

Danmarks klimamål i 2050

Scenarier for en langsigtet omstilling
til et 100- eller 110-procentsmål

Om Klimarådet

Klimarådet er et uafhængigt ekspertorgan, der rådgiver regeringen om, hvordan omstillingen til et klimaneutralt samfund kan ske, så vi i fremtiden kan leve i et Danmark med meget lave udledninger af drivhusgasser og samtidig fastholde blandt andet velfærd og udvikling. Klimarådet skal årligt vurdere, om regeringens klimaindsats anskueliggør, at de danske klimamål nås. Rådet skal desuden bidrage til den offentlige debat og udarbejder også løbende analyser og anbefalinger til klimaindsatsen.

Danmarks klimamål i 2050

Scenarier for en langsigtet omstilling til et 100- eller 110-procentsmål

Udgivet i august 2024 af

Klimarådet

Nikolaj Plads 26, 2. sal
1067 København K
+45 22 68 85 88
mail@klimaraadet.dk
klimaraadet.dk

Forsidedesign: B14
Illustration: Fie Sahl Kreutzfeldt

Klimarådet

Peter Møllgaard
Bente Halkier
Niels Buus Kristensen
Brita Bye
Per Heiselberg
Marie Trydeman Knudsen
Marie Münster
Katherine Richardson
Bo Jellesmark Thorsen



Indhold

Forord	5
Hovedkonklusioner	6
Anbefalinger.....	8
1. Indledning og opsummering	10
1.1 Introduktion og formål med analysen	11
1.2 Analysens scenariedesign og metode.....	14
1.3 Resultater fra 2050-scenarier	18
1.4 Vurderinger og afvejninger af hensyn i scenarier	23
1.5 Klimarådets anbefalinger.....	25
2. Scenariedesign og antagelser for 2050	29
2.1 Kontekst for analysen	31
2.2 Analysetilgang og -værktøjer.....	39
2.3 Antagelser om anvendelsen af Danmarks areal.....	45
2.4 Antagelser i landbrugs- og fødevarerektoren.....	48
2.5 Antagelser for produktion og anvendelse af bioressourcer	52
2.6 Antagelser i energi- og industrisektoren	54
2.7 Antagelser i transportsektoren.....	56
3. Scenarieresultater for 2050	59
3.1 Resultater for den kendte omstilling	61
3.2 Scenariernes målopfyldelse	62
3.3 Tilbageværende udledninger i 2050	66
3.4 Betydningen af DAC.....	68
3.5 Konsekvenser for bioenergiforbruget	70
3.6 Konsekvenser for energi, fødevarer og foder	72

4. Vurdering af scenarierne ud fra udvalgte samfundshensyn	79
4.1 Introduktion til vurderingsmetoden	81
4.2 Vurdering af scenarierne	87
5. Klimarådets anbefalinger	91
5.1 Anbefalinger til 2050-målet.....	93
5.2 Anbefaling til mål for international transport	101
5.3 Anbefaling til fokus på biogent kulstof	103
5.4 Anbefaling til en langsigtet 2050-strategi.....	105
5.5 Anbefaling til den offentlige diskussion.....	113
Referencer	114

Forord

Klimahandling er stadig mere påtrængende

Overalt i verden rammes man af mere ekstremt vejr. Nye tørkerekorder, nye varmerekorder, nye nedbørsrekorder. Også klimaforskere er blevet overraskede over de betydelige konsekvenser af den trods alt stadig beskedne stigning i den globale temperatur, som verden indtil nu har oplevet. At vi allerede oplever så store samfundsmæssige konsekvenser som følge af klimaforandringerne minder os om, at ingen med sikkerhed ved, hvor store skaderne og omkostningerne bliver ved større temperaturstigninger. Samtidig understreger det vigtigheden af, at den globale opvarmning begrænses så meget som muligt.

Imidlertid har verdens nuværende klimapolitik på ingen måde kurs mod at overholde Parisaftalens mål om at holde den globale temperaturstigning et godt stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader. Der er derfor behov for et temposkift i klimaindsatsen, både på kort og længere sigt.

Danmark skal være klimaneutrale i 2050, men regeringen vil gå længere

Som et rigt land har Danmark haft store historiske udledninger set i forhold til vores befolkningstal. Vi har derfor et tungt medansvar for klimakrisen. Regeringen ønsker at skærpe Danmarks 2050-mål fra 100 til 110 pct. reduktion sammenlignet med 1990 og fremrykke målet om klimaneutralitet, altså de 100 pct., til 2045. Men regeringen har endnu ikke taget initiativ til at få sin ambition indskrevet i klimaloven.

Danmark kan naturligvis ikke løse klimakrisen alene. Men vi kan gå forrest ved at sætte høje ambitioner, demonstrere gode løsninger, undgå at danske udledninger blot flytter til udlandet og undlade at lægge beslag på en uforholdsmæssig stor andel af de globale ressourcer, som hele verden skal bruge til den grønne omstilling.

Klimarådet undersøger mulige veje til at komme i mål i 2050

I denne analyse undersøger Klimarådet, hvordan Danmark kan opfylde målet i 2050. Analysen ser både på klimalovens nuværende mål og på regeringens forslag til skærpede mål.

Klimarådets scenarier viser, hvordan kombinationer af ændret adfærd og produktionsmønstre på den ene side og nye teknologier på den anden side kan få os i mål. Der er tale om en systemisk analyse, der har særligt øje for Danmarks udnyttelse af vores arealer og øvrige fysiske ressourcer, men som også inddrager udvekslingen af ressourcer med omverdenen. Analysen sætter fokus på en dilemmafyldt fremtid og fremhæver fordele og ulemper ved forskellige veje.

Der er stor usikkerhed om, hvad der bliver muligt frem mod 2050. Vi ved endnu ikke, hvilke nye teknologier der bliver tilgængelige og til hvilken pris. Og det er langt fra givet, at klimavenlig adfærd og livsstil af sig selv vil vinde indpas hos danskerne. Men på trods af de uklare fremtidsudsigter, er det vigtigt at begynde at lægge de spor, der skal få os i mål om cirka 25 år.

København, august 2024

Hovedkonklusioner

- 1. Danmark kan nå langt med brug af kendte tiltag.** Vi kan nå omkring 90 pct. reduktion med allerede kendte omstillingselementer, fx skovrejsning og elektrificering. Tiltagene vil være omfattende og kræve en vedholdende og langsigtet politisk indsats, der skal igangsættes allerede nu. Og for at nå helt til 100 eller 110 pct. skal der nye omstillingselementer til, som kræver ny teknologi og markante ændringer i samfundet.
- 2. Der er flere mulige veje til 100 og 110 pct. reduktion.** Analysen undersøger, hvordan mål på 100 og 110 pct. reduktion i 2050 kan nås ved at følge to væsensforskellige veje for omstillingen. De to veje, Ny Hverdag og Ny Teknologi, udstikker hver sin retning og har forskellige fordele og ulemper målt på relevante samfundshensyn. En realistisk fremtid vil formentlig ligge et sted imellem de to scenarier.
- 3. Både strukturændringer og ny teknologi skal i spil.** De to veje balancerer på forskellig vis strukturelle ændringer i samfundet og en satsning på nye teknologier. Nogle af de mest effektfulde strukturændringer er ændret arealanvendelse fra landbrug til skov, græs og natur, mindre husdyrbestand som følge af blandt andet ændrede kostvaner samt færre og kortere flyrejser. Blandt de vigtigste teknologier i analysen er pyrolyse og lagring af kulstof i biokul, ammoniak som grønt brændstof i skibsfarten, metanreducerende fodertilsætning til køer, bioraffinering af græs til protein og ikke mindst fangst af CO₂ fra både skorstene og direkte fra luften.
- 4. Landbrugets udledninger er svære at eliminere.** Der vil i alle undersøgte scenarier fortsat være udledninger tilbage i 2050, og landbruget vil stå for 80-90 pct. heraf. Skal de samlede nettoudledninger helt i nul, er der brug for væsentlige negative udledninger for at opveje især landbrugets klimabelastning.
- 5. Negative udledninger bliver centrale.** Negative udledninger er tillige nødvendige for at kunne gå fra 100 til 110 pct. reduktion. Negative udledninger kan komme fra blandt andet skovrejsning, lagring af biokul samt fangst og lagring af CO₂ fra afbrænding af biomasse eller direkte fra luften. Det er løsninger, der enten kræver meget areal, eller som i dag er meget dyre og endnu uprøvede i stor skala.
- 6. Der er synergi mellem klima-, miljø- og naturhensyn.** Der vil kunne opnås en stor klimagevinst ved at beskytte 30 pct. af Danmarks landareal til natur og biodiversitet, som EU har som ambition for unionen som helhed. Fx kan urørt skov optage og lagre store mængder kulstof på de udtagne arealer uden store investeringer i teknologi og infrastruktur, og vådlægning af lavbundsjord kan stoppe udledninger og give plads til mere natur. Derudover kan øget beskyttelse af arealer og skovrejsning bidrage til et bedre vandmiljø og renere drikkevand.
- 7. Danmark har et stort potentiale for biogen produktion.** Danmark har gode forudsætninger for at producere biogene produkter til fødevarer, foder, energi, materialer og negative udledninger. Derfor kan mål på både 100 og 110 pct. nås, samtidig med at Danmark (1) stopper med at importere biomasse til energiformål, (2) selv producerer grønne brændstoffer til at dække behovet hos den internationale skibs- og luftfart, der tankes i Danmark, og (3) reserverer 30 pct. af arealet til beskyttet natur.

8. **Klimaindsatsen kan forenes med et overskud af fødevarer og foder.** I dag er Danmark samlet set eksportør af fødevarer og foder opgjort i energiindhold, men importør opgjort i protein. I opfyldelsen af 2050-målet, som den er skitseret i pkt. 7, er der produktionsoverskud af fødevarer og foder i forhold til det nationale forbrug opgjort i både energi og protein. Dette overskud er mere vegetabilsk og mindre animalsk end i dag. Overskuddet kan potentielt eksporteres og dermed fortrænge produktion og klimabelasting i udlandet.
9. **Danmark har potentiale for at producere store mængder el og brint.** I dag er Danmark samlet set importør af energi. Men i 2050 viser analysens scenarier, at der er potentiale for et betydeligt dansk produktionsoverskud af energi, hvis Danmarks planer om at udnytte Nordsøens vindressourcer bliver en realitet. Dette energioverskud kan potentielt eksporteres til udlandet som el, brint eller andre brændstoffer og dermed bidrage til Danmarks globale klimaindsats.
10. **Øget konkurrence om biogent kulstof.** Naturens fotosyntese frembringer biogent kulstof, der er føde- og livsgrundlag for alle levende organismer, men som også skal bruges til materialer, energi og kulstoflagring til brug for negative udledninger. I en fremtid uden brug af fossilt kulstof bliver det helt afgørende at blive mere arealeffektive, udvikle tekniske løsninger og finde veje til at øge produktionen af biogent kulstof uden at gå på kompromis med miljø- og naturhensyn. Samtidig skal vi prioritere anvendelsen af kulstoffet og sikre, at det genanvendes mest muligt. Opfyldelsen af et ambitiøst mål i 2050 er derfor underlagt de rammer, som vores produktion og forbrug af biogent kulstof udspænder.
11. **DAC kan måske ændre billedet.** Fangst af CO₂ fra luften (*direct air capture* – DAC) har i teorien et stort potentiale til at afhjælpe knapheden på biogent kulstof og bidrage til negative udledninger. DAC er dog stadig en umoden teknologi, som kan vise sig dyr og meget svær at skalere til de påkrævede dimensioner. Derfor er det risikofyldt at satse på DAC alene.

