2024	2025	[...]	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet national reduktion					0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Reduktioner iht. EU-forpligtelser i 2021-2030									
Reduktion i ESR-sektorer					0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Reduktion i LULUCF					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostning

Figur 10 viser den samfundsøkonomiske gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton ved at erstatte fossil diesel med et grønt alternativ. Den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton er opgivet som funktion af prisen på det grønne alternativ. Kurverne er lineære, fordi reduktionsomkostningen pr. ton kun udgøres af merprisen på grønt brændstof i forhold til dieselolie samt en eventuel kvotebesparelse. Det fremgår fx, at den gennemsnitlige reduktionsomkostning er omkring 800 kr. pr. ton CO_{2e}, hvis der anvendes biodiesel (2G), og udledningen er kvotebelagt. Hvis udledningen ikke er kvotebelagt, er den gennemsnitlige reduktionsomkostning omkring 1.800 kr. pr. ton CO_{2e}. I eksemplet er der ikke nogen effekt fra sideeffekter, fordi luftforureningen antages uændret.



Figur 10 Samfundsøkonomisk gennemsnitlig reduktionsomkostning som funktion af prisen på grønt brændstof

Anm.: Figuren viser den samfundsøkonomiske gennemsnitlige reduktionsomkostning ved at erstatte fossil diesel med et grønt brændstof. Den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton er opgivet som funktion af prisen på det grønne alternativ. Prisen på fossil diesel er angivet som reference. Prisen på henholdsvis biodiesel, HVO og elektrodiesel fremgår også.

Kilder: Energistyrelsen¹¹² og Klimarådet.

Resultater for nettoomkostninger

I tabel 27 skitseres et konkret eksempel på den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton og den årlige samfundsøkonomiske omkostning. I eksemplet antages, at prisen på grønt brændstof udgøres af middelværdien mellem biodiesel og HVO. Det medfører en gennemsnitlig reduktionsomkostning på omkring 1.100 kr. pr. ton CO₂e for kvotebelagt udledning og 2.100 kr. pr. ton CO₂e for ikke-kvotebelagt udledning. Der er valgt en middelværdi mellem biodiesel og HVO, fordi der er stor usikkerhed om den fremtidige pris på grøn diesel. Middelværdien mellem de to billigste optioner betragtes her som et middelskøn. Bæredygtighedskrav til anvendelsen af biobrændstoffer kan have indflydelse på, hvilken type brændstoffer aktørerne reelt kan anvende.

Beregninger fra COWI indikerer, at den gennemsnitlige reduktionsomkostning kan være lavere for færger eller skibe med elektrificeringspotentiale eller mulighed for metanol. I så fald vil den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton i omstillingselementet i nærværende analyse udgøre et øvre estimat for reduktionsomkostningerne pr. ton, hvis man ser bort fra usikkerheden på prisen på grønt brændstof.

Tabel 27 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved øget anvendelse af grønne brændstoffer i indenrigssøfart og fiskeri i 2024-2035

	2024	[...]	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-35 ¹
Samfundsøkonomisk omk. (inkl. og ekskl. sideeffekter) (mio. kr.)				700	700	700	700	700	3.200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (kvotebelagt) (kr./ton)									1.100
Gennemsnitlig reduktionsomkostning (ikke-kvotebelagt) (kr./ton)									2.100

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger.

Anm. 2: Tal er afrundet i hundreder.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

I eksemplet er den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton en direkte funktion af prisen på grønt brændstof. Prisen på både HVO, biodiesel og elektrodiesel anses dog som meget usikker, hvilket betyder, at reduktionsomkostningen pr. ton er tilsvarende usikker.

I andre analyser nævnes, at prisen på HVO i fremtiden kan være mellem 75 pct. og 150 pct. højere end diesellole, og det understreges samtidig, at estimatet er usikkert.¹¹³ Til sammenligning antages i denne analyse, at HVO er omkring 140 pct. højere end diesellole.

Følsomheder

I det konkrete eksempel er den gennemsnitlige reduktionsomkostning udregnet på baggrund af en pris på grønt brændstof, som svarer til gennemsnittet på HVO og biodiesel. Hvis prisen på grønt brændstof i stedet svarer til elektrodiesel, fx på grund af mangel på biomasse til biobrændstof, stiger den gennemsnitlige reduktionsomkostning til cirka 2.000 kr. pr. ton CO₂e for kvotebelagt udledning og cirka 3.000 kr. pr. ton CO₂e for ikke-kvotebelagt udledning.

Beregninger fra andre kilder

Flere forskellige aktører har regnet på reduktionspotentialer og tilhørende omkostninger ved omstillingen af indenrigssøfart og fiskeri. Disse kilder gennemgås kort her som perspektiv på reduktionsomkostningen og andre omstillingsmuligheder.

Udgivelsen *Dansk omstilling af danske indenrigsfærger* fra 2021, som er udarbejdet af COWI, adresserer hurtigfærger og øvrige færger.¹¹⁴ For hurtigfærger er reduktionspotentialer vurderet til 0,14 mio. ton CO₂e i 2030 med en samfundsøkonomisk gennemsnitlig reduktionsomkostning fra 350 til 2.575 kr. pr. ton CO₂e til 2.575 kr. pr. ton CO₂e, afhængigt af omstillingsmåden og tidsperspektivet for reduktionseffekten. For andre færger varierer potentialer fra mellem 0,01 mio. ton CO₂e i 2030 til 0,09 mio. ton CO₂e med en samfundsøkonomisk gennemsnitlig reduktionsomkostning fra -750 kr. pr. ton CO₂e (det vil sige en samfundsøkonomisk gevinst) til 13.265 kr. pr. ton CO₂e afhængigt af omstillingsmåden og tidsperspektivet for reduktionseffekten. Den samfundsøkonomiske gennemsnitlige reduktionsomkostning i COWI's analyse kan ikke sammenlignes direkte med de øvrige samfundsøkonomiske omkostninger i nærværende analyse. Dette skyldes forskelle i de anvendte metoder. Den gennemsnitlige reduktionsomkostning i COWI's beregning inkluderer sideeffekter fra luftforurening, men medtager tilsyneladende ikke omkostningen til ETS-kvoter.

Regeringens klimaprogram fra 2023 adresserer både indenrigssøfart og fiskeri.¹¹⁵ Her oplyses en privatøkonomisk omkostning på 1.700 kr. pr. ton CO₂e for elfærger og 2.000 kr. pr. ton CO₂e for grønne brændstoffer generelt, herunder også for fiskeri. Klimaprogrammet vurderer, at elfærger har et relativt lille teknisk reduktionspotentialer på 0,04 mio. ton CO₂e i 2030. Fiskeri og færger oplyses tilsammen at have et teknisk reduktionspotentialer på 0,54 mio. ton CO₂e i 2030. Den privatøkonomiske omkostning kan ikke sammenlignes direkte med de øvrige samfundsøkonomiske omkostninger i nærværende analyse.

9 Konvertering af oliefyr til varmepumper til bygningsopvarmning

Konvertering af oliefyr til varmepumper handler om at udskifte traditionelle oliefyr til opvarmning af bygninger med varmepumper. Varmepumper bruger energi fra luften, jorden eller vandet til at opvarme boliger, hvilket reducerer behovet for fossile brændstoffer som olie og bidrager til at reducere de nationale udledninger.

I *Klimastatus og -fremskrivning 2024* er der stadig omkring 60.000 oliefyr til bygningsopvarmning tilbage i 2024 faldende til omkring 16.000 oliefyr i 2035. I omstillingselementet konverteres alle nyinstallationer af oliefyr til individuelle varmepumper fra 2024. Det giver en reduktion i bestanden frem mod 2035, men vil betyde, at der stadig vil nogle oliefyr i drift. I omstillingselementet konverteres derfor også alle resterende oliefyr i drift i 2029.

Omstillingselementets reduktioner kan overlape med andre omstillingselementer, som der ikke er regnet på i analysen. Der er fx ikke inkluderet omstillingselementer om energieffektivisering i olieopvarmede bygninger eller nedgang i olieopvarmede boligkvadratmeter. Sådanne omstillingselementer vil også kunne adressere noget af udledningen fra opvarmning med oliefyr, og prisen herfor kan være anderledes end for konvertering af oliefyrene til varmepumper.

Nedenfor gennemgås anvendte forudsætninger og metode. Elementerne i den samfundsøkonomiske analyse er hertil opsummeret i nedenstående overbliksskema.

Overbliksskema

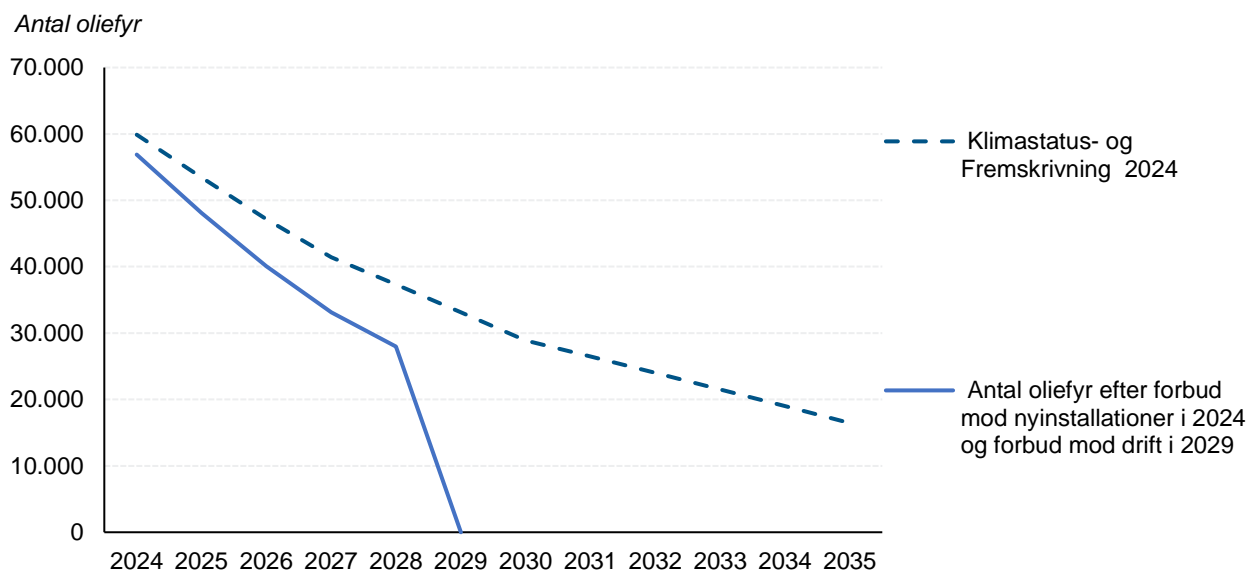
Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">Mindsket olieforbrug til oliefyr (reduktion)Øget elforbrug til varmepumper (øget udledning i starten af perioden)
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">Mindsket luftforurening fra olieforbrug (positiv effekt)Øget luftforurening fra elforbrug (negativ effekt)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">Investering i varmepumper ift. oliefyr (varmepumpens merpris ved nyinstallationer og hele varmepumpens pris ved forcerede udskiftninger)Drift af varmepumpe ift. oliefyrVærdi af sideeffekterVærdi af sparede ETS2-kvoter

Startår, levetid og indfasningsprofil

I *Klimastatus og -fremskrivning 2024* falder bestanden af oliefyr frem mod 2035. Bestanden antages at have en ligelig fordeling på alder. Det vil sige, at der i fremskrivningen installeres nye oliefyr hvert år i perioden.

I omstillingselementet beregnes udskiftningen af oliefyr med varmepumper som et forbud eller et andet instrument, der sikrer, at der ikke sker flere nyinstallationer af oliefyr fra 2024. Det efterlader dog stadig nogle ældre oliefyr i bestanden i 2035, som ifølge Energistyrelsens *Teknologikatalog* har en levetid på 20 år. Derfor suppleres der i omstillingselementet med et generelt forbud eller anden forcering, der sikrer, at der ikke opvarmes med oliefyr i bygninger fra 2029. Dette år kunne også have været valgt anderledes, men da 2029 ligger midt i beregningsperioden kan beregningen repræsentere en tidligere eller senere udfasning af de resterende oliefyr i bestanden, som ikke kan udskiftes med en naturlig udskiftningstakt i perioden, men må forceres.

Med den valgte indfasning er det lagt til grund, at bygningsopvarmning med varmepumper er en kendt teknologi, som i forvejen har stor udbredelse i klimafremskrivningen, og det vurderes, at en yderligere konvertering er mulig. Indfasningsprofilen fremgår af nedenstående figur.



Figur 11 Bestand af oliefyr i baseline og i omstillingselementet

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

Energiforbrug

Reduktionen i drivhusgasudledningen stammer fra det reducerede olieforbrug og en lille merudledning fra det øgede elforbrug i starten af perioden.

Der tages udgangspunkt i et årligt standardvarmeforbrug på 18,1 MWh per bygning pr. år.¹¹⁶ Energiforbruget sammenholdes med en virkningsgrad for oliefyret på 93 pct.¹¹⁷ og antallet af konverterede anlæg hvert år i perioden. Reduktionen i udledningen fra olieforbrug beregnes ud fra CO₂-indholdet i det sparede olieforbrug.¹¹⁸

På samme vis sammenholdes energiforbruget med en virkningsgrad for varmepumpen på 345 pct.¹¹⁹ og antallet af konverterede anlæg hvert år i perioden. Den beskedne merudledning fra øget elforbrug beregnes ud fra Energistyrelsens *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, hvori der er små gennemsnitlige udledninger forbundet med elforbruget indtil 2029.

Resultater for drivhusgasreduktioner

De samlede reduktioner fordelt på forskellige mål og år i perioden ses af nedenstående tabel.

Tabel 28 Drivhusgasreduktioner ved øget konvertering af oliefyr til varmepumper til bygningsopvarmning i 2024-2035

mio. t CO ₂ e	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Samlet national reduktion	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
Reduktioner iht. EU-forpligtelser i 2021-2030												
ESR-sektorer	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
LULUCF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kilde: Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

I omstillingsselementet indgår ændret luftforurening som sideeffekt. Mængden af luftforurening fra øget elforbrug og sparet olieforbrug beregnes ud fra Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, 2022*.

Værdien af luftforurening fra øget elforbrug beregnes ud fra DCE, *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0, 2023*, fra kategorien *SNAP1 Energi og industri*.

Værdien af luftforurening fra sparet olieforbrug beregnes ud fra Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, 2022*, fra kategorien gasolie i husholdninger.

Eventuelle støjgener fra varmepumper og eventuelt merforbrug af plads i forhold til oliefyr indgår ikke i beregningen.

Resultater for sideeffekter

Den samlede værdi af sideeffekter ses i tabellen.

Tablet 29 Værdi af sideeffekter ved øget konvertering af oliefyr til varmepumper til bygningsopvarmning i 2024-2035

mio. kr.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Luftforurening fra øget elforbrug	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Luftforurening fra sparet olieforbrug	-0,8	-1,5	-1,9	-2,3	-2,5	-9,0	-7,9	-7,2	-6,5	-5,9	-5,2	-4,5
Sum	-0,7	-1,3	-1,8	-2,1	-2,4	-8,6	-7,5	-6,9	-6,3	-5,6	-5,0	-4,3

Anm.: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Investering

Oliefyret har i beregningen en teknisk levetid på 20 år, mens varmepumpen har en teknisk levetid på 16 år.¹²⁰ Der beregnes en annuieret omkostning for hver teknologi på baggrund af den respektive levetid som beskrevet i *Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger*.

Når der i omstillingsselementet indgår et instrument, der sikrer, at der ikke sker nyinstallationer af oliefyr fra 2024, anvendes kun merprisen for en ny varmepumpe i forhold til et nyt oliefyr. Men når der indgår en forceret udskiftning af resterende oliefyr i bestanden fra 2029, sker der en forceret udskiftning, inden oliefyret er udtjent, og derfor anvendes hele varmepumpens nypris for denne del. En eventuel scrapværdi af oliefyret betragtes dermed som sunk costs for samfundet i denne beregning.

Priserne er fra Energistyrelsens *Teknologikatalog 2023*. Der er anvendt priser for luft-vand-varmepumper.

Drift

Varmepumpen er lidt dyrere end oliefyret at vedligeholde ifølge Energistyrelsens *Teknologikatalog 2023*. Til gengæld er den langt billigere i energiforbrug. Olie- og elpriserne er fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. For elpriser er disse forhøjet med en værdi, der repræsenterer leveringsomkostningerne.¹²¹

Værdi af kvoter

Da udledningen fra det sparede olieforbrug reduceres i det kommende ETS2-område, er der indregnet en samfundsøkonomisk gevinst for hvert sparet ETS2-omfattet ton CO₂e i de pågældende år i perioden fra 2027, hvor kvotereguleringen forventes at have virkning fra.

Resultater for nettoomkostninger

Tabellen viser de samlede omkostninger fordelt på forskellige poster og år i perioden.

Tabel 30 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved øget konvertering af oliefyr til varmepumper til bygningsopvarmning i 2024-2035

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-2035 ¹
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	0	0	20	20	20	10	20	40	70	100	130	160	420
Samfundsøkonomisk omk. ekskl. sideeffekter (mio. kr.)	0	10	20	20	20	20	20	40	70	110	130	170	470
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)													400
Gennemsnitlig reduktionsomkostning ekskl. sideeffekter (kr./ton)													440

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Tal afrundet i tiere.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Da der er tale om kendt teknologi, vurderes beregningen at være mindre usikker end ved mange af de andre omstillingselementer. Der vil dog være usikkerheder forbundet med antagelser om oliefyrenes alder og om data anvendt for priser samt mængder og værdier af sideeffekter.

10 Elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen

Omstillingselementet omhandler elektrificering af olie- og gasproduktionen i Nordsøen. Det inkluderer for det første, at eldrevne maskiner forsynes af elnettet fra Danmark i stedet for at være forsynet af el fra gasturbiner på platformene. Dernæst inkluderer det, at gasdrevne maskiner elektrificeres.