Anbefalinger

- 1. Skærpet territorielt klimamål.** Regeringen ønsker at skærpe klimalovens 2050-mål fra 100 til 110 pct. Klimarådet bakker op om retningen i denne ambition og anbefaler derfor at skærpe målet i klimaloven, så vi i 2050 skal have nettonegative udledninger fra dansk territorium. Verdens kurs mod mere end 2 graders opvarmning, Danmarks forpligtelser under Parisaftalen og klimalovens formuleringer om Danmarks rolle og ansvar tilsiger, at de langsigtede klimaambitioner øges.
- 2. Klarhed om mål.** Det vil skabe større klarhed om de langsigtede ambitioner og elementer i klimapolitikken, hvis regeringens klimamål for 2050 harmonerer med klimalovens mål. Regeringen bør derfor tage initiativ til at revidere klimaloven, så den nuværende uklarhed om 2050-målet elimineres.
- 3. Mål for international transport.** Danmark bør tage ansvar for sin del af den internationale skibs- og luftfart på lige fod med indenrigstrafikken, som allerede er dækket af Danmarks forpligtelser og nationale mål. Helt konkret bør der i klimaloven sættes et 2050-mål om nuludledninger fra det brændstof, som skibe og fly på udenrigsruter tankes i Danmark. Alternativt kan disse udledninger indgå i Danmarks territoriale mål.
- 4. Biogent kulstof.** Danmarks opfyldelse af klimamål bør ske på en måde, der tager hensyn til, at biogent kulstof er en knap global ressource. Hvis Danmark baserer sin målopfyldelse på øget import eller reduceret eksport af biogent kulstof, risikerer det, at udledningerne i stedet stiger i udlandet, og dermed undermineres hensigten med et ambitiøst dansk mål. Derfor bør opfyldelsen af det territoriale mål i 2050 tage følgende hensyn:
 - a. Fødevarer og foder.** Danmark bør sørge for at have tilstrækkelig indenlandsk produktionsoverskud af fødevarer og foder, målt i både energi- og proteinindhold, så der er mulighed for at eksportere til resten af verden. Det kan opnås ved at omstille dansk landbrugsproduktion til at være mindre animalsk og mere plantebaseret, hvorved der samtidig vil blive frigjort areal til andre formål.
 - b. Bioenergi.** Danmark bør i 2050 ikke basere sit energisystem på import af biomasse og biobrændstoffer opgjort på nettobasis. Ligeledes bør opfyldelsen af danske klimamål ikke baseres på kulstoflagring af importeret biogent kulstof.
 - c. Arealer til natur.** Danmark bør snarest reservere tilstrækkelige arealer til natur og biodiversitet. Biodiversiteten kan i modsat fald komme yderligere under pres, når arealer dedikeret til land- og skovbrug skal levere øgede mængder biogent kulstof.

- 5. Langsigtet strategi.** Regeringen bør udarbejde en langsigtet strategi for, hvordan vi som samfund når det ønskede klimamål i 2050. En hensigtsmæssig og rettidig omstilling frem mod klimamålet i 2050 forudsætter størst mulig klarhed for aktørerne om vejen dertil, og at tiltag gennemført i dag så vidt muligt passer ind i det langsigtede perspektiv. Dette kræver langsigtet strategisk planlægning, som også forholder sig til den usikkerhed, der hersker om teknologiudvikling, omkostninger og adfærdsmønstre. Usikkerheden betyder, at strategien løbende bør genbesøges og tilpasses.

Den langsigtede strategi bør blandt andet forholde sig til:

- a. Realisering af allerede kendte og velafprøvede omstillingselementer
 - b. Arealplanlægning, herunder især:
 - Udlægning af arealer til at beskytte biodiversiteten og sikre vandmiljøet
 - Retning for klimavenlig fødevareproduktion og plantebaserede kostvaner
 - Konkrete planer for rettidig skovrejsning
 - c. Danmarks andel af udledningerne fra international transport
 - d. Udbygning og koordinering af energiinfrastruktur for el, brint og CO₂
 - e. Vigtige understøttende indsatser:
 - Den offentlige sektors rolle, blandt andet som en stor indkøber
 - Behovet for forskning og innovation
 - Sikring af arbejdskraft og kompetencer
- 6. Offentlig diskussion om kommende forandringer.** Regeringen bør fremme en offentlig diskussion af visionerne for 2050 og om de forandringer, som et ambitiøst mål kræver, så borgere og virksomheder tidligst muligt kan indrette sig, imødegå udfordringer og udnytte nye muligheder.

Kapitel 1

Indledning og opsummering



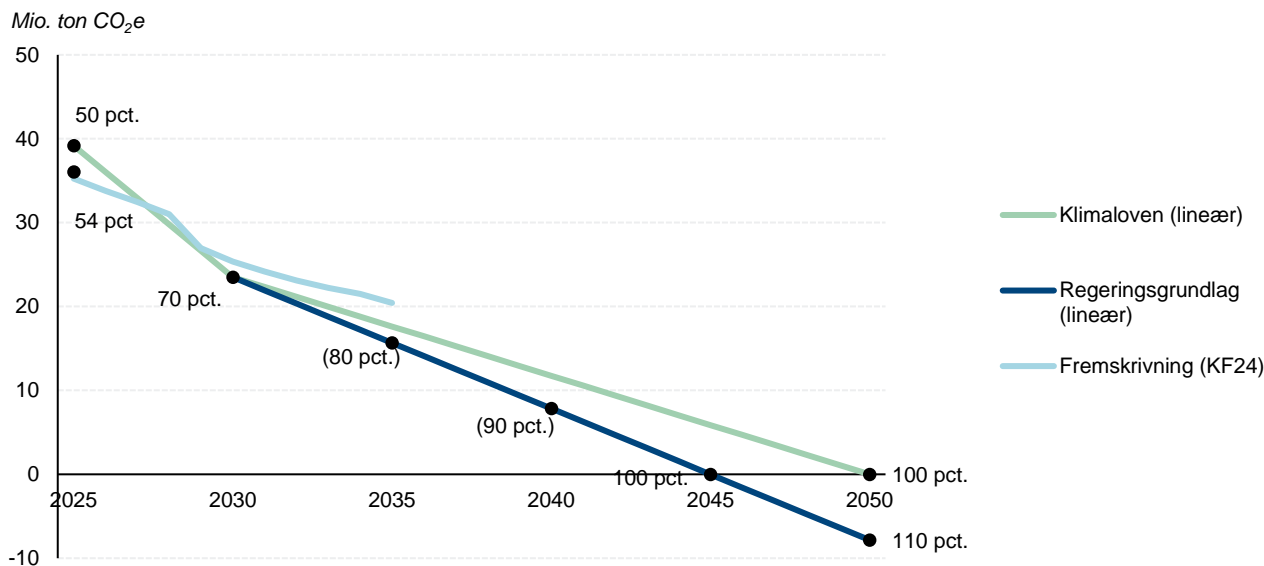
1.1 Introduktion og formål med analysen

Regeringen vil skærpe Danmarks 2050-mål

Ifølge klimaloven skal Danmark være klimaneutral senest i 2050. Det betyder, at der samlet set skal optages lige så meget CO₂e, som der udledes. Målet kan også udtrykkes som en reduktion af nettoudledningerne af drivhusgasser på 100 pct. målt i forhold til nettoudledningerne i 1990.

Regeringen har foreslået at hæve 2050-målet til 110 pct. og samtidig fremrykke målet om klimaneutralitet til 2045. Det fremgår af regeringsgrundlaget fra 2022.¹ Et reduktionsmål på 110 pct. indebærer et samfund, der går længere end klimaneutralitet, og som optager mere CO₂e, end det udleder. Det omtales også som nettonegative udledninger.

Målet i klimaloven og regeringens målsætning er illustreret i figur 1.1. Hverken klimaloven eller regeringsgrundlaget specificerer på nuværende tidspunkt vejen til henholdsvis 2030 og 2050. Figuren antager derfor en lineær udvikling fra 2030 og frem til 2050.



Figur 1.1 Forskellige nationale reduktionsmål

Anm. 1: Figuren viser udledningen fra klimafremskrivningen i 2024 (KF24) og de lineære stier til forskellige nationale reduktionsmål. De lineære stier er blot en illustration og afspejler ikke specifikke målsætninger.

Anm. 2: De samlede drivhusgasudledninger var 78,3 mio. ton CO₂e i 1990.

Anm. 3: Effekten fra *Aftale om et Grønt Danmark* fra den grønne trepart er ikke med i figuren. Regeringen forventer, at aftalen vil reducere udledningerne i 2035 med 3,3 mio. ton CO₂e, svarende til en samlet reduktion på 78 pct. i forhold til 1990.

Kilder: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet² og Klimarådet.

Klimarådet rådgiver regeringen og Folketinget om det fremadrettede klimamål

Formålet med denne analyse er at rådgive regeringen og Folketinget om det langsigtede klimamål i 2050. Det gælder både målets udformning, størrelse og måden, det potentielt kan opfyldes på.

Klimarådet.

Analysen opstiller scenarier for, hvordan reduktioner på 100 og 110 pct. kan nås i 2050, og fremhæver fordele og ulemper ved de enkelte scenarier. Scenarierne skal bidrage til at skabe en bedre forståelse af fremtidens mulighedsrum og gøre opmærksom på, hvilke konsekvenser den langsigtede målsætning har for vores nuværende klimapolitik. Fx kræver et omstillingselement som skovrejsning, at indsatsen med at etablere mere skov kommer betydeligt op i tempo allerede nu, hvis CO₂-optag fra skov skal levere et betydelig klimabidrag i 2050.

Analysen sætter fokus på centrale dilemmaer i klimapolitikken

Analysen rejser en række konkrete og essentielle spørgsmål og dilemmaer relateret til den fremadrettede klimapolitik, fx:

- Hvordan kan klimamålet nås, samtidig med at vi bidrager til og begrænser trækket på omverdenens ressourcer, fx i form af fødevarer, energi og bioressourcer? (Undersøges i kapitel 3).
- Skal vi bruge vores arealer til klimaformål, eller kan vi som alternativ regne med, at ny teknologi bliver moden og klar til brug? (Undersøges i kapitel 3).
- Hvordan skal samfundshensyn om fx lækagerisiko eller risiko for manglende social accept vægtes på vejen mod klimamålet i 2050? (Diskuteres i kapitel 4).
- Hvad bør klimamålet i 2050 være i lyset af klimavidenskaben, Danmarks forpligtelse under Parisaftalen og klimalovens formulering om Danmarks rolle som foregangsland? (Diskuteres i kapitel 5).

Klimaudfordringen og knapheden på biogent kulstof hænger tæt sammen

Udfordringen med at nå klimamålet i 2050 hænger tæt sammen med en anden udfordring: knapheden på biogent kulstof og areal. Denne sammenhæng er central i analysen. Der skal nemlig både bruges biogent kulstof til fødevarer, materialer, bioenergi og negative udledninger, og det kræver areal at producere de nødvendige bioressourcer. Samtidig skal der bruges areal til blandt andet beskyttet natur og skovrejsning.

Knapheden skaber konkurrence om både biogent kulstof og areal. Det er derfor vigtigt, at klimaudfordringen ikke løses med et ensidigt fokus på at nå et givet klimamål. Parallelt med reduktionsmålet bør vi også have øje for de andre nævnte formål, hvor biogent kulstof og areal også er nødvendige. Boks 1.1. uddyber, hvad der forstås ved biogent kulstof.

Udfordringen med knaphed på biogent kulstof og areal kan potentielt afhjælpes med ny teknologi. Det er fx *direct air capture* (DAC), der kan trække CO₂ direkte ud af atmosfæren. DAC er dog endnu en umoden teknologi, som kan vise sig svær at opskalere og som kan ende med fortsat at være meget dyr i 2050. Det rummer derfor en betydelig risiko at satse på, at en teknologi som DAC bliver tilgængelig uden at have en alternativ strategi.

Boks 1.1 Biogent kulstof

Hvad er biogent kulstof?