Beregninger af reduktionspotentiale og omkostninger baserer sig på Energistyrelsens *Analyse af CO₂-reduktionspotentialer ved elektrificering af dansk olie- og gasproduktion i Nordsøen* (herefter AEDOG) fra april 2022.¹²² Beregningerne følger dermed ikke den nøjagtige fremgangsmåde i *Metodenotat om opgørelse af samfundsøkonomiske omkostninger*. I stedet tages der udgangspunkt i en justering af reduktionspotentialet og den samfundsøkonomiske nettonutidsværdi fra AEDOG, der bruges til at beregne en gennemsnitlig reduktionsomkostning, der kan sammenlignes med reduktionsomkostningen for øvrige omstillingselementer i nærværende analyse. Justeringen af Energistyrelsens beregning er foretaget med henblik på at øge konsistensen til andre omstillingselementer i analysen.

Samme reduktioner vil også kunne nås ved alternative virkemidler. Fx kan CCS på udvindingsfelterne også være en mulighed. Det er dog ikke undersøgt nærmere i AEDOG, og det er tilsvarende ikke med i nærværende analyse. CCS-potentialet på felterne er heller ikke medregnet i analysens øvrige CCS-potentiale.

Overbliksskema

Elementer i den samfundsøkonomiske analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">• Reduceret forbrug af fossil energi ved udvinding af olie og gas
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">• Reduceret luftforurening
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">• Investering i elkabler til udvindingsanlæg• Investering i maskiner til elektrificeret udvinding• Reduceret forbrug af olie og gas• Øget forbrug af el• Værdi af sideeffekter• Værdi af sparede ETS-kvoter

Energistyrelsens analyse

I AEDOG opereres der med tre typer elektrificeringsgrader og potentialer:

- **Grad 1, både gas- og eldrevne maskiner på felterne Tyra og Syd Arne:** Beskrives i AEDOG som "... betydelige CO₂-reduktionspotentialer på Tyra og Syd Arne, som vil kunne tilvejebringes med moderate investeringer i ombygning og udskiftning af maskinel". Reduktionspotentialet er her 0,44 mio. ton CO_{2e} i 2030.
- **Grad 2, eldrevne maskiner på felterne Halfdan og Dan:** Beskrives i AEDOG som "... relativt lettilgængelige, men også relativt beskedne CO₂-reduktionspotentialer ved elektrificering af elektrisk drevet udstyr på Halfdan og Dan." Reduktionspotentialet er her 0,1 mio. ton CO_{2e} i 2030.
- **Grad 3, gasdrevne maskiner på felterne Halfdan og Dan:** Beskrives i AEDOG som "... betydelige CO₂-reduktionspotentialer på Halfdan og Dan, som fordrer betydelige investeringer i ombygning og udskiftning af maskinel." Reduktionspotentialet er her 0,37 mio. ton CO_{2e} i 2030.

Felterne Gorm, Harald og Siri er ikke med i analysen, fordi de af forskellige årsager vurderes for dyre at elektrificere.

Elforsyningen til elektrificeringen kan tilvejebringes på forskellige måder. Det kan fx ske via et dedikeret kabel fra Danmark, et kabel fra en havvindmøllepark, der placeres nær ved indvindingsanlæggene, eller ved et kabel fra få nye havvindmøller i kombination med gasturbine-backup ved indvindingsanlæggene. I alt beskriver AEDOG syv forskellige

elforsyningsscenarier som i kombination med tre elektrificeringsgrader giver i alt 21 scenarievarianter, hvoraf AEDOG præsenterer 19 af disse.

Det følgende tager udgangspunkt i resultaterne for ét elforsyningsscenarie, som er et dedikeret kabel til Danmark (i AEDOG benævnt som *scenarie A2*). Dette er ét blandt to elforsyningsscenarier, som leverer de højeste reduktionseffekter til de laveste gennemsnitlige reduktionsomkostninger. For en mere detaljeret information om scenarievarianter og tekniske beskrivelser af muligheder henvises til AEDOG.

Startår, levetid og indfasningsprofil

Justering af reduktionspotentiale

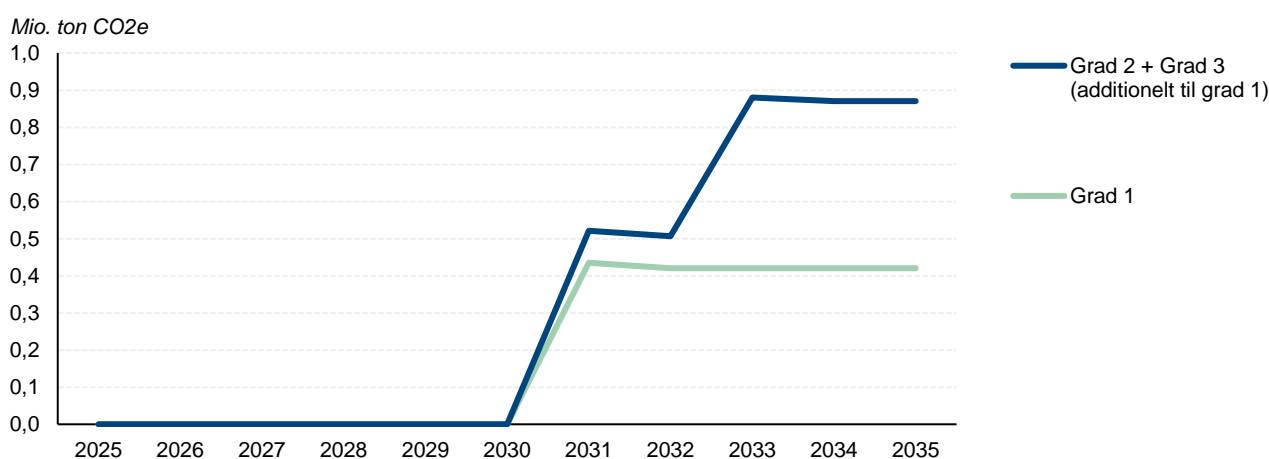
Det akkumulerede reduktionspotentiale for Grad 1, Grad 2 og Grad 3 er betinget af, hvor længe elektrificeringen har effekt frem mod en forventet gradvis nedlukning af olie- og gasproduktionen ultimo 2046. Desto længere tid der går, inden der foretages investeringer i kabler og maskiner mv., desto mindre bliver det akkumulerede reduktionspotentiale. Da der er gået to-tre år siden AEDOG blev offentliggjort, er det akkumulerede reduktionspotentiale faldet siden offentliggørelsen, og reduktionspotentialet justeres derfor i denne analyse.

I nærværende analyse er reduktionspotentialet justeret ved at antage, at Grad 1 og Grad 2 kan være i drift fra år 2031, mens Grad 3 kan være i drift fra år 2033. Dette er tre år senere end i AEDOG og medfører en fald i det akkumulerede reduktionspotentiale på cirka 20 pct. for hele restlevetiden. Det har betydning for beregningen af den gennemsnitlige reduktionsomkostning, som det fremgår i et senere afsnit.

Forsinkelsen af en potentiel elektrificering har ikke betydning for reduktionspotentialet i året 2035, da alle elektrificeringsgrader potentielt kan være i drift inden 2035. Dog har det betydning for budgetmålet i perioden 2031-2035, fordi Grad 3 potentielt først kan være i drift i år 2033, hvilket er lagt til grund her.

Figur 12 viser, at Grad 1 og Grad 2 antages at være i drift fra år 2031, mens Grad 3 antages at være i drift fra år 2033. Begge dele er i drift frem til en forventet nedlukning af udvindingsanlæggene ultimo 2046.

Analysen ser ikke på Grad 2 isoleret, da denne analyse finder den gennemsnitlige reduktionsomkostning uhensigtsmæssigt høj for dette trin alene. Som beskrevet i det forudgående finder Grad 2 (eldrevne maskiner), og Grad 3 (gasdrevne maskiner) sted på de samme felter (Halfdan og Dan), men reduktionspotentialet for Grad 2 er begrænset. Derfor er det relativt dyrt kun at vælge Grad 2, fordi elkablet til felterne, som udgør en betydelig investering i Grad 2, kun kan bruges til forsyne de relativt få maskiner, som allerede er eldrevne.



Figur 12 Indfasningsprofiler for elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen

Anm.: Kurverne har et lille fald. Det skyldes, at der løbende skrues ned for udvindingen af olie og gas.

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

Tabel 31 viser det årlige reduktionspotentiale frem til år 2035. Reduktionen stammer fra et reduceret forbrug af fossil energi.

Tabel 31 Drivhusgasreduktioner ved elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen i 2024-2035

mio. t CO ₂ e	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Grad 1		0,44	0,42	0,42	0,42	0,42
Grad 2+3		0,09	0,09	0,46	0,45	0,45
Samlet national reduktion		0,52	0,51	0,88	0,87	0,87

Anm.: Reduktionspotentialer fra AEDOG er aflæst fra en graf.

Kilder: Energistyrelsen¹²³ og Klimarådet.

Sideeffekter og deres værdisætning

I AEDOG medtages sideeffekter fra luftforurening ikke. I denne analyse er det imidlertid tilstræbt af inkludere effekten fra reduceret luftforurening.

Reduceret luftforurening ved mindre forbrug af fossil energi beregnes ud fra Energistyrelsens *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger*, 2022. Det antages, at emissionskoefficienten for fossil energi på platformene svarer til ledningsgas afbrændt i en gasturbine på et decentralt kraftvarmeværk. Effekten fra øget luftforurening fra øget elforbrug medtages ikke, men vurderes at være beskeden sammenlignet med effekten fra mindre forbrug af fossil energi.

Værdien af mindsket luftforurening beregnes ud fra DCEs *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*, 2023, fra kategorien *SNAP4 Industriens procesenergi*.

Resultater for sideeffekter

Værdien af reduceret luftforurening findes i tabel 32.

Tabel 32 Sideeffekter ved elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen i 2024-2035

mio. kr.	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Værdi af reduceret luftforurening (Grad 1)	0	0	0	0	0	-10	-9	-9	-9	-9
Værdi af reduceret luftforurening (Grad 2+3)	0	0	0	0	0	-2	-2	-10	-10	-10
Sum	0	0	0	0	0	-12	-11	-20	-19	-19

Anm.: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostning

Justering af nettonutidsværdi

I nærværende analyse antages det, at AEDOG's nettonutidsværdier fra 2022 er et nogenlunde retvisende skøn for nettonutidsværdierne, hvis de blev opgjort i dag. Antagelsen baserer sig på, at nettonutidsværdien i høj grad udgøres af investeringsomkostninger, og at behovet for og prisen på investeringer ikke har ændret sig siden analysen. Investeringerne skal med andre ord foretages, uanset om investeringen har en levetid på fx 18 eller 15 år. Dog omregnes estimatet i denne analyse til 2023-priser og der korrigeres ligeledes for, at AEDOG medregner et skatteforvriddningstab på

10 pct. i nettonutidsværdien, som jævnfør Finansministeriets vejledning ikke længere bør indregnes i denne type af analyser.

Gennemsnitlig reduktionsomkostning

Den gennemsnitlige reduktionsomkostning beregnes ved at fordele nettonutidsværdien ud på de tilbageværende reduktioner helt frem til år 2046. Den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton og den årlige samfundsøkonomiske omkostning, som er udregnet ved at gange den gennemsnitlige reduktionsomkostning med reduktionen i et givet år, kan findes i tabel 33.

I modsætning til AEDOG ser nærværende analyse på nettonutidsværdien og den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton ved at gå fra én grad til en anden og ikke samlet som i AEDOG, hvor Grad 3 både indeholder nettonutidsværdien og den gennemsnitlige reduktionsomkostningen for Grad 1, Grad 2 og Grad 3. I både AEDOG og i nærværende analyse er omkostningen for realiseringen af Grad 2+3 betinget af, at Grad 1 først er realiseret.

Tabel 33 Nettoomkostninger ved elektrificering af olie- og gasproduktion i Nordsøen i 2024-2035

	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024-35
Samfundsøkonomisk omkostning Grad 1, inkl. sideeffekter (mio. kr.)		500	500	500	500	500	2.400
Samfundsøkonomisk omkostning Grad 1, ekskl. sideeffekter (mio. kr.)		500	500	500	500	500	2.400
Samfundsøkonomisk omkostning Grad 2+3, inkl. sideeffekter (mio. kr.)		300	300	1.600	1.500	1.500	5.200
Samfundsøkonomisk omkostning Grad 2+3, ekskl. sideeffekter (mio. kr.)		300	300	1.600	1.500	1.500	5.300
Gennemsnitlig reduktionsomkostning Grad 1, inkl. sideeffekter (kr./ton)							1.100
Gennemsnitlig reduktionsomkostning Grad 1, ekskl. sideeffekter (kr./ton)							1.100
Gennemsnitlig reduktionsomkostning Grad 2+3, inkl. sideeffekter (kr./ton)							3.400
Gennemsnitlig reduktionsomkostning Grad 2+3, ekskl. sideeffekter (kr./ton)							3.400

Anm. 1: Den årlige samfundsøkonomiske omkostning er udregnet ved at gange den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton med reduktionen i et givet år. Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som summen af de enkelte år.

Anm. 2: Tal er afrundet i hundreder.

Kilder: Energistyrelsen¹²⁴ og Klimarådet.

Usikkerheder

Der er generelt store usikkerheder forbundet med beregningen af den gennemsnitlige reduktionsomkostning. I AEDOG anføres, at analysen "... har karakter af et konceptstudie" og at "... omkostningsestimaterne er af screeningsmæssig karakter og er behæftet med et usikkerhedsspænd på -30 pct./+50 pct." Da den gennemsnitlige reduktionsomkostning i nærværende analyse er baseret på nøgletal fra AEDOG, må usikkerheden derfor anses at være i samme størrelsesorden.

11 CO₂-fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren

CCS (Carbon Capture and Storage) er en teknologi, der sigter mod at reducere mængden af CO₂-udledning til atmosfæren fra forbrændingsanlæg, især som led i industrielle processer, affaldsforbrænding og energiproduktion. Teknologien omfatter tre hovedtrin: fangst, transport og lagring af CO₂. Først indfanges CO₂ fra kilder som kraftværker eller industrianlæg, ofte gennem kemiske processer. Derefter transporteres den indfangede CO₂ via rørledninger eller skibe til et egnet lagringssted, hvor CO₂'en lagres typisk i underjordiske geologiske formationer såsom udtømte olie- og gasfelter eller dybe saltlagre.

Omstillingselementet er kun et eksempel på omkostningerne ved at omstille industri, energi- og affaldssektoren. I praksis findes der andre løsninger, der vil kunne opnå samme reduktioner, og måske endda til en lavere pris. For eksempel kan affaldsreduktion – enten ved at producere mindre affald eller øge genanvendelsen – sænke udledningerne fra affaldsforbrænding markant. Ligeledes vil elektrificering af den fossile industri og energisektoren kunne medføre betydelige reduktioner i udledningerne. Klimarådet har dog ikke analyseret omkostningerne ved disse alternative tiltag. Omkostningsskønnet for CCS skal derfor ikke ses som en anbefaling til denne løsning, men snarere som et eksempel på omkostningerne ved omstilling i disse sektorer.

Nedenfor gennemgås anvendte forudsætninger og metode, der har været anvendt til at skønne over effekterne ved øget udbredelse af CCS. Elementerne i den samfundsmæssige analyse er hertil opsummeret i nedenstående overbliksskema.

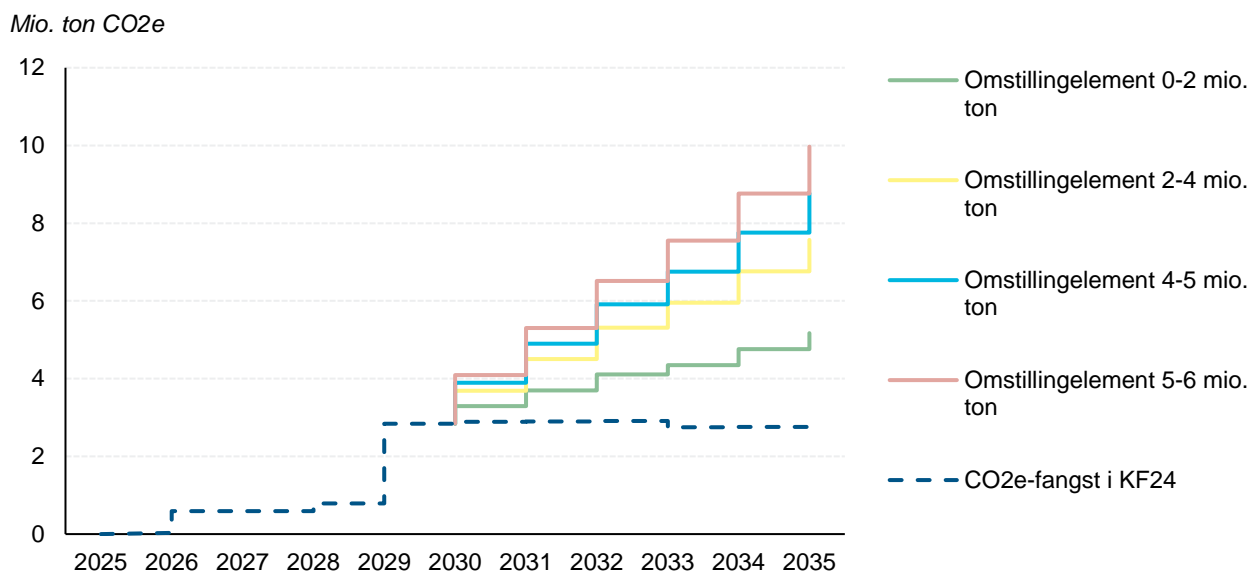
Elementer i den samfundsmæssige analyse	
Drivhusgasreduktion	<ul style="list-style-type: none">Fangst og lagring af fossil og biogen CO₂ (reduktioner og negative udledninger)
Sideeffekter	<ul style="list-style-type: none">El og varmeforbrug til fangst af CO₂ (øget luftforurening)
Nettoomkostninger	<ul style="list-style-type: none">Investering i fangstanlæg (omk.)Drift af fangstanlæg (omk.)Lagringsomkostninger (omk.)Værdi af sideeffekterVærdi af sparede ETS1-kvoter

Startår, levetid og indfasningsprofil

Før CO₂ kan indfanges, er det nødvendigt at bygge et fangstanlæg ved udledningskilden. CO₂-fangst kræver derfor en anlægsfase, før initiativet kan få effekt, og anlægget vil have en begrænset levetid. Analysen fokuserer derfor på de samfundsmæssige omkostninger ved at anlægge CCS-anlæg fra 2027, med idriftsættelse planlagt mellem 2030 og 2035, og en gennemsnitlig levetid på 20 år.