Kulstof er et grundstof og en central byggeklods for alt liv på Jorden. Det er vigtigt at skelne mellem kulstof i almindelighed og biogent kulstof. Det biogene kulstof stammer fra fotosyntese, hvor planter ved hjælp af sollys optager CO₂ fra atmosfæren. Der er biogent kulstof i afgrøder, i biomasse som halm og træ og i alle fødevarer.

Biogent kulstof er værdifuldt og knapt

Biogent kulstof er en værdifuld og begrænset ressource. Værdifuld, fordi biogent kulstof er en central komponent i mad til mennesker og dyr, og fordi biogent kulstof også skal bruges til materialer, brændstoffer og kulstoflagring til klimaformål. Begrænset, fordi mængden af fotosyntese på Jorden er afhængig af mængden af planter og alger.

Mennesker bruger hvert år en stor del af det biogene kulstof, der dannes på Jorden. Den årlige mængde svarer til en tredjedel af det biogene kulstof, der blev produceret på Jorden hvert år i de 10.000 år, der gik forud for den industrielle revolution. Menneskers omfattende udnyttelse af biogent kulstof påvirker økosystemerne og er en væsentlig drivkraft i biodiversitetstabet.³

Biogent kulstof bør anvendes effektivt

Knapheden på biogent kulstof betyder, at bioressourcer skal anvendes effektivt. Ifølge Det Nationale Bioøkonomipanel bør bioressourcer anvendes efter et kaskadepincip, hvor ressourcerne først anvendes til højværdiprodukter, fx fødevarer. Restprodukter herfra kan derefter udnyttes til fx foder og materialer, der genanvendes så mange gange som muligt, og til sidst kan bioressourcerne udnyttes til energiformål.⁴ Et eksempel på dette er landbrugsafgrøder, som omdannes til fødevarer, og hvor restprodukter udnyttes til produktion af fx bioplastik eller foder.

Klimarådets arealanalyse og 2050-analyse hænger sammen

Klimarådet har i april 2024 udgivet analysen *Danmarks fremtidige arealanvendelse*,⁵ som hænger tæt sammen med denne analyse. Begge analyser ser nemlig på den langsigtede klimaindsats frem til 2050 og peger på et behov for en strategisk planlægning af klimaindsatsen.

Danmarks fremtidige arealanvendelse ser specifikt på arealanvendelsen og identificerer synergieffekter mellem målsætninger for vandmiljø, biodiversitet og klima. Men i denne 2050-analyse bliver arealanvendelsen sat ind i en større sammenhæng. Analysen viser, hvordan arealanvendelsen hænger sammen med klimamålet for hele samfundet og beskriver udvekslingen af bioressourcer mellem land- og skovbrugssektoren og energisektoren. Samtidig viser denne analyse nogle øvrige effekter ved at opfylde klimamålet, herunder muligheden for at opnå et produktionsoverskud, som kan eksporteres til udlandet.

1.2 Analysens scenariedesign og metode

Analysen viser stiliserede scenarier på at nå et klimamål i 2050

Denne analyse opstiller scenarier for, hvordan Danmark kan nå reduktioner på 100 og 110 pct. i 2050. Scenarierne er stiliserede eksempler på, hvordan Danmark potentielt kan se ud for at opnå klimamålet. De udgør altså ikke en udtømmende liste over fremtidens muligheder og udfald. Scenarierne er designet med henblik på:

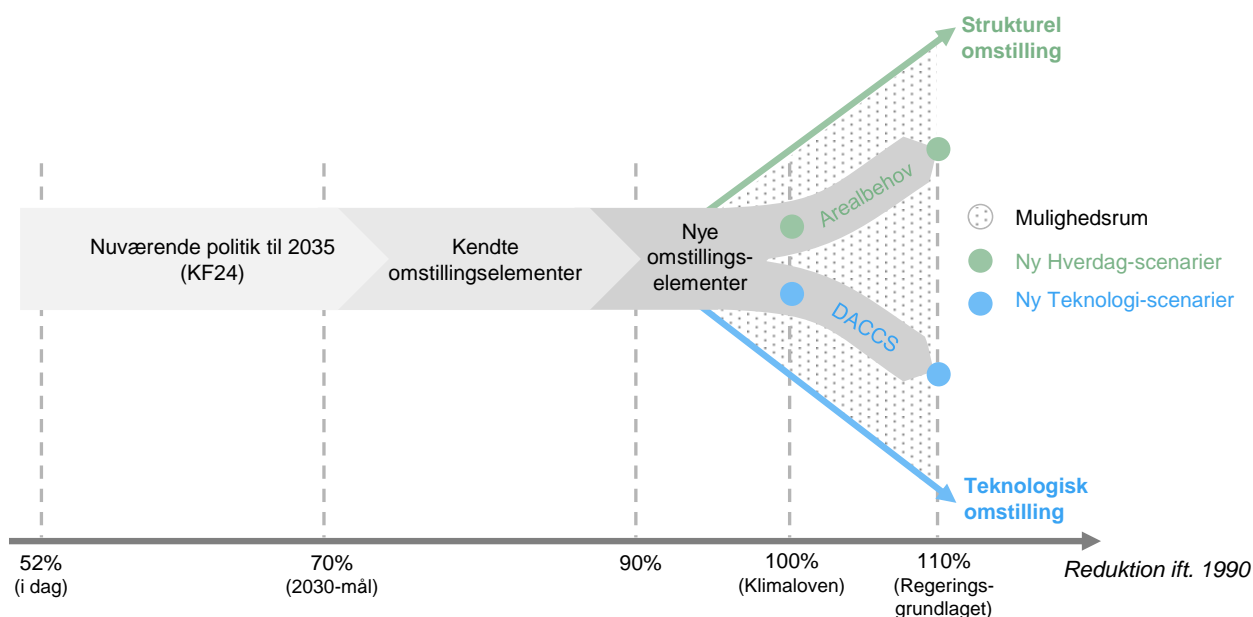
- at fremhæve fordele og ulemper på tværs af scenarierne.
- at illustrere systemsammenhænge mellem reduktionsmålet, arealanvendelse, forbrug af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring samt fødevarerproduktion og -forbrug.
- at opstille et samlet ressourceregnskab, som blandt andet omfatter areal, energi og fødevarer, herunder potentiel udveksling med omverdenen.

Scenarierne beregnes af modeller, der forenkler virkeligheden. Resultaterne er derfor behæftet med usikkerhed og skal primært forstås som et regnskab, der illustrerer væsentlige sammenhænge og indikerer omtrentlige niveauer for fx udledninger og forbrug og produktion af væsentlige ressourcer, givet en række specifikke antagelser.

Danmark kan nå cirka 90 pct. reduktion med kendte omstillingselementer

Analysen starter med at se på, hvor langt Danmark kan komme med kendte omstillingselementer. Kendte omstillingselementer er klimatiltag, som i overvejende grad er klar til at blive implementeret eller som kan ses som en fortsættelse af den igangværende trend i dag. Det kan fx være vådlægning af kulstofrige jorder, varmepumper, energieffektivisering og omstilling til fossilfri vejtransport.

De kendte omstillingselementer kan få Danmark langt, men ikke helt i mål i 2050. Det er illustreret i figur 1.2, som viser, at Danmark når omkring 90 pct. reduktion i 2050 og dermed relativt tæt på klimaneutralitet.



Figur 1.2 Kendte og nye omstillingselementer og forskellige spor til 100 pct. og 110 pct.

Anm.: Nuværende politik følger Klimastatus og -fremskrivning 2024 og afspejler forventede udledninger i 2035 og ikke i 2050.

Kilder: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet⁶ og Klimarådet.

Kendte omstillingselementer kræver politisk fokus på implementering

Implementeringen af de kendte omstillingselementer sker næppe af sig selv. Med den nuværende politik nås en reduktion på omkring 74 pct. i 2035. Dette afspejler både den nuværende nationale politik samt politik vedtaget på EU-plan i regi af lovpakken *Fit for 55*.

Det er uvist, hvordan udledningerne forventes at udvikle sig efter 2035 i fravær af ny politik. Men det vil med al sandsynlighed kræve nye politiske initiativer og en vedholdende klimapolitisk indsats at nå hele vejen til 90 pct. reduktion. Det kan fx være i form af passende økonomiske incitamenter målrettet mod udfasning af fossil energi og reduktion af udledninger fra landbruget. Det vil også kræve en væsentlig udbygning af nødvendig infrastruktur, der kan transportere store mængder strøm og brint.

Der er mange mulige veje mod klimaneutralitet og 110 pct. reduktion

For at nå hele vejen til 100 pct. eller 110 pct. reduktion i 2050 er der brug for nye omstillingselementer. Nye omstillingselementer er klimatiltag, som kræver teknologisk udvikling, indeholder markante adfærdsændringer og produktionsomlægninger, eller som på anden vis er forbundet med implementeringsudfordringer på nuværende tidspunkt.

Figur 1.2 illustrerer mulighedsrummet for nye omstillingselementer som udspændt mellem to akser. Akserne er kaldt henholdsvis *strukturel omstilling* og *teknologisk omstilling*. Inden for dette mulighedsrum findes mange forskellige kombinationsmuligheder af strukturel og teknisk omstilling. Langs akserne kan man forestille sig ekstreme scenarier, der udelukkende baserer sig på enten strukturel omstilling, det vil sige omlægning af forbrugs- og/eller produktionsmønstre eller anvendelse af ny teknologi.

Analysen ser på to veje mod klimamålet

Analysen undersøger to forskellige veje baseret på nye omstillingselementer, som ligger i forlængelse af de kendte omstillingselementer. Vejene læner sig op ad henholdsvis strukturel og teknologisk omstilling, men uden at være ekstreme. Selv om de er forskellige, har de således også en række fællestræk. De to veje er:

- **Ny Hverdag.** Denne vej er kendetegnet ved vægt på adfærdsændringer, større strukturelle ændringer i fx landbruget og biologisk CO₂-optag, der kræver areal.
- **Ny Teknologi.** Denne vej er kendetegnet ved en række nye teknologier, som kan mindske udledningerne i fx landbruget og levere store negative udledninger.

Analysen undersøger, hvordan vi kan nå klimamål på både 100 pct. og på 110 pct. De to måltal og de to veje mod målene giver tilsammen de fire scenarier, som fremgår af figur 1.2.

Rammebetingelser sikrer, at klimamålet nås på en hensigtsmæssig måde

Et territorielt reduktionsmål kan nås på mange forskellige måder, og indsatsen for at nå målet kan have vidtrækkende konsekvenser. Derfor er det vigtigt at have øje for, hvordan de forskellige veje til klimamålene påvirker en række andre hensyn. Disse hensyn er vigtige at prioritere parallelt med klimaindsatsen.

Klimarådet.

Klimarådet har i denne analyse udvalgt tre rammebetingelser, som skal opfyldes samtidig med klimamålet i alle fire scenarier:

- **30 pct. areal til beskyttet natur.** Betingelsen betyder, at Danmark kan bidrage med en ligelig andel til det fælles mål i EU's biodiversitetsstrategi om 30 pct. beskyttet natur på land. Denne betingelse svarer til anbefalingen fra Biodiversitetsrådet, mens aftalen fra den grønne trepart peger på 20 pct., som en del af EU's netop vedtagne naturgenopretningsforordning.⁷
- **Ingen import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring.** Betingelsen er begrundet ved, at biogent kulstof forventes at blive en helt central ressource i mange landes bestræbelser på at nå deres langsigtede klimamål. Danmark ønsker med klimaloven at være et foregangsland, og denne ambition er næppe forenelig med import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring, når vi har gode muligheder for at producere disse ressourcer selv.
- **Produktion af grønne brændstoffer til international transport.** I scenarierne skal Danmark selv producere grønne brændstoffer til de fly og skibe, der tankes i Danmark. I analysen *Danmarks globale klimaindsats* fra 2023 anbefalede Klimarådet, at Danmark tager ansvar for sin andel af udledningerne fra den internationale transport. I denne analyse illustreres dette ansvar med dansk produktion af grønne brændstoffer.

Opfyldelse af klimamålene indebærer negative udledninger

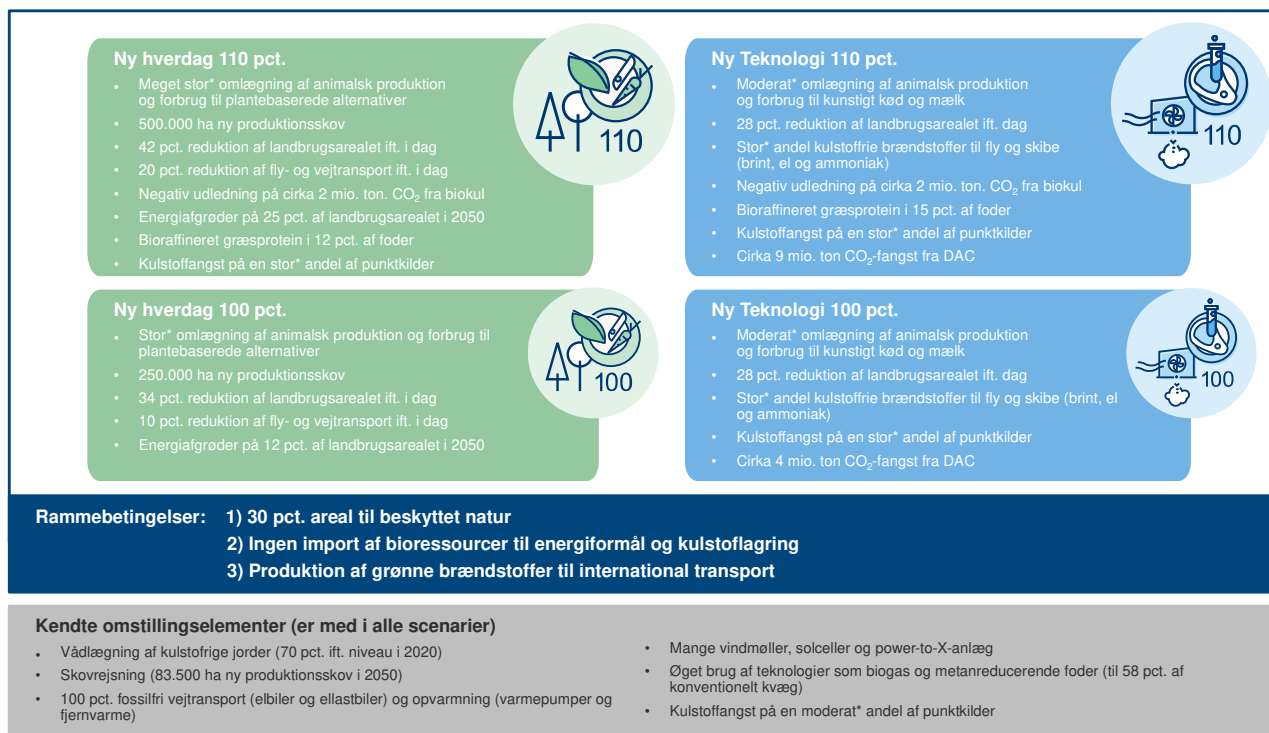
I alle fire scenarier er der brug for store negative udledninger for at nå reduktionsmålene. Det gælder ikke kun for et mål på 110 pct., men også for 100 pct. Negative udledninger er en betegnelse for metoder, der optager eller indfanger CO₂ fra punktkilder eller atmosfæren og lagrer den. Her adskiller scenarierne Ny Hverdag og Ny Teknologi sig væsentligt fra hinanden.

- **Ny Hverdag kræver areal:** I Ny Hverdag-scenarierne kommer de negative udledninger fra biologisk baserede metoder. Metoderne er skovrejsning, fangst og lagring af biogent CO₂ (BECCS) samt pyrolyse og lagring af biokul. Fælles for disse metoder er, at de kræver biomasseproduktion fra et betydeligt areal.
- **Ny Teknologi har brug for DACCS:** I Ny Teknologi-scenarierne består en stor del af de negative udledninger af teknologien *Direct Air Carbon Capture and Storage* (forkortes DACCS). DACCS er en teknologi, hvor CO₂'en fanges direkte fra luften og herefter lagres i undergrunden.

Scenarierne har fællestræk

På trods af de nævnte forskelle har Ny Hverdag og Ny Teknologi en række fællestræk. Eksempelvis forudsætter alle scenarier en reduktion af den animalske produktion af kød og mælk i Danmark, om end i varierende grad og med forskellige ændringer hos forbrugerne. Der skrues også op for produktion af biokul via pyrolyse i alle scenarier. Det skyldes, at pyrolyse både anses som en ny teknologi, men samtidig er en del af de nødvendige biologisk baserede negative udledninger, som indgår i Ny Hverdag, der ikke anvender DACCS.

Figur 1.3 viser en opsummeret oversigt over de mest betydningsfulde omstillingslementer. I kapitel 2 og i baggrundsmaterialet findes en uddybning.



Figur 1.3 Analysens fire scenarier og de mest betydningsfulde omstillingsselementer

Anm. 1: Figuren fremhæver de omstillingsselementer, som har størst betydning for reduktionsmålet og for produktion og forbrug af biogent kulstof.

Anm. 2: *Kvalitative begreber som "Meget stor", "Stor" og "Moderat" mv. anvendes, fordi punktet udgøres af flere forskellige omstillingsselementer. En uddybende kvantitativ beskrivelse findes i tabel 2.1-2.6 og i *Baggrundsnotat 1*.

Kilde: Klimarådet.

Der er potentiale for at øge biomasseproduktionen på land og i havet

Det tilstræbes i scenarierne at øge biomasseproduktionen på land. Det gøres ved at inddrage en række af de metoder, som blandt andre Det Nationale Bioøkonomipanel og forskere ved Aarhus Universitet har gjort opmærksom på.^{8,9} Det drejer sig om skift til højtydende græs, der vokser hele året, øget halmopsamling, høst af efterafgrøder, generel udbyttetestning for afgrøder, brug af hurtigvoksende træarter samt dyrkning af tang og muslinger på havet.

På sigt kan nye teknologier måske gøre det muligt at dyrke biomasse på mindre arealkrævende måder. Analysen inddrager kun i begrænset omfang disse perspektiver, men de kan potentielt udgøre en vigtig brik til at opnå tilstrækkelige negative udledninger, hvis ikke DACCS bliver en reel mulighed.

Analysen regner ikke på samfundsøkonomi

Analysen indeholder ikke økonomiske beregninger og opgørelser af beskæftigelseseffekter. Der ses heller ikke på forbrug af produkter eller råstoffer, som produceres i udlandet, ud over energi, foder og fødevarer. Disse størrelser udgør vigtige dele af et beslutningsgrundlag frem mod 2050, men er uden for denne analyses ramme.

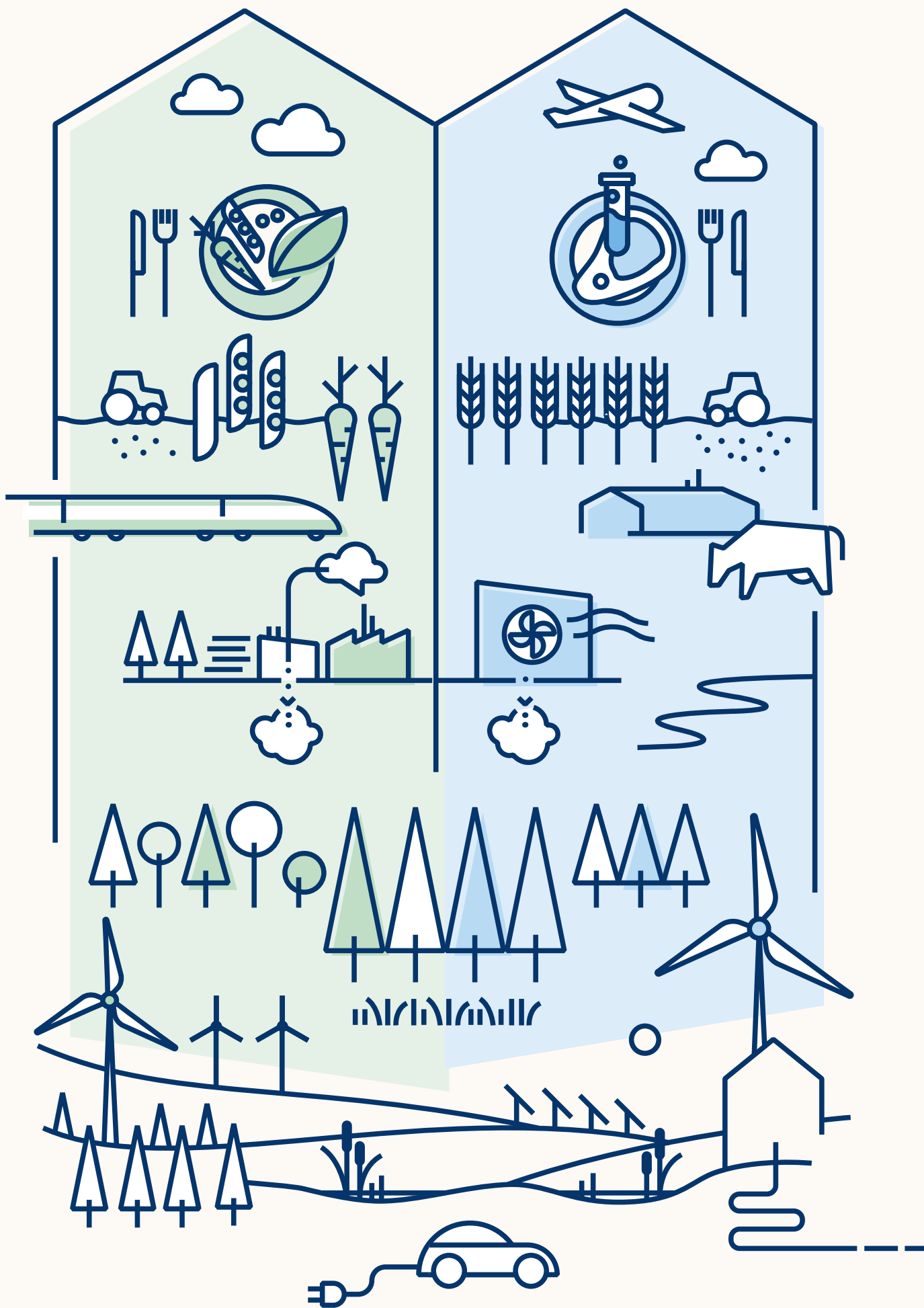


Illustration af to forskellige veje mod klimamålet i 2050

1.3 Resultater fra 2050-scenarier

Dette afsnit ser på tværs af alle fire scenarier og beskriver udledninger og optag af CO₂e, arealanvendelse samt eksport og import af energi, fødevarer og foder. I kapitel 3 findes en yderligere beskrivelse af tallene.

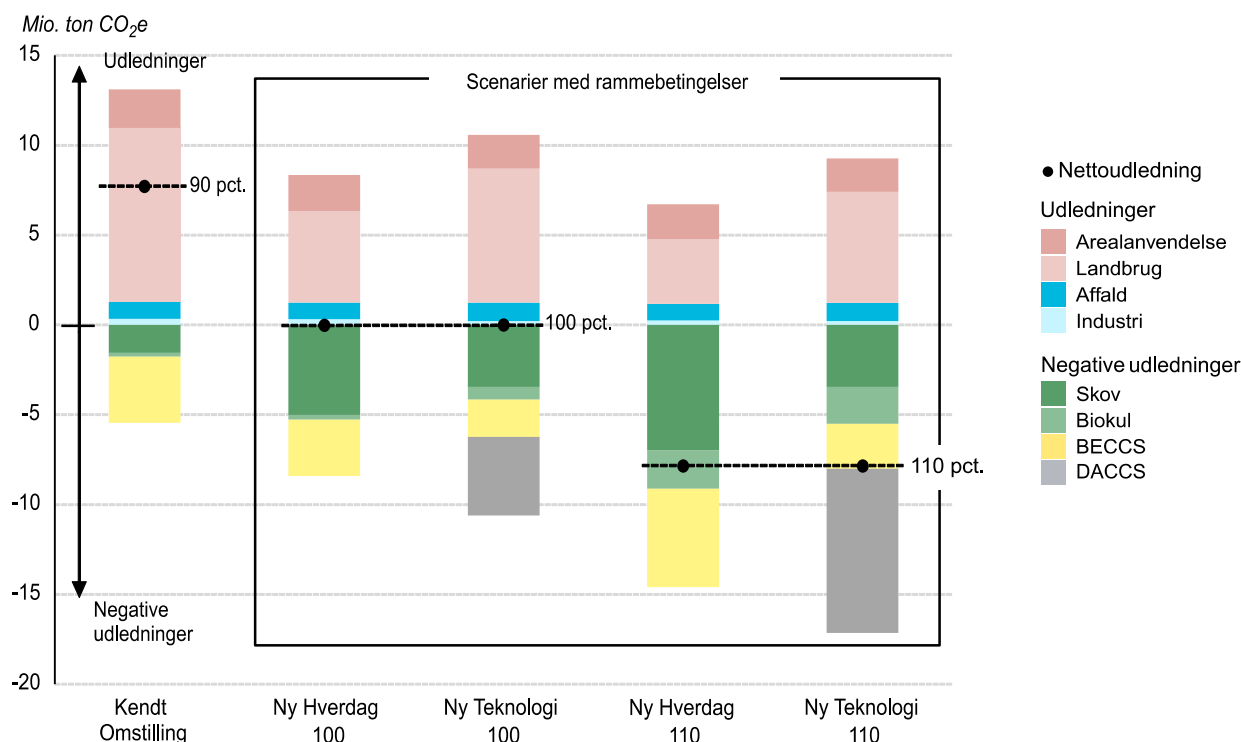
1.3.1 Udledninger og negative udledninger

Landbrugets udledninger er svære at eliminere

Udledninger fra landbrug og arealanvendelse fylder størstedelen af de resterende udledninger i 2050 i de fire scenarier. Det fremgår af figur 1.4, som viser udledninger og negative udledninger i 2050. Udledningerne stammer fortrinsvis fra husdyr til produktion af kød og mælk samt fra dyrkning og gødskning af marker.

Ny Teknologi 100 er det scenarie, hvor udledninger fra landbruget fylder mest, nemlig næsten 8 mio. ton CO₂e i 2050. Det skyldes især, at dette scenarie har den største animalske produktion. I scenarierne Ny Hverdag 100 og Ny Hverdag 110 er der sket en nedgang i den animalske produktion på henholdsvis 60 og 80 procent i forhold til niveauet i 2020. Hermed reduceres udledningerne fra landbruget til 4-5 mio. ton CO₂e i 2050.

Alle fire scenarier indeholder også en mindre mængde tilbageværende udledninger fra affaldsdeponier, spildevand mv.



Figur 1.4 Udledninger og negative udledninger

Anm. 1: Alle territoriale CO₂e-udledninger er med i figuren. Landbrug: dyrenes fordøjelse, gødnings håndtering, gødskning på marker. Arealanvendelse: LULUCF (fx udledninger fra drænedede kulstofrige jorder) ekskl. skov og høstede træprodukter. Skov: skov og høstede træprodukter.

Anm. 2: Fangst af CO₂ til brændstoffer er ikke med i figuren. Figur 3.7 i kapitel 3 giver et fuldt overblik over fangst og anvendelse af CO₂.

Kilde: Klimarådet.

Negative udledninger bliver centrale for klimapolitikken

De tilbageværende udledninger fra blandt andet landbrug og arealanvendelse skal opvejes med negative udledninger for at nå 100 pct. reduktion. Derudover kræver et mål på 110 pct. yderligere negative udledninger.

I alle fire scenarier er der betydelige negative udledninger fra skov og BECCS. Og i Ny Teknologi-scenarierne er der også et stort bidrag fra DACCS. I alle scenarier indgår negative udledninger fra biokul fra pyrolyse også, men det fylder forholdsvist lidt i det samlede billede, især i scenarier for 100 pct. reduktion.

Fordelingen mellem skov, BECCS og biokul fra pyrolyse kunne godt være anderledes end antaget. Reelt vil fordelingen afhænge af, hvordan vi samlet set kan udnytte arealerne, biomassen og det biogene kulstof mest effektivt. Samfundsøkonomien vil også spille en betydelig rolle og blandt andet afhænge af prisen på jord, positive sideeffekter fra eksempelvis et renere grundvand, omkostnings- og lagringseffektivitet ved BECCS og pyrolyse, herunder afsætningsprisen på pyrolyseprodukter samt strøm og varme fra kraftvarmeanlæg.

Grønne brændstoffer kræver biogent kulstof eller DAC

Biogent kulstof og CO₂ fra DAC kan både bruges til negative udledninger og til produktion af grønne brændstoffer. Analysens rammebetingelse om at producere grønne brændstoffer til fly og skibe betyder derfor meget for forbruget af bioressourcer og behovet for DAC. Hvis man ser bort fra denne rammebetingelse, er det derfor nemmere at nå det territoriale reduktionsmål. Fraværet af rammebetingelsen vil dog betyde, at der er et stort brændstofforbrug til fly og skibe, som der ikke nødvendigvis bliver taget hånd om, og som kan medføre en betydelig klimapåvirkning.

1.3.2 Arealanvendelse

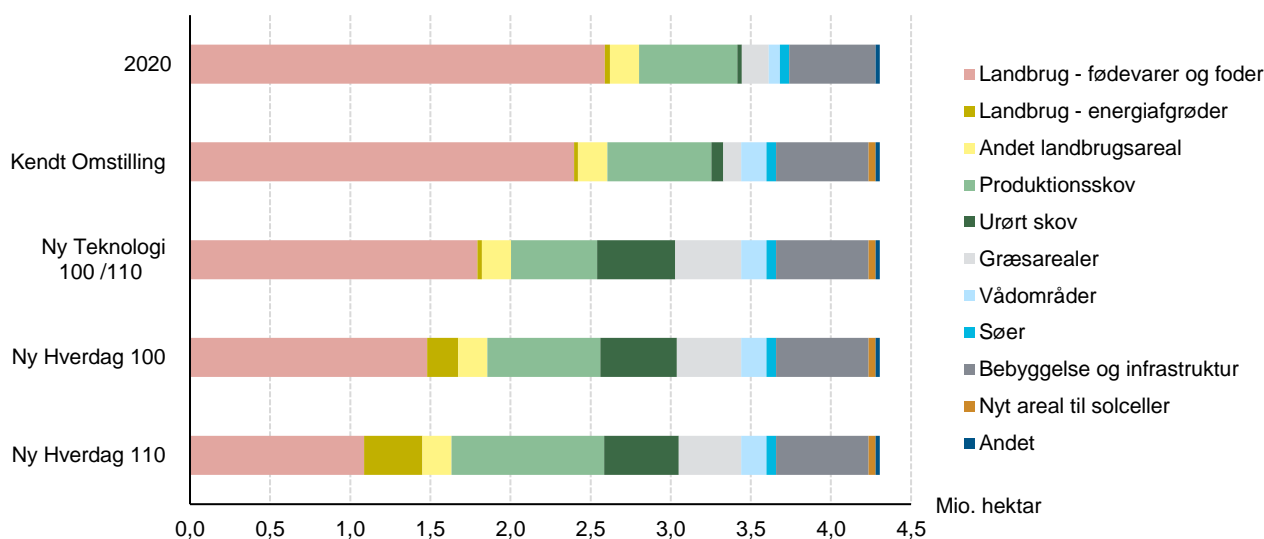
Scenarier har mere natur og skov og flere energiafgrøder end i dag

I scenarierne sker der en stor ændring af anvendelsen af det danske areal. I dag lægger landbrugsafgrøder til fødevarer og foder beslag på omkring 60 pct. af landarealet, men i scenarierne ændres tallet til mellem 42 pct. og 25 pct. Det svarer til en reduktion af areal til fødevarer og foder på mellem 31 pct. og 58 pct. i forhold til i dag. Det fremgår af figur 1.5.

Reduktionen i areal til foder og fødevarer skyldes især tre ting:

- Der er afsat 30 pct. af det samlede landareal til beskyttet natur.
- Der er behov for areal til produktionsskov.
- Der er behov for arealer til produktion af energiafgrøder i Ny Hverdag-scenarierne. Det er fx afgrøder som energipil, der skal bruges til energi og til at skabe negative udledninger.

Samlet set reduceres det eksisterende landbrugsareal med mellem 28 og 42 pct. i 2050, når areal til energiafgrøder tælles med som landbrugsareal.



Figur 1.5 Arealfordeling i analysens scenarier sammenlignet med i dag

Anm. 1: Arealer til natur i 2050 udgøres på figuren af Urørt skov, Græsarealer, Vådområder, Søer og dele af Produktionsskov og Andet landbrugsareal. Dyrkede græsmarker er i figuren indeholdt i Landbrug - fødevarer og foder.

Anm. 2: Nyt areal til solceller udgør det ekstra areal (44.000 hektar), der skal bruges fra i dag og frem mod 2050, mens nye vindmøller placeres i øvrige arealkategorier.

Kilde: Klimarådet.

Landskabet vil se væsentligt anderledes ud i 2050

Arealændringerne vil have en stor betydning for, hvordan landskabet ser ud. Mange marker erstattes af urørt skov, produktionsskov og græsarealer. I Ny Hverdag vil man tillige ofte møde energiafgrøder i landskabet. I analysen er det eksemplificeret ved piletræer, der vokser særdeles hurtigt med to til fire meter om året og bliver høstet med et til fem års mellemrum.

I scenarierne vil der også være en del flere vindmøller og solceller i landskabet end i dag, men de fylder arealmæssigt relativt lidt sammenlignet med landbrug og skov. Arealbehovet til solceller kan ses i figur 1.5.

1.3.3 Produktion og forbrug af energi, fødevarer og foder

Danmark kan producere flere fødevarer og mere foder i 2050

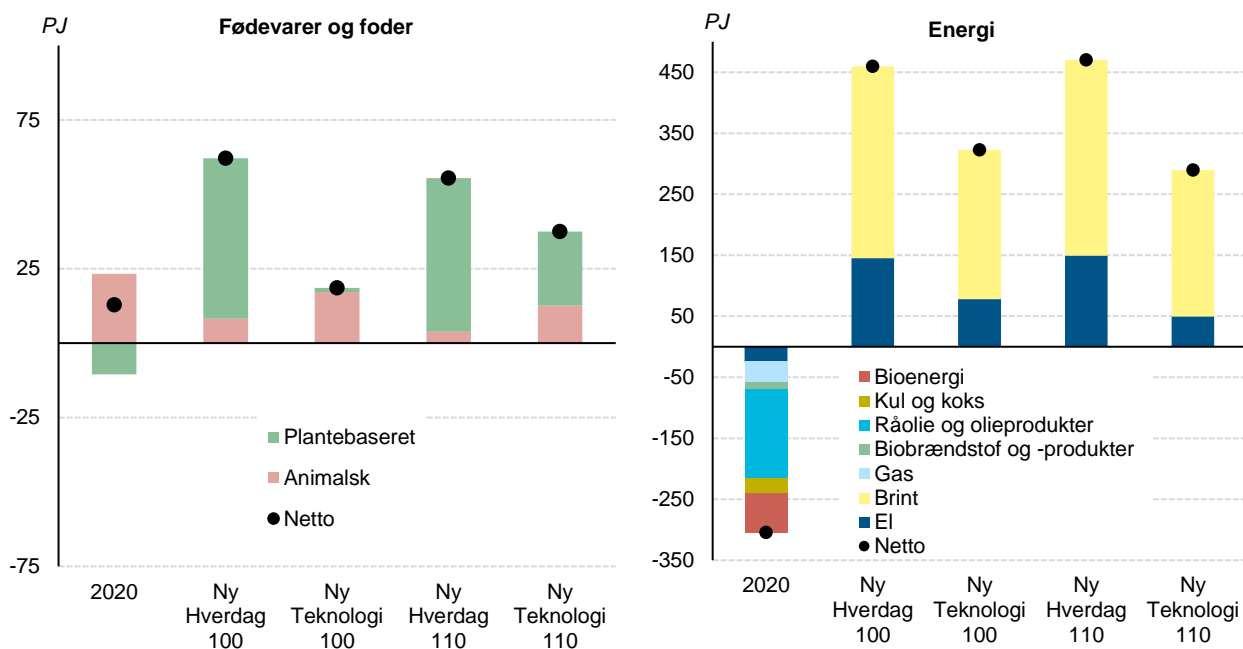
Selv om landbrugsarealet til fødevarer og foder reduceres i alle scenarierne, er der stadig et produktionsoverskud af fødevarer og foder. Det ses i venstre del af figur 1.6, som viser overskuddet af både animalske og plantebaserede fødevarer og foder i energienheder. Med produktionsoverskud menes forskellen mellem dansk produktion og dansk forbrug. Overskuddet kan potentielt eksporteres.

Plantebaseret landbrug giver plads til flere fødevarer og mere skov

I alle fire scenarier er der mulighed for et større produktionsoverskud af fødevarer og foder, end vi har i dag. Det skyldes en antagelse om, at udbyttet per hektar fra de danske landbrugsjorder fortsat vil stige frem mod 2050, men det skyldes også særligt antagelsen om, at landbruget producerer langt flere plantebaserede fødevarer. Plantebaserede fødevarer er mere arealeffektive end animalske fødevarer, og derfor kan der samlet set produceres flere fødevarer på et mindre areal.

I Ny Hverdag-scenarierne omstilles store dele af landbruget til en plantebaseret produktion, og derfor er der et større overskud af fødevarer end i Ny Teknologi. Arealgevinsten ved en mere plantebaseret produktion i Ny Hverdag er større end arealbehovet til yderligere produktionsskov og energiafgrøder.

Overskuddet af foder og fødevarer er lidt mindre i Ny Hverdag 110 i forhold til Ny Hverdag 100. Det skyldes, at en større del af landbrugsarealet anvendes til produktion af energiafgrøder frem for fødevarer. Energiafgrøderne skal bruges til negative udledninger. Omvendt stiger overskuddet i Ny Teknologi 110 sammenlignet med Ny Teknologi 100. Den skyldes primært en reduktion af animalsk forbrug og produktion.



Figur 1.6 Produktionsoverskud af fødevarer og foder (venstre) og energi (højre) i PJ

Kilde: Klimarådet.

Danmark kan få overskud af proteiner

Opgøres produktion og forbrug af fødevarer og foder i protein i stedet for energi, havde Danmark i 2020 et betydeligt produktionsunderskud. Underskuddet vendes til et overskud i 2050-scenarierne. I kapitel 3 findes en figur, som viser dette.

For at opnå en reel og global klimaeffekt ved skiftet mod flere plantebaserede fødevarer er det en forudsætning, at den globale efterspørgsel følger med. Derfor taler denne analyse om et produktionsoverskud. Dette overskud kan potentielt eksporteres til andre lande, men analysen har ikke undersøgt, om der reelt er tilstrækkelige globale afsætningsmuligheder.

Klimarådet.

Der er desuden også en række teknologiske udfordringer, fx omkring fordøjeligheden af plantebaserede proteiner, som skal løses på vej mod 2050, hvis de plantebaserede proteiner skal erstatte de animalske. Kapitel 3 indeholder en uddybende beskrivelse af produktion og forbrug af fødevarer og foder.

Der er større overskud af energi i 2050 end i dag

Alle scenarier indeholder et betydeligt produktionsoverskud af energi sammenlignet med i dag. Som det fremgår af højre del af figur 1.6, er der særligt et stort overskud af brint, men også af el. Det er vigtigt at understrege, at der er tale om energi uden kulstof. Det kan altså ikke bruges direkte til at afhjælpe udfordringen med knapheden på biogent kulstof.

Analysen tager udgangspunkt i Energistyrelsens *Analyseforudsætninger til Energinet 2023*, som afspejler nuværende politiske målsætninger frem mod 2050 om fx sol-, vind- og power-to-X-kapacitet.¹⁰ Energi fra sådanne anlæg kan fortrænge fossilt energiforbrug i udlandet og hjælpe andre lande med at nå deres klimamål.

Produktionsoverskuddet af el og brint varierer på tværs af scenarierne. Behovet for energi til indenlandske formål er størst i Ny Teknologi 110, fordi der er et stort energiforbrug til DAC og produktion af grønne brændstoffer.

1.4 Vurderinger og afvejsninger af hensyn i scenarier

Scenarierne har forskellige styrker og svagheder

Analysens to veje, Ny Hverdag og Ny Teknologi, har forskellige styrker og svagheder, når de måles på relevante samfundshensyn. Tabel 1.1 viser, hvordan de to veje klarer sig relativt i forhold til hinanden vurderet på syv hensyn, der er opdelt i tre temaer. Samfundshensynene er blandt andet udvalgt ud fra klimalovens guidende principper og Klimarådets overvejelser på baggrund af drøftelser i Klimadialogforum.

Tabel 1.1 Relative styrker ved Ny Hverdag og Ny Teknologi vurderet på udvalgte samfundshensyn

Relative styrker	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Danmark som inspirationskilde	Lavere teknologiomkostninger gør det nemmere for andre lande at følge Danmarks vej	
Direkte globale effekter	Større nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet Større nettobidrag af energi til udlandet	Bedre muligheder for udvikling af klimavenlig teknologi Mindre lækagerisiko
Barrierer for langsigtet omstilling	Mindre teknologirisiko	Mindre risiko for manglende accept af omstillingen

Kilde: Klimarådet.

Der findes ikke én ideel vej til at nå klimamålet

Ny Hverdag er kendetegnet ved en relativ lille anvendelse af nye og uprøvede teknologier. Det gælder både, når mål på 100 og 110 pct. skal nås. Dermed har denne vej begrænset teknologirisiko, og den er lettere at skalere til andre lande, fordi den alternative teknologiske vej typisk indebærer store finansielle og teknologiske omkostninger. Endelig giver Ny Hverdag det største produktionsoverskud af fødevarer og foder, fordi et mere plantebaseret landbrug kan udnytte de danske arealer mere effektivt, og overskud af energi i form af el og brint, fordi der er mindre energiforbrug til transport og DAC. Disse overskud kan potentiel eksporteres og dermed fortrænge produktion og klimabelastning i udlandet.

Ny Teknologis store teknologiske fokus betyder omvendt, at denne vej har de bedste muligheder for at udvikle, demonstrere og afprøve ny teknologi til gavn for andre lande. Samtidig kan det forhold, at denne vej indeholder mindre strukturel omstilling af samfundet, gøre det lettere at opnå bred accept i befolkningen, som i højere grad kan bevare sin nuværende levevis og forbrugsmønstre. Dette medfølges dog af en risiko for, at den nødvendige teknologi er meget dyr og utilgængelig. Endelig er lækagerisikoen i Ny Teknologi mindre. Scenariets globale klimagevinster er nemlig ikke lige så afhængige af, at udenlandske forbrugere ændrer madvaner.

Der findes således ikke én ideel vej til at nå klimamålet i 2050. Det er nødvendigt med politiske afvejninger og kompromisser.

Scenarierne har høje bioenergiforbrug

Både Ny Hverdag og Ny Teknologi har høje bioenergiforbrug pr. person, både når 100 og 110 pct. skal nås. Forbruget overstiger en række forskningsbaserede og analytiske estimer for det bæredygtige globale niveau. Ingen af de to veje kan derfor siges at have en relativ styrke her.

Et højt bioenergiforbrug begrænser skalerbarheden af den danske omstilling til andre lande. Hvis for meget areal bruges til at producere bioenergiressourcer, kan det intensivere presset på biodiversiteten, mindske arealet til fødevareproduktion og føre til skovrydning. Andre lande vil derfor have sværere ved at kigge mod danske klimaløsninger på, hvordan høje klimamål kan realiseres.

1.5 Klimarådets anbefalinger

Klimarådet anbefaler skærpede danske klimamål

Regeringen ønsker at skærpe klimalovens 2050-mål fra 100 til 110 pct. Klimarådet bakker op om retningen i denne ambition og anbefaler derfor at skærpe målet i klimaloven, så vi i 2050 skal have nettonegative udledninger fra dansk territorium. Verdens kurs mod mere end 2 graders opvarmning, Danmarks forpligtelser under Parisaftalen og klimalovens formuleringer om Danmarks rolle og ansvar tilsiger, at de langsigtede klimambitioner øges.

I klimaloven er der desuden et politisk ønske om, at Danmark skal være foregangsland på klimaområdet. Denne ambition tilsiger, at Danmark sætter højere mål end de fleste andre lande. Lande som Tyskland og Sverige har sat mål om klimaneutralitet allerede i 2045, og derfor kan vi vanskeligt siges at være foregangsland, hvis det danske mål for klimaneutralitet ligger fem år senere, som tilfældet er i den nuværende klimalov.

Det er også et åbent spørgsmål, om man kan kalde sig foregangsland i EU, hvis det danske 2050-mål kun ligger på linje med det fælleseuropæiske mål.

Revision af klimaloven bør skabe klarhed om mål

Mange samfundshensyn skal afvejes, når man skal lægge sig fast på et 2050-mål. Hvis regeringen fastholder målet om 110 pct., bør regeringen tage initiativ til at få målet indskrevet i klimaloven. Den nuværende situation, hvor klimaloven og regeringens ambitioner divergerer, skaber uklarhed om den langsigtede retning. Hvis målet indskrives i loven, vil det skabe klarere rammer for alle aktører på klimaområdet.

Målet for klimaneutralitet bør fremrykkes

Hvis 2050-målet skærpes i klimaloven, kan det være fornuftigt også at sætte et mål for, hvornår de danske nettoudledninger skal gå i nul. Her taler man også om klimaneutralitet. Dette vil naturligvis skulle ske før 2050, fx i 2045, som regeringen foreslår. Nettonul-målet er vigtigt som sigtepunkt, fx når målet for 2035 skal sættes næste år.

Denne analyse har primært haft øjnene rettet mod 2050. Klimarådet har derfor ikke foretaget en eksplicit vurdering af klimaneutralitet i 2045. Men når analysen viser, at det er muligt at nå 110 pct. i 2050, synes det rimeligt at konkludere, at 100 pct. kan nås noget før 2050, fx i 2045.

International transport bør indgå i klimaloven

Det er vigtigt, at Danmark begynder at tage aktivt ansvar for sin andel af udledningerne fra den internationale transport. Det skyldes både, at reduktionen af disse udledninger kan understøttes af et nationalt initiativ, men også at sektoren er central i det store kulstofregnskab og dermed i den strategiske planlægning frem mod 2050.

Klimarådet anbefaler, at det indskrives som et mål i klimaloven, at det brændstof, som skibe og fly på udenrigsruter tankes i Danmark, ikke må belaste klimaet. Et sådant mål formuleres på forskellige måder, fx som et separat mål, et mål integreret med det territoriale mål eller et produktionsmål for grønne brændstoffer.

Det er vigtigt, hvordan klimamålet opfyldes

Det er vigtigt at fastsætte, hvilket mål vi ønsker i 2050. Men det er næsten lige så vigtigt at overveje, hvordan klimamålet opfyldes.

Klimarådet anbefaler, at Danmarks opfyldelse af klimamål bør ske på en måde, der tager hensyn til, at biogent kulstof er en knap global ressource. Hvis Danmark baserer sin målopfyldelse på øget import eller reduceret eksport af biogent kulstof, risikeres det, at udledningerne i stedet stiger i udlandet, og dermed undermineres hensigten med et ambitiøst dansk mål. Derfor bør opfyldelsen af det territoriale mål i 2050 tage følgende hensyn:

- **Fødevarer og foder.** Danmark bør sørge for at have tilstrækkelig indenlandsk produktionsoverskud af fødevarer og foder målt i både energi- og proteinindhold, så der er mulighed for at eksportere til resten af verden. Det kan opnås ved at omstille dansk landbrugsproduktion til at være mindre animalsk og mere plantebaseret, hvorved der samtidig vil blive frigjort areal til andre formål.
- **Bioenergi.** Danmark bør i 2050 ikke basere sit energisystem på import af biomasse og biobrændstoffer opgjort på nettobasis. Ligeledes bør opfyldelse af danske klimamål ikke baseres på kulstoflagring af importeret biogent kulstof.
- **Arealer til natur.** Danmark bør snarest reservere tilstrækkelige arealer til natur og biodiversitet. Biodiversiteten kan i modsat fald komme yderligere under pres, når arealer dedikeret til land- og skovbrug skal levere øgede mængder biogent kulstof.

Der er behov for en langsigtet og holistisk strategi

De forandringer, som er nødvendige for at realisere de langsigtede klimamål, vil kræve koordination. De vil også kræve, at der træffes overordnede beslutninger om omstillingsretning og tempo.

Regeringen bør derfor udarbejde en langsigtet strategi for, hvordan vi som samfund når det ønskede klimamål i 2050. En hensigtsmæssig og rettidig omstilling frem mod klimamålet i 2050 forudsætter størst mulig klarhed for aktørerne om vejen dertil, og at tiltag gennemført i dag så vidt muligt passer ind i det langsigtede perspektiv. Dette kræver langsigtet strategisk planlægning, som også forholder sig til den usikkerhed, der hersker om teknologiudvikling, omkostninger og adfærdsmønstre. Usikkerheden betyder, at strategien løbende bør genbesøges og tilpasses.

Klimarådet fremhæver, at den langsigtede strategi bør forholde sig til følgende emner:

- Realisering af allerede kendte og velafprøvede omstillingselementer.** Den langsigtede strategi bør have særligt fokus på at realisere de allerede kendte og velafprøvede omstillingselementer. Eksempler herpå er energieffektivisering, udtagning af kulstofrige lavbundsjorder og elektrificering af vejtransport og opvarmning. Der er større vished om reduktionspotentialer og -omkostninger ved kendte omstillingselementer end ved nye og mere ukendte elementer.
- Arealplanlægning.** Den langsigtede strategi bør fremme en arealanvendelse, der understøtter og koordinerer flere forskellige samfundshensyn. Danmarks arealer skal bruges til mange formål, fx fødevarerproduktion, skovbrug, vedvarende energi, natur og biodiversitet. De mange hensyn kræver langsigtet planlægning for at sikre en hensigtsmæssig arealanvendelse. Den grønne trepart har på visse områder allerede sat kursen, men et samlet, langsigtet perspektiv udestår (se boks 1.2). Klimarådet understreger, at følgende tre punkter kræver særlig opmærksomhed:

- **Udpegning af arealer til biodiversitet og sikring af vandmiljø.** I strategien er der behov for udpegning af arealer til at beskytte biodiversiteten og sikre vandmiljøet. En sådan udpegning og efterfølgende indsats kan bidrage positivt til opfyldelse af klimamålene.
 - **Retning for landbrug og fødevarer.** Den langsigtede strategi bør sætte en klar retning for den danske fødevarerektor mod mere klimavenlig produktion, satsning på nye fødevarerarter og mere plantebaserede kostvaner. Landbruget vil stå for størstedelen af udledningerne i 2050 og lægge beslag på betydelige arealer. Derfor er landbrugets potentielt ændrede rolle en helt afgørende brik i det store strategiske puslespil for at sikre den grønne omstilling.
 - **Rettidig skovrejsning.** Den langsigtede strategi bør indeholde konkrete planer for etableringen af ny skov. Skovrejsning kan bidrage betydeligt til at nå fremtidige klimamål og miljømål. Planerne skal forholde sig til, om regeringens eget mål om 250.000 hektar ny skov er tilstrækkeligt til at nå klimamålet for 2050. Hvis skovrejsning skal levere et stort klimabidrag i 2050, skal indsatsen med at etablere skov betydeligt op i tempo allerede nu.
- c. Inkludering af international transport.** Den langsigtede strategi bør omfatte brændstofforbruget til den internationale transport, som tankes i Danmark. Strategien bør forholde sig til, om grønne brændstoffer til luft- og skibsfart skal produceres i Danmark.
- d. Udbygning af central energiinfrastruktur.** Den langsigtede strategi bør indeholde planer for den nødvendige udbygning af central energiinfrastruktur til el, brint og CO₂. Ved at sikre en effektiv og rettidig udbygning af energiinfrastrukturen kan staten bidrage til at mindske risikoen for kritiske flaskehalse og forkert dimensionering.
- e. Vigtige understøttende indsatser.** Den langsigtede strategi bør forholde sig til en række understøttende indsatser, der kan bidrage til og understøtte realiseringen af klimamålet i 2050. Klimarådet peger her særligt på tre indsatser, som er særligt vigtige i et langsigtet perspektiv:
- **Offentligt indkøb.** Den langsigtede strategi bør udnytte, at den offentlige sektor er en stor indkøber. Stat, regioner og kommuner kan med sine indkøb fremme innovation og skalering ved at skabe efterspørgsel efter klimavenlige produkter og samtidig bidrage til at normalisere klimavenligt forbrug.
 - **Behov for forskning og innovation.** Den langsigtede strategi bør identificere de områder, hvor der mangler forskning og innovation, hvis Danmark skal nå i mål i 2050. Dette bør både omfatte grundforskning og mere anvendelsesorienteret forskning samt udviklings- og innovationsorienterede aktiviteter, der kan omsætte viden til klimagevinster.
 - **Uddannelse og arbejdsmarked.** Den langsigtede strategi bør have fokus på uddannelses- og arbejdsmarkedspolitik, så kompetencer og menneskelige ressourcer matcher den grønne omstillings behov. Det er vigtigt at forhindre flaskehalse, der ellers kan forsinke omstillingen, og lette de brancheskift, som vil være en konsekvens af de strukturændringer, som følger med omstillingen.

Det nærmere indhold i de nævnte punkter uddybes i kapitel 5.

Boks 1.2 Natur, landbrug og skovrejsning i aftalen fra den grønne trepart

Regeringen har sammen med den grønne trepart sat retningen for både natur, landbrug og skovrejsning for de kommende år.¹¹ Aftalens indhold perspektiveres til denne analyse herunder:

- **Natur.** I aftalen er der enighed om, at den kommende natur- og biodiversitetslov skal sætte et mål om, at mindst 20 pct. af Danmarks landareal skal være beskyttet natur. Det er lavere end rammebetingelsen i denne analyse på 30 pct.
- **Landbrug.** I aftalen er der enighed om at lægge en afgift på udledningerne fra husdyr. Aftalen bringer dog ikke landbruget på sporet mod den fremtid, som denne analyses 2050-scenarier tegner op. Aftalen og de besluttede virkemidler giver ikke landbruget tilstrækkeligt incitament til at igangsætte den nødvendige strukturelle omstilling væk fra det animalske landbrug og over mod det plantebaserede.
- **Skovrejsning.** I aftalen er der en ambition om at etablere 250.000 hektar ny skov frem mod 2045. Ambitionen gælder både produktionsskov og urørt skov. Dette er væsentligt mindre end denne analyses samlede skovareal, når der både medregnes produktionsskov og urørt skov. Under alle omstændigheder er der brug for, at skovrejsning kommer betydeligt op i tempo, hvis skovrejsning skal levere et stort klimabidrag i både 2045 og 2050. Dette anerkendes også i aftalen.

Regeringen bør fremme en offentlig diskussion af visionerne for 2050

Vejen til 100 pct. eller 110 pct. reduktion i 2050 vil kræve store forandringer, som vil berøre alle i samfundet. Dette gælder uanset det konkrete mål, og uanset om den sidste del af vejen primært nås med DACCS og andre teknologiske omstillingselementer eller med en strukturel omstilling af fx landbruget og mere klimavenlig forbrugsadfærd.

Klimarådet anbefaler derfor, at regeringen fremmer en offentlig diskussion af visionerne for 2050 og af de forandringer, som et ambitiøst mål kræver, så borgere og virksomheder tidligst muligt kan indrette sig, imødegå udfordringer og udnytte nye muligheder.

Kapitel 2

Scenariodesign og antagelser for 2050



Det handler kapitlet om

Dette kapitel introducerer rapportens centrale antagelser, som ligger til grund for analysen og dens resultater.

Scenarier belyser både et 100-procentsmål og et 110-procentsmål

Kernen i analysen er at opstille scenarier, der belyser, hvordan både klimalovens 100-procentsmål og regeringsgrundlagets 110-procentsmål kan opfyldes i 2050. Scenarierne er udformet, så de viser et mulighedsrum mellem forskellige måder at opfylde klimamålene på. Scenarierne kan give beslutningstagere en bevidsthed om de konsekvenser, som scenarierne viser, og bruge den bevidsthed som grundlag for at forme fremtiden i en ønsket retning.

Det er ikke ligegyldigt, hvordan klimamålene nås

Analysen undersøger ikke blot, om et højt klimamål kan nås. Den undersøger også, om det er muligt at nå klimamålene på en hensigtsmæssig måde, hvor Danmark ikke blot importerer bioressourcer til energi og kulstoflagring, stopper energi- og fødevarereksporten til andre lande eller ikke afsætter plads til natur. Det vil ikke være et eksempel til efterfølgelse for andre lande.

Tilstedeværelsen af biogent kulstof er et omdrejningspunkt for analysen, idet biogent kulstof er kritisk i forhold til at opnå tilstrækkelige negative udledninger til at nå et højt klimamål og til at opfylde behov for fødevarer, energi og natur.

Scenarierne er designet med tre fælles rammebetingelser

Scenarierne designes ud fra tre fælles rammebetingelser. For det første afsættes der 30 pct. af Danmarks areal til natur. For det andet tages der hensyn til de globale ressourcer ved ikke at tillade import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring. Og for det tredje tager Danmark medansvar for udledningen fra international transport ved at producere nok grønt brændstof til at dække forbruget til udenrigsfly og -skibe, der tankes i Danmark.

Scenarier designes med mest vægt på enten en ny hverdag eller på ny teknologi

Scenarierne er bygget op af tekniske omstillingselementer, der reducerer drivhusgasudledningen. To af scenarierne er karakteriseret ved fx nye transport- og kostvaner, en væsentlig omstilling af landbrugserhverv og cementindustri samt negative udledninger baseret på biologiske løsninger. De kaldes Ny Hverdag 100 og Ny Hverdag 110. De øvrige to scenarier er karakteriseret ved fx tekniske tiltag i landbruget og CO₂-fangst fra luften. De kaldes Ny Teknologi 100 og Ny Teknologi 110. En stor del af udviklingen i omstillingselementerne er den samme i alle fire hovedscenarier.

Scenarierne bygger på et omfattende sæt af antagelser

Scenarierne er opbygget af omstillingselementer, der er defineret i fysiske mængder, og altså ikke i økonomiske enheder. Antagelserne justeres i en iterativ proces, indtil klimamål og rammebetingelser er nået.

Scenarierne er opbygget i modelværktøjer, som er udviklet til formålet. Fordelen ved at benytte disse modelværktøjer er, at det sikrer en systemsammenhæng på tværs af sektorer i Danmark.

2.1 Kontekst for analysen

2.1.1 Klimamål

Scenarier belyser både et 100-procentsmål og et 110-procentsmål

Analysen undersøger, hvordan et mål på henholdsvis 100 pct. og 110 pct. reduktion kan nås, og hvilke konsekvenser det vil have. Det gøres ved hjælp af fire hovedscenarier. To scenarier belyser, hvordan Danmark kan opfylde et 100-procentsmål, mens to andre scenarier viser, hvordan et 110-procentsmål kan opfyldes i 2050.

Scenarier er et analytisk redskab til at forstå en fremtidig udvikling

Scenarier er stiliserede billeder af fremtiden. De kan bruges som et redskab, der kan hjælpe os med at forstå konsekvenserne af forskellige fremtidige udviklinger, selv om vi ikke kan vide, hvordan fremtiden vil forme sig.

Det er ikke forventningen, at den faktiske udvikling vil udspille sig præcist som i et af scenarierne. Scenarierne opstilles derimod i en erkendelse af, at vi ikke ved, hvordan fremtiden vil se ud. Scenarierne kan bruges til at belyse centrale sammenhænge og give et bud på konsekvenserne, positive som negative, hvis virkeligheden udspiller sig som i scenarierne. Det kan give beslutningstagere mulighed for at få en bevidsthed om de konsekvenser, som scenarierne viser, og bruge den bevidsthed som grundlag for at forme fremtiden i en ønsket retning.

Det kræver store negative udledninger at gå fra 100 til 110 pct.

Alle reduktionsmål refererer til de territoriale 1990-udledninger. Det medfører, at 100-procentsmålet indebærer en nettoudledning på nul, mens 110-procentsmålet indebærer en nettoudledning på -7,8 mio. ton CO₂e.

Et 110-procentsmål kræver altså negative territoriale udledninger på mindst 7,8 mio. ton CO₂e. Dertil kommer negative udledninger, der skal opveje resterende udledninger.

Klimarådet har i *Statusrapport 2023* beskrevet behovet for negative udledninger.¹² Negative udledninger kan opnås via forskellige metoder. Skovrejsning, biokul, BECCS og DACCS er eksempler på metoder til negative udledninger, som alle kan få en vigtig rolle i at nå vores langsigtede klimamål. Se boks 2.1 for en introduktion til BECCS, DACCS og biokul. Denne analyse undersøger, hvilke fordelinger mellem forskellige metoder til negative udledninger, der kan lede til opnåelse af målene, under en række hensyn og begrænsninger.

Boks 2.1 Hvad er BECCS, DACCS og biokul?

Biogen CO₂ kan indfanges fra punktkilder

BECCS står for *Bio Energy Carbon Capture and Storage*. Her indfanges biogen CO₂ fra en punktkilde og lagres efterfølgende permanent i undergrunden. CO₂'en kan i stedet for lagring også anvendes til produktion af fx materialer og brændstoffer, hvilket benævnes *Bio Energy Carbon Capture and Usage* (BECCU). Punktkilden kan fx være kraftværker, varmegværker, affaldsforbrænding, biogasopgradering og fremstillingsindustri.

CO₂ kan indfanges fra luften

DAC står for Direct Air Capture og betegner teknologier til at indfange CO₂ direkte fra atmosfæren. Den indfangede CO₂ kan dernæst lagres i undergrunden, hvilket benævnes *Direct Air Carbon Capture and Storage* (DACCS), eller anvendes i brændstoffer eller andre produkter, hvilket kaldes *Direct Air Carbon Capture and Usage* (DACCU).

DAC kan foretages via forskellige processer, som hver har forskellige karakteristika og forskellige krav til energiinput. Fælles er dog, at CO₂ indfanges på eller i en fangstenhed direkte fra luften, hvorefter processen typisk kræver varme for at frigive CO₂'en igen og genskabe fangstenhedens evne til at fange CO₂ på ny.

I analysen inkluderes kun fangst af CO₂, men der forskes også i metoder til at fange blandt andet metan (CH₄) og lattergas (N₂O) direkte eller indirekte fra atmosfæren.¹³ Ifølge IPCC, FN' klimapanel, er disse metoder fortsat på et konceptuelt stadie.¹⁴

DAC er fortsat kun demonstreret i mindre skala, men der er DAC-anlæg i stor skala på op til 0,5 mio. ton CO₂e pr. år under opførelse. Erfaringer med opskalering, drift, omkostninger mv. kan altså snart give en større grad af afklaring om DAC's potentiale for reduktioner i stor skala samt afklaring om teknologiens fordele og ulemper.¹⁵

Biokul binder og lagrer kulstof fra biogene produkter

Biokul er forkullede rester af et biogent produkt og produceres i industrielle anlæg ved hjælp af pyrolyseteknologi. Biokul kan baseres på mange forskellige bioressourcer. Det kan fx være halm, afgasset biomasse fra biogasproduktion og energipil. Biokullet kan pløjes ned i landbrugsjord. Her nedbrydes det meget langsomt og kan derfor lagre kulstof i jorden i mange år.

Det er ikke ligegyldigt, hvordan klimamålene nås

Analysen undersøger ikke kun, om et højt klimamål kan nås. Den undersøger også, om det er muligt at nå klimamålene på en måde, hvor Danmark ikke blot importerer bioressourcer til energiformål, stopper energi- og fødevareeksporten til andre lande og ikke afsætter nok areal til natur. Det vil ikke være et eksempel til efterfølgelse for andre lande.

En fællesnævner for sikringen af fødevarer, energi og natur er biogent kulstof som ressource. I det følgende uddybes det, hvorfor biogent kulstof er et omdrejningspunkt for analysen og for måden at opfylde klimamålene på.

2.1.2 Biogent kulstof som omdrejningspunkt

Biogent kulstof er en begrænset ressource

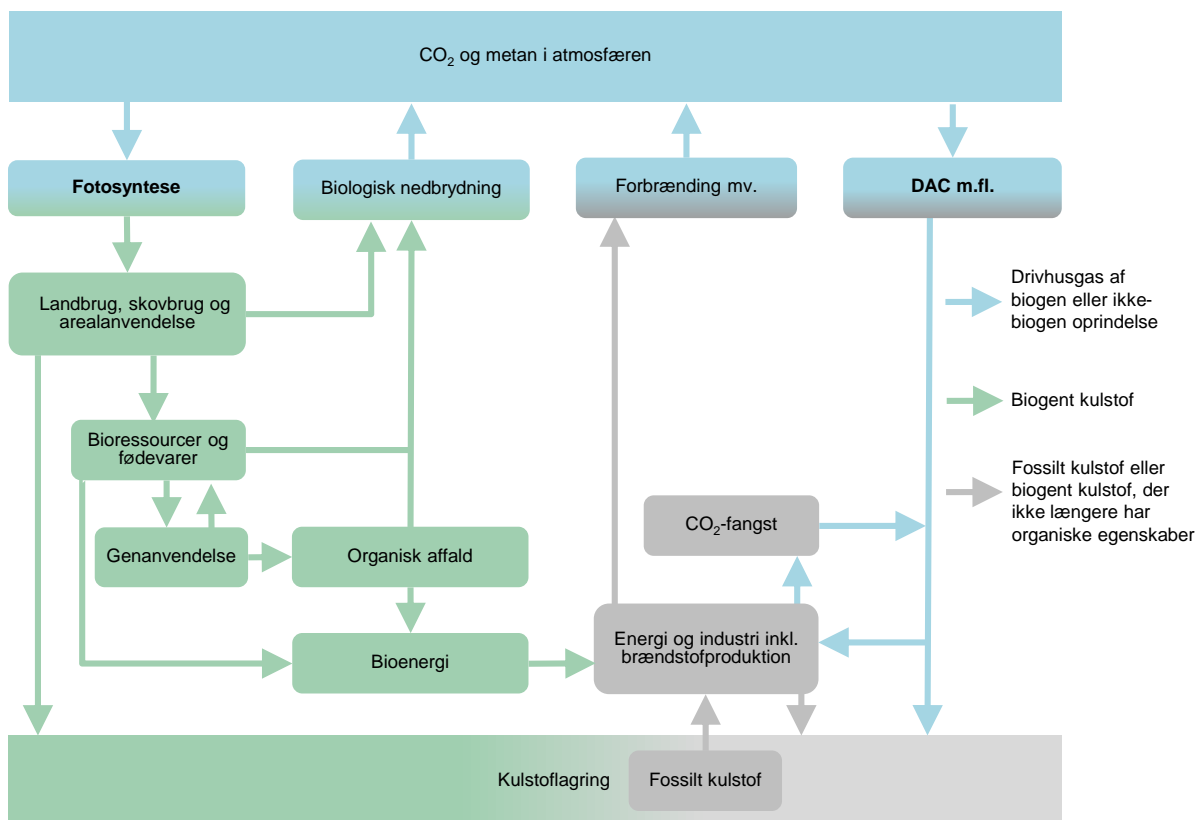
Biogent kulstof er en begrænset ressource, som kun kan forventes at blive mere efterspurgt i fremtiden, i takt med dekarboniseringen af verdens økonomier og bestræbelserne på at holde sig inden for de planetære grænser. Det skyldes, at biogent kulstof skal bruges til mange formål:

- **Fødevarer.** Biogent kulstof er indeholdt i fødevarer og foder, som er essentielt for mennesker og dyr.
- **Materialer.** Behovet for at anvende bioressourcer til produktion af materialer vil kun vokse med tiden, når fossil energi udfases.
- **Energi.** Biogent kulstof kan være nødvendigt for at producere energi, herunder grønt brændstof til fly og skibe, men generelt bør energi produceres kulstoffrit.
- **Negative udledninger.** Biogent kulstof kan bruges til at skabe negative udledninger, fordi verdens befolkning har udledt for store mængder af drivhusgasser og skabt global opvarmning.
- **Natur.** Biogent kulstof indgår i planter og fødevarergrundlag til dyr og er grundlæggende for understøttelse af biodiversiteten. Derfor har det konsekvenser for andre organismer, når mennesker gør indhug i de tilgængelige bioressourcer.

Af de nævnte punkter er der i denne analyse fokus på fødevarer, energi, negative udledninger og natur. Det skyldes, at disse behov er knyttet til aktiviteter, som i stor udstrækning foregår i Danmark, og som er betydende for Danmarks territoriale drivhusgasudledninger. Der er mindre fokus på biogent kulstof til materialer. Det behov er i høj udstrækning knyttet til aktiviteter, som foregår uden for Danmark. Derfor indgår behovet for biogent kulstof til forbrug af materialer og andre forbrugsvarer ikke eksplicit i analysens beregninger. Det indgår dog implicit i den danske fremstillingsindustriens energibehov og i dansk affaldsbehandling. Analysens afgrænsning uddybes senere i kapitlet.

Atmosfærens drivhusgaskoncentration kan nedbringes på forskellig vis

Kulstof udveksles i et kredsløb mellem kulstofkilder og kulstoflagre og endvidere kulstofets påvirkning af koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren. Se figur 2.1.



Figur 2.1 Kredsløb mellem kulstofkilder og -lagre og påvirkning af atmosfærens indhold af CO₂ og metan

Anm. 1: Energi og industri inkl. brændstofproduktionen symboliserer forskellige omdannelser af kulstof, herunder fx fremstillingsindustri, pyrolysning, biogasproduktion, kraftvarme og brændstofproduktion.

Anm. 2: Fossile brændsler indgår ikke i analysens veje til målopfyldelse i 2050.

Anm. 3: Der er flere udeladelser i figuren. Der er ikke vist HFC- og PFC-gasser, som også indeholder kulstof. Ligeledes er udledning fra human ernæring samt havets udveksling af CO₂ med atmosfæren heller ikke afspejlet.

Kilde: Klimarådet.

Figuren indeholder ikke alle