Til sammenligning følger Energistyrelsens *Teknologikatalog* antagelser om en gennemsnitlig anlægsfase på 3 år og en levetid på 25 år. Korrektion af levetid i analysen bygger på forventninger fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024* om, at flere udledningskilder vil lukke inden for de næste 25 år og dermed ikke kan udnytte CCS-anlæggene fuldt ud. Da Klimarådet ikke har adgang til detaljerede data om udledningskilderne, antages det derfor i stedet, at anlæggene i gennemsnit kun udnyttes 80 pct. af deres levetid. Tilsvarende er antagelser om den gennemsnitlige anlægsfase på 3 år justeret på baggrund af en vurdering af, at der kan være forhold, der forsinker opførelsen eller reducerer fangstanlæggets levetid, såsom barrierer i udbuddet og komplikationer i anlægsfasen.

Der er desuden betydelige forskelle i karakteristika mellem de forskellige udledningskilder, hvilket påvirker både hvor meget CO₂, der kan reduceres, og omkostningerne ved at opnå disse reduktioner. For at tage højde for dette, er der beregnet fire forskellige reduktionsniveauer i 2035: 0-2 mio. ton, 2-4 mio. ton, 4-5 mio. ton og 5-6 mio. ton. Indfasningskurverne for hvert af disse niveauer, baseret på ovennævnte antagelser, fremgår af figur 13, som viser de analyserede reduktionsniveauer.



Figur 13 CO₂-fangst og lagring i baseline og i omstillingselementet

Kilde: Klimarådet.

Drivhusgasreduktioner

CCS kan både bruges på fossile og biogene udledningskilder. Ved anvendelse på fossile kilder tæller det, med efterfølgende lagring, som en reduktion i udledningsregnskabet, mens det ved anvendelse på biogene kilder, med efterfølgende lagring, tæller som en negativ udledning.

I analysen af CCS som omstillingselement fokuseres der på CCS-anlæg ved industrianlæg, kraftvarmeanlæg, raffinaderier, affaldsforbrændingsanlæg og biogasanlæg med årlige udledninger på over 50.000 ton. I alt opfylder 41 anlæg denne betingelse og samlet set forventes deres udledninger at være 9,3 mio. ton CO₂ i 2035 – heraf 5,9 mio. ton biogene udledninger og 3,4 mio. ton fossile udledninger. Med en antaget fangstrate på 90 pct., som også anvendes i Energistyrelsens *Teknologikatalog*¹²⁵, vil det teoretisk være muligt at indfange 8,4 mio. ton CO₂ ved fuld udnyttelse af potentialet.

Derudover er der afsat puljemidler til CCS, som endnu ikke er udmøntet og derfor ikke er knyttet til en specifik sektor i klimafremskrivningen. Disse skønnes i *Klimastatus- og fremskrivning 2024* at give en reduktion på 2,3 mio. ton. Midlerne medregnes derfor i det samlede grundforløb, hvoraf det antages, at de vil blive tildelt de anlæg med de laveste omkostninger ved CCS. Når der tages højde for disse endnu ikke udmøntede men afsatte midler, nedjusteres det samlede reduktionspotentiale fra 8,4 mio. ton CO₂ til 6 mio. ton CO₂.

Dette teoretiske potentiale danner grundlag for de fire analyserede reduktionsniveauer i 2035: 0-2 mio. ton, 2-4 mio. ton, 4-5 mio. ton og 5-6 mio. ton. Nedenfor uddybes de konkrete forudsætninger, der er lagt til grund for de enkelte sektorer, som har været anvendt til at beregne det samlede reduktionspotentiale.

Kraftvarme- og affaldsforbrændingsanlæg

Anlægsdata for kraftvarme- og affaldsforbrændingsanlæg er hentet fra Energistyrelsens *Energiproducenttælling*, som indeholder en omfattende database over anlæggenes energiproduktion, fordelt på forskellige fossile og biogene brændsler, samt anlæggenes størrelse målt i makskapacitet. Kraftvarme- og affaldsforbrændingsanlæggenes udnyttelsesgrad antages at følge udnyttelsesgraderne i seneste observationsår 2022, og varierer således på tværs af udledningskilderne. Udledningerne fra anlæggene er beregnet ud fra emissionsfaktorer for de forskellige energiinput, som er hentet fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Anlæggenes udledninger er derefter fremskrevet baseret på samme kilde.

Industri (herunder cement og raffinaderier)

For industrien er der taget udgangspunkt i udledningerne fra fem konkrete anlæg – Nordic Sugar, DanSteel, Aalborg Portland, Kalundborg Raffinaderi og Shell Raffinaderi, hvis udledninger sammenlagt i 2022 udgjorde 2,9 mio. ton CO₂. Udledningerne er derefter kalibreret således at de afspejler udviklingen i udledningerne fra industrisektoren (herunder raffinaderier) fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Dertil antages det ud fra et forsigtighedsprincip, at kun tre fjerdele af udledningerne fra raffinaderier kan indfanges. Det skyldes en vurdering af særlig stor heterogenitet i anlægsopbygningen, som for raffinaderier består af flere små udledningskilder. Desuden er der foretaget skøn over udnyttelsesgrader, som er sat til 90 pct. i analysen.

Biogas

Potentialet for CO₂-fangst fra biogasopgraderingsanlæg fastsættes på baggrund af *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Der er beregnet et overslag på udledt CO₂ pr. opgraderet mængde biogas, med antagelsen om, at opgraderingsanlæggene kører med en udnyttelsesgrad på 80 pct.

Sideeffekter og deres værdisætning

Fangst af CO₂ medfører et betydeligt elforbrug. Se afsnit under nettoomkostninger for en uddybning. En del af den anvendte elektricitet antages at komme fra ikke-grønne teknologier frem til 2035. Det medfører eksterne omkostninger i form af øget luftforurening og deraf forringet folkesundhed. El-emissionsfaktorer for luftforurening følger her Energistyrelsens *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner*, mens værdisætningen af den øget luftforurening fastsættes på baggrund af DCEs *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*.

Der anvendes desuden forskellige skadeomkostningsværdier, afhængigt af om anlægget selv kan levere strømmen, eller om anlægget skal forbruge strøm fra elnettet. Det antages, at kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsværker selv kan levere strømmen, mens øvrige værker skal forbruge den fra elnettet.

Resultater for sideeffekter

Den samlede værdi af sideeffekter fremgår af tabel 34, som viser relativt små sideeffekter ved CCS. Dette skyldes, at kun en lille del af den samlede elproduktion forventes at være baseret på fossile brændsler efter 2030. Dog er eventuelle sideeffekter ved transport af CO₂ ikke medtaget. Hvis CO₂'en fx transporteres med lastbiler, vil dette kunne øge sideeffekterne. Tilsvarende er der heller ikke medtaget eventuelle geneomkostninger ved at bo tæt på et CCS-anlæg.

Tabel 34 Sideeffekter ved CO₂-fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren i 2024-2035

Mio. kr.	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
CCS 0-2 mio. ton	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2
CCS 2-4 mio. ton	0	0	0	0	-1	-3	-4	-5	-7
CCS 4-5 mio. ton	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-3
CCS 5-6 mio. ton	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Anm.: Negative værdier udtrykker gevinster.

Kilde: Klimarådet.

Nettoomkostninger

Størstedelen af omkostninger ved fangst og lagring af CO₂ udgøres af anlægsinvesteringen, drifts- og vedligeholdelse af fangstanlægget, energiforbrug, kvotebesparelser, samt transport og lagring af CO₂'en. Nedenfor gennemgås antagelser og forudsætninger til at beregne disse.

Det bemærkes, at der også kan være løbende indtægter fra klimakreditter, som det var tilfældet ved første CCS-udbudsrunde, eller alternativomkostninger ved anvendelse af biogen CO₂. Der ses dog bort fra disse i nettoomkostningsberegningen.

Anlægsinvestering

Omkostninger til anlægsinvesteringen afhænger af fangstanlæggets størrelse. Det antages deraf, at større anlæg vil have stordriftsfordele ved CCS. Energistyrelsens har i *Teknologikatalog for kulstoffangst, -transport og -lagring* estimeret denne sammenhæng på baggrund af data for allerede etablerede udenlandske CCS-projekter. Investeringsomkostningen angives ud fra en dimensioneringsfaktor gange med kvadratroden af anlægget størrelse, beskrevet ved følgende lineære regression (omregnet til danske 2023-priser):

$$\text{Investeringsomkostning} = 240 \text{ mio. kr.} * \sqrt{\text{Ton CO}_2 \text{e opfanget pr. time}} \quad (1)$$

Anlæg med flere ovnlinjer på samme adresse antages, med en vis usikkerhed, at kunne dele samme CCS-enhed. I praksis kan der dog være tilfælde, hvor dette ikke er muligt – for eksempel hvis det viser sig omkostningsfyldt at transportere CO₂'en. Dette vil mindske muligheden for at opnå stordriftsfordele. Omvendt kan der også opstå situationer, hvor anlæggene formår at udnytte kapaciteten på enkelte ovnlinjer med CCS bedre, hvilket vil trække i den modsatte retning. Usikkerhederne trækker dermed i begge retninger, hvorfor Energistyrelsens dimensioneringsfaktor i denne analyse anvendes til approksimere stordriftsfordelene.

Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger

Da det ikke har været muligt at vurdere de økonomiske forhold for hver enkelt udledningskilde, antages det i beregningerne, at driften af det udledende anlæg forbliver uændret ved etablering af CCS. I praksis kan nogle udledningskilder dog reducere driften over tid, fx hvis de bliver udtjente eller efterspørgslen falder, mens andre måske øger driften for at indfange mere CO₂. For at afspejle dette er det samlede reduktionspotentiale kalibreret, så det følger *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, hvor en generel aktivitetsnedgang er indregnet. Den gennemsnitlige levetid for fangstanlægget er desuden sat til 80 pct. af den i Energistyrelsens *Teknologikatalog*, for at afspejle, at der vil være nogle kilder, der vil lukke før fangstanlæggets endte levetid.

De øgede omkostninger, der er ved at drifte et fangstanlæg, er dernæst opdelt i kapacitets- og variable omkostninger:

- *Kapacitetsomkostninger* er uafhængige af mængden af fanget CO₂. De afhænger af anlæggets størrelse og skal betales, uanset anlæggets drift. Disse inkluderer blandt andet administration, driftspersonale, serviceaftaler og forsikring. De faste omkostninger er estimeret til 1,1 mio. kr. pr. kapacitet målt i indfanget ton pr. CO₂ i timen.
- *Variable driftsomkostninger* øges med mængden af fanget CO₂. De er relateret til den daglige drift af anlægget og omfatter udgifter til hjælpematerialer som vand, smøremidler og brændstoftilsætningsstoffer, samt behandling og bortskaffelse af restprodukter, reservedele og reparationer. Disse omkostninger er fastsat til 20 kr. pr. ton indfanget CO₂.

Der vil derudover være løbende udgifter til energi, når der indfanges CO₂. Først kræver CO₂-fangsten elektricitet, som ifølge Energistyrelsens *Teknologikatalog*¹²⁶ er cirka 0,03 MWh for hvert ton CO₂, der indfanges. Derudover skal der bruges varme til fangsten af CO₂. Det antages, at den mængde varme, som bruges til CCS, og som dermed ikke kan leveres til fjernvarmenettet, erstattes af en tilsvarende mængde varme fra en varmepumpe, således at den samlede fjernvarmeleverance holdes uændret i beregningerne. Varmepumpen kræver dog ekstra elektricitet, som fastsættes til 0,05 MWh pr. indfanget ton CO₂. Det samlede elforbrug pr. ton CO₂ bliver dermed 0,08 MWh.

Dertilhørende elpriser er hentet fra *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, der indeholder priser på timeniveau for hele året. Elpriserne er derefter brugt til en regne gennemsnitlig timepris, der skal afspejle, at anlægget driftes jævnt over døgnet timer hele året rundt.

Transport og lagring af CO₂

Omkostningerne til transport og lagring af CO₂ er med stor usikkerhed anslået til 341 kr. pr. ton CO₂ (2023-priser) om året, baseret på et gennemsnitsskøn fra EA Energianalyse.¹²⁷ I praksis vil omkostningerne dog variere afhængigt af fangstkildernes placering, da faktorer som afstand til lageret og transportmuligheder (rørledning, lastbil eller skib) spiller

en væsentlig rolle. På grund af manglende information om kildernes præcise placering og transportmuligheder har det ikke været muligt at foretage et mere præcist skøn. Dette medfører betydelig usikkerhed for skønnene på anlægsniveau. Usikkerhederne trækker dog i begge retninger, hvorfor de samlede usikkerheder alt andet lige forventes reduceret ved aggregerede resultater.

Sparede kvoteudgifter

Forbrændingsanlæg, der udleder fossilt CO₂, betaler i dag for CO₂-kvoter. Hvis de etablerer et CCS-anlæg, vil de kunne spare ETS1-kvoteudgifter svarende til den mængde CO₂, de indfanger.

Resultater for nettoomkostninger

Analysen viser, at CCS har et stort potentiale frem mod 2035 og forventes at kunne reducere CO₂-udledningen med op til 6 mio. ton ud over analysens baseline.

De første reduktioner kan opnås til en forholdsvis lav omkostning på omkring 800 kr. pr. ton. Det er især affaldsforbrændingsanlæg og industrianlæg, der ligger inden for dette skøn. De lave omkostninger skyldes, at mange af anlæggene er store nok til at opnå stordriftsfordele, samt at en stor del af deres udledninger er fossile. Dette betyder, at de kan spare penge på kvoter for disse udledninger. Ligeledes medfører en voksende kvotepris over tid større indtægter fra kvotebesparelser, og deraf et fald i de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. Det modsvares dog af indfasningsprofilen i beregningerne, hvorfor nettoomkostningerne samlet set er voksende med reduktionspotentialerne.

For reduktioner fra 2 mio. ton og derover vil det i denne analyse især være kraftvarmeanlæg og mindre effektive affaldsforbrændingsanlæg, der vil etablere CCS. De anlæg, der har de laveste omkostninger, er dem med høj udnyttelsesgrad og tilstrækkeligt fangstpotentiale til at drage fordel af stordriftsfordele, samt fossile udledninger, som giver mulighed for at spare kvoter. Der er et betydeligt spænd i omkostningerne for disse, hvor reduktioner fra 2 til 4 millioner ton kan opnås til en pris på 1.100 kr. pr. ton, mens de sidste reduktioner fra 5 til 6 millioner ton vil koste omkring 1.900 kr. pr. ton.

Det skal bemærkes, at de gennemsnitlige reduktionsomkostninger pr. ton for CCS er beregnet uden at medregne anlægsfasen. Dette betyder, at den nettonutidsværdi, der er anvendt til at beregne den gennemsnitlige reduktionsomkostning, adskiller sig fra den nettonutidsværdi, der er angivet i tabel 35. Justeringen er foretaget, fordi analysen fokuserer på perioden 2024 til 2035. Da anlægget først antages påbegyndt i 2027 med en anlægsfase på 3-8 år, vil anlægsomkostningerne i fravær af justeringen få en uforholdsmæssig høj vægt i beregningen af den gennemsnitlige reduktionsomkostning.

Tabel 35 Samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved CO₂-fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren i 2024-2035

Omstilling selement	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2024- 2035 ¹
CCS 0-2 mio. ton										
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.400	1.600	1.700	1.800	1.900	10.200
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)										800
CCS 2-4 mio. ton										
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	600	600	600	600	1.000	1.500	1.900	2.300	2.700	8.800
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)										1.100
CCS 4-5 mio. ton										
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	500	500	500	500	800	1.100	1.400	1.600	1.900	6.600
Gennemsnitlig reduktionsomkostning inkl. sideeffekter (kr./ton)										1.200
CCS 5-6 mio. ton										
Samfundsøkonomisk omk. inkl. sideeffekter (mio. kr.)	1.100	1.100	1.100	1.100	1.500	1.900	2.300	2.700	3.000	12.000

Gennemsnitlig reduktionsomkostning
inkl. sideeffekter (kr./ton)

1.900

Anm. 1: Den samlede reduktionsomkostning for perioden 2024-2035 er beregnet som nettonutidsværdien af de årlige samfundsøkonomiske omkostninger. For at finde den gennemsnitlige reduktionsomkostning pr. ton divideres denne værdi med de samlede reduktioner i perioden.

Anm. 2: Beregningerne er korrigeret for endnu ikke udmøntede, men afsatte CCS-midler. Det er antaget, at udmøntningen sker til de anlæg med laveste gennemsnitlige reduktionsomkostninger ved CCS. Disse er derefter fraregnet det samlede potentiale.

Kilde: Klimarådet.

Usikkerheder

Der er betydelig usikkerhed ved at skønne de fremtidige reduktionsomkostninger for CCS. For det første er der usikkerhed omkring den teknologiske udvikling og den praktisk mulige opskalering, da anvendelse af CCS i større skala fortsat er relativt nyt. For det andet er der tale om betydelige anlægsprojekter, hvilket i sig selv medfører store usikkerheder. For det tredje er det uklart, hvordan energi- og industrianlæggenes drift vil blive påvirket af etablering af CCS, eftersom etableringen kan skabe incitament til at øge antallet af driftstimer. For det fjerde af der store usikkerheder om de enkelte punktkilders restlevetid. Endelig er der usikkerhed om, hvor meget biomasse der potentielt kan allokere til anlæg, der etablerer CCS, samt ved den fremtidige pris på biomasse og biogen CO₂.

Følsomhedsberegninger

For at belyse de omkostningsmæssige usikkerheder ved CCS er der udarbejdet en række følsomhedsberegninger, som præsenteres i de følgende afsnit. Beregningerne, der er opsummeret i tabel 36, viser, at ændringer i enkelte variable kan føre til betydelige udsving i reduktionsomkostningerne. Eksempelvis viser de laveste følsomhedsværdier omkostninger på ned til 300 kr. pr. ton CO₂ for de første millioner ton og 1.600 kr. for de sidste. Med en så lav pris kan CCS være blandt de billigste teknologier til CO₂-reduktion frem mod 2035. Omvendt viser de højeste følsomheder omkostninger på op til 1.200 kr. pr. ton CO₂ for de første millioner ton og 2.600 kr. for de sidste. Hvis disse omkostninger realiseres, vil det kun være omkostningseffektivt at udnytte en begrænset del af CCS-potentialet, da samme reduktioner vil kunne opnås med alternative og betydeligt billigere omstillingsselementer.

Tabel 36 Følsomhedsberegninger af omkostninger ved CO₂-fangst og -lagring i energi-, industri- og affaldssektoren

	Centralskøn	Nedre følsomhed	Øvre følsomhed
Kvotepris		<i>Dobbelt kvotepris</i>	<i>Halv kvotepris</i>
CCS 0-2 mio. ton	800	300	1.000
CCS 2-4 mio. ton	1.100	1.000	1.100
CCS 4-5 mio. ton	1.200	1.100	1.300
CCS 5-6 mio. ton	1.900	1.900	2.000
Anlægsinvestering		<i>Halv anlægsinvestering</i>	<i>Dobbelt anlægsinvestering</i>
CCS 0-2 mio. ton	800	600	1.200
CCS 2-4 mio. ton	1.100	1.000	1.400
CCS 4-5 mio. ton	1.200	1.000	1.600
CCS 5-6 mio. ton	1.900	1.600	2.600
Transport og lagring	<i>400 kr. pr. ton CO₂</i>	<i>200 kr. pr. ton CO₂</i>	<i>800 kr. pr. ton CO₂</i>
CCS 0-2 mio. ton	800	100	900
CCS 2-4 mio. ton	1.100	900	1.600
CCS 4-5 mio. ton	1.200	1.000	1.700
CCS 5-6 mio. ton	1.900	1.700	2.500

Anm.: Tal er afrundet i hundreder. Afsatte midler til CCS i baseline, der endnu ikke er udmøntet, er fraregnet.

Kilde: Klimarådet.

Følsomhed vedrørende kvotepris

Anlæg med fossile udledninger kan spare kvoteudgifter, hvis de etablerer CCS. Den aktuelle kvoteregulering differentierer dog mellem CO₂ fra fossile og biogene brændsler, hvor sidstnævnte ikke opnår kvotebesparelser. Det betyder, at kvoteprisen både påvirker fangstprisen og hvilke anlæg, det vil være billigst at etablere CCS på. Der er derfor udarbejdet følsomheder for kvoteprisen, som henholdsvis hæves til det dobbelte og reduceres til det halve af det centrale skøn.

Ved en højere kvotepris bliver de første reduktioner markant billigere. Dette skyldes, at en ændring i kvoteprisen primært påvirker anlæg med fossile udledninger. Her vil affaldsforbrænding og cementproduktion, som allerede vurderes at være blandt de billigste punktkilder, opnå de største besparelser, ligesom flere anlæg, der anvender fossile brændsler, også vil være at finde blandt de mest omkostningseffektive. På samme måde vil der ved en lavere kvotepris være mindre forskel mellem omkostningerne for de første og de sidste ton reduktioner.

Følsomhed vedrørende anlægsinvestering

Anlægsinvesteringen for CCS kan variere markant afhængigt af punktkildens karakteristika såsom anlæggets størrelse, antal forbrændingsovne og koncentrationen af CO₂ i røggassen. Disse forhold gør det vanskeligt at estimere anlægsomkostningerne præcist. Derfor er følsomhedsberegninger gennemført, hvor anlægsomkostningerne er henholdsvis halveret og fordoblet i forhold til det centrale skøn.

Hvis investeringen fordobles, vil de faste omkostninger udgøre en større andel af de samlede reduktionsomkostninger, hvilket især gør de sidste millioner ton CO₂ betydeligt dyrere at reducere. Dette har særlig betydning for anlæg med lav udnyttelsesgrad, hvor en stor del af omkostningerne til CCS vil være bundet i installationen, hvilket medfører højere enhedsomkostninger pr. ton CO₂. Omvendt, hvis anlægsomkostningerne halveres, reduceres de samlede omkostninger betydeligt, særligt for anlæg med lav drift.

Følsomhed omkostninger til transport og lagring

Transport- og lagringsomkostningerne afhænger af faktorer som transportmetode (fx rør, skib eller lastbil) og afstanden mellem udledningskilden og den nærmeste lagringsfacilitet, hvilket medfører betydelig variation i omkostningerne på tværs af fangstkilder. I basisberegningen er omkostningerne anslået til i gennemsnit at udgøre knap 400 kr. pr. ton CO₂. For at illustrere variationen i omkostningerne, er der lavet følsomheder for omkostninger til transport og lagring på henholdsvis 200 kr. og 800 kr. pr. ton.

Variationen i transport- og lagringsomkostninger afspejler, at nogle anlæg har adgang til billigere transport og lagring, særligt dem der ligger tæt på lagringssteder eller har adgang til rørledninger, mens andre kan stå over for betydeligt højere omkostninger, hvis transporten kræver længere afstande eller mere kompleks logistik. Disse forskelle kan påvirke CCS's samlede omkostningseffektivitet betydeligt, hvor anlæg med høje transport- og lagringsomkostninger vil se en mindre økonomisk fordel af teknologien.

Hvem har vi talt med?

I arbejdet med analysen har Klimarådet og Klimarådets sekretariat haft drøftelser med en række organisationer og eksperter:

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Finansministeriet, DMI, DREAM, CONCITO, De Økonomiske Råds Sekretariat, Dansk Industri, Brian H. Jacobsen (Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet), Morten Ambye-Jensen (Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet).

Referencer

- ¹ Energistyrelsen, *Analyse af CO₂-reduktionspotentialer ved elektrificering af dansk olie- og gasproduktion i Nordsøen*, 2022.
- ² Regeringen m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- ³ Klimarådet, *Klimavenlig mad og forbrugeradfærd*, 2021.
- ⁴ Jørgensen, U. m.fl., *Green biorefining of grassland biomass*, 2021.
- ⁵ Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, *Grøn bioraffinering – støttede projekter*, 2024, (<https://gudp.lbst.dk/vores-projekter/groen-bioraffinering>).
- ⁶ Jørgensen, U. m.fl., *Green biorefining of grassland biomass*, 2021.
- ⁷ Miljø- og Fødevarerministeriet Miljøstyrelsen, *Rapport om forretningspotentialet for bioraffinering på basis af økologisk jordbrugsproduktion*, 2017, (<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/02/978-87-93614-63-5.pdf>).
- ⁸ Jensen, J. D. m.fl., *Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering*, 2018.
- ⁹ Andersen m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- ¹⁰ Andersen m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- ¹¹ Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2023: Forbrug og sammensætning af transportbrændstoffer, sektornotat nr. 4B*, 2023, (https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf23_4b_sektornotat_forbrug_og_sammensaetning_af_transpo rtbraendstoffer.pdf).
- ¹² Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, *Go-Grass*, 2024, (<https://www.go-grass.eu>).
- ¹³ Jensen, J. D. m.fl., *Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering*, 2018.
- ¹⁴ Jørgensen, U. m.fl., *Green biorefining of grassland biomass*, 2021.
- ¹⁵ Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2022 - Emissionsfaktorer for vejtransporten pr km*, 2022.
- ¹⁶ Andersen et al., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- ¹⁷ Hasler, B. og Jacobsen, B.H., *Økonomiske konsekvensberegninger for vandrammedirektivet i 2027 Sammenligning af resultater fra de økonomiske modeller SMART og TargetEconN*, 2022.
- ¹⁸ Klimarådet, *Danmarks Fremtidige Arealanvendelse*, 2024
- ¹⁹ Europa-Parlamentet og Rådet, *Direktiv 2000/60/EF fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger*, 2000.
- ²⁰ Winter, M., *Energy consumption and emissions from non-road machinery in Denmark*, 2023.
- ²¹ Winter, M., *Energy consumption and emissions from non-road machinery in Denmark*, 2023.
- ²² Brandt, J. m.fl., *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*, 2023
- ²³ Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner*, 2022.
- ²⁴ Brandt, J. m.fl., *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*, 2023
- ²⁵ DTU Management, *TERESA og Transportøkonomiske Enhedspriser*, 2024, (www.man.dtu.dk/myndighedsbetjening/teresa-og-transportoekonomiske-enhedspriser).
- ²⁶ Andersen, M.N. m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- ²⁷ Jensen, J. D. m.fl., *Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering*, 2018.
- ²⁸ Farmtal Online, *Budgetkalkuler fra 2019-2024*, 2024, (<https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>).
- ²⁹ Jensen, J. D. m.fl., *Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering*, 2018.
- ³⁰ Jacobsen, Brian H., *Personlig kommunikation*, 2024
- ³¹ Jørgensen, U. m.fl., *Green biorefining of grassland biomass*, 2021.
- ³² Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ³³ Regering, m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- ³⁴ Europakommissionen, *EU's biodiversitetsstrategi for 2030. Naturen skal tilbage i vores liv*, 2020.
- ³⁵ Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ³⁶ Biodiversitetsrådet, *Årsrapport 2023*, 2023.
- ³⁷ Landbrugsstyrelsen, *Permanent Ekstensivering*, 2024 (<https://lbst.dk/tilskud/tilskudsguide/2014-22/permanent-ekstensivering>)
- ³⁸ Regering m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.

-
- 39 Biodiversitetsrådet, *Årsrapport 2023*, 2023.
- 40 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024 Landbrugsprocesser, arealer og skov Sektorforudsætningsnotat*, 2024.
- 41 Naturstyrelsen, *Urørt skov*, 2024, (<https://naturstyrelsen.dk/vildere-natur/uroert-skov>).
- 42 Nord-Larsen, T. m.fl., *Forest Carbon Pool Projections 2024*, 2024.
- 43 Nord-Larsen, T. m.fl., *Skovstatistik 2020*, 2021.
- 44 Sekretariatet for Trepartsaftale, personlig kommunikation, 9. september 2024.
- 45 Regering m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 46 Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- 47 Biodiversitetsrådet, *Årsrapport 2023*, 2023.
- 48 Regering m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 49 Klimarådet, *Høringsvar vedrørende udkast til national handlingsplan for biodiversitet*, 2024.
- 50 Johannsen, V.K. m.fl., *Kulstofbinding ved skovrejsning*, 2020.
- 51 Andersen m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- 52 Andersen m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- 53 Andersen m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- 54 Lundhede, T. m.fl., *Økonomiske konsekvenser af skovrejsning med klimaformål*, 2022.
- 55 Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2023: Forbrug og sammensætning af transportbrændstoffer, sektornotat nr. 4B*, 2023.
- 56 Mogensen, L. et al., *Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg*, 2018.
- 57 Winter, M., *Energy consumption and emissions from non-road machinery in Denmark*, 2023.
- 58 Brandt, J. m.fl., *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2023
- 59 Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri, *Miljøøkonomiske nøgletalskatalog*, 2014.
- 60 Eriksen, J. m.fl., *Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet*, 2020.
- 61 Lundhede, T. m.fl., *Økonomiske konsekvenser af skovrejsning med klimaformål*, 2022.
- 62 Eriksen, J. m.fl., *Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet Bilag 1*, 2020
- 63 Lundhede, T.H. m.fl., *A hedonic analysis of the complex hunting experience*, 2015.
- 64 Petersen, A. H. m.fl., *Mere, bedre og større natur i Danmark. Hvor, hvordan og hvor meget?*, 2024.
- 65 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- 66 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024 – dataark LULUCF*, 2024.
- 67 Regering m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 68 Johannsen, V.K. m.fl., *Kulstofbinding ved skovrejsning*, 2020.
- 69 Andersen, M.N. m.fl., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024*, 2024.
- 70 Lundhede, T. m.fl., *Økonomiske konsekvenser af skovrejsning med klimaformål*, 2022.
- 71 Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2023: Forbrug og sammensætning af transportbrændstoffer, sektornotat nr. 4B*, 2023.
- 72 Mogensen L. m.fl., *Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg*, 2018.
- 73 Winter, M., *Energy consumption and emissions from non-road machinery in Denmark*, 2023.
- 74 Brandt, J. m.fl., *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0*, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2023
- 75 Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri, *Miljøøkonomiske nøgletalskatalog*, 2014.
- 76 Eriksen, J. m.fl., *Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet*, 2022.
- 77 Eriksen, J. m.fl., *Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet Bilag 1*, 2020.
- 78 Lundhede, T. m.fl., *Økonomiske konsekvenser af skovrejsning med klimaformål*, 2022.
- 79 Lundhede, T. m.fl., *A hedonic analysis of the complex hunting experience*, 2015.
- 80 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- 81 Klimarådet, *Danmarks klimamål i 2050*, 2024.
- 82 Regering m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024; Regering m.fl., *Aftale om et Grønt Danmark*, 2024; Ekspertgruppen for en grøn skattereform, *Grøn Skattereform - Endelig rapportering*, 2024.
- 83 Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- 84 DREAM, *GrønREFORM*, i.d. (<https://dreamgruppen.dk/modeller-og-metoder/groenreform>).
- 85 Ekspertgruppen for en grøn skattereform, *Grøn Skattereform - Endelig rapportering*, 2024; De økonomiske råd, *Økonomi og Miljø*, 2020.
- 86 Regeringen m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 87 Regeringen m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 88 Regeringen m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- 89 Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- 90 Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.

-
- ⁹¹ Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- ⁹² Hansen, V. og Petersen, C.J., *Værdien af gener forbundet med at bo i nærheden af en svinebedrift – Værdisætning ved hjælp af husprismetoden*, 2003.
- ⁹³ Ekspertgruppen for en grøn skattereform, *Grøn Skattereform - Endelig rapportering*, 2024.
- ⁹⁴ Stephensen, P., *Velfærdsmål i GrønREFORM – teknisk note*, 2024.
- ⁹⁵ Dalgaard, T.N, *Velfærdseffekter ved drivhusgasbeskatning – baggrundsnote*, 2023.
- ⁹⁶ Ekspertgruppen for en grøn skattereform, *Grøn Skattereform - Endelig rapportering*, 2024.
- ⁹⁷ Personlig kommunikation med Finansministeriet.
- ⁹⁸ Klimarådet, *Klimavenlig mad og forbrugeradfærd*, 2021.
- ⁹⁹ Klimarådet, *Danmarks klimamål i 2050*, 2024.
- ¹⁰⁰ Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- ¹⁰¹ Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- ¹⁰² Gaulier, G. og Zignago, S., *BACI: International Trade Database at the Product-level: The 1994-2007 Version*, 2010.
- ¹⁰³ Fontagné, L., m.fl., *Tariff-based product-level trade elasticities*, 2022.
- ¹⁰⁴ Sørensen, P.B., *Gødningsafgift med bundfradrag versus tilskud til reduceret gødningsforbrug - En simpel model til illustration af effekter på planteavl*, 2024.
- ¹⁰⁵ Ekspertgruppen for en grøn skattereform, *Grøn Skattereform - Endelig rapportering*, 2024.
- ¹⁰⁶ Stewart, L.B., *Modelforudsætninger bag ekspertgruppens beregninger - Forudsætninger fra Ekspertgruppen for en Grøn Skattereform til Endelig afrapportering*, 2024.
- ¹⁰⁷ Regeringen m.fl., *Aftale om Implementering af et Grønt Danmark*, 2024.
- ¹⁰⁸ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024 Transport Sektorforudsætningsnotat*, 2024.
- ¹⁰⁹ Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, *Delrapport 1: Veje til grøn bilbeskatning*, 2020
- ¹¹⁰ Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ¹¹¹ Søfartsstyrelsen, *Fra januar 2024 udvides EU's emissionshandelssystem (EU ETS) til også at omfatte søfart*, 2024, (<https://www.soefartsstyrelsen.dk/nyheder/2024/jan/eu-ets-traeder-i-kraft#:~:text=EU%20ETS%20vil%20fra%20januar,eller%20slutter%20uden%20for%20EU>).
- ¹¹² Energistyrelsen, *Data anvendt til Klimastatus og -fremskrivning 2024 (internt dokument 11. september 2024)*, 2024.
- ¹¹³ COWI, *Grøn omstilling af hurtigfærger*, 2023.
- ¹¹⁴ COWI, *Grøn omstilling af danske indenrigsfærger*, 2021, (<https://www.trm.dk/media/5ctgbsbo/faergeanalyse-groen-omstilling-af-danske-indenrigsfaerger-final-a.pdf>).
- ¹¹⁵ Regeringen, *Klimaprogram 2023*, 2023.
- ¹¹⁶ Energistyrelsen, *SparEnergi*, 2024, (<https://sparenergi.dk/privat/spar-energi-i-hverdagen/spar-paa-varme-og-vand-i-hjemmet>).
- ¹¹⁷ Energistyrelsen, *Teknologikatalog 2022*, 2022.
- ¹¹⁸ Energistyrelsen, *Energistatistik 2022*, 2022.
- ¹¹⁹ Energistyrelsen, *Teknologikatalog 2022*, 2022.
- ¹²⁰ Energistyrelsen, *Teknologikatalog 2022*, 2022.
- ¹²¹ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *KF24 forudsætningerforudsætninger – tal bag figurer, Brændselspriser; Energistyrelsen, Data anvendt til Klimastatus og -fremskrivning 2024 (internt dokument modtaget 11. september 2024)*, 2024.
- ¹²² Energistyrelsen, *Analyse af CO2-reduktionspotentialer ved elektrificering af dansk olie- og gasproduktion i Nordsøen*, 2022.
- ¹²³ Energistyrelsen, *Analyse af CO2-reduktionspotentialer ved elektrificering af dansk olie- og gasproduktion i Nordsøen*, 2022.
- ¹²⁴ Energistyrelsen, *Analyse af CO2-reduktionspotentialer ved elektrificering af dansk olie- og gasproduktion i Nordsøen*, 2022.
- ¹²⁵ Energistyrelsen, *Teknologikatalog for kulstoffangst, -transport og -lagring*, 2024.
- ¹²⁶ Energistyrelsen, *Teknologikatalog for kulstoffangst, -transport og -lagring*, 2024.
- ¹²⁷ EA Energianalyse, *Notat om CCS-teknologier*, 2020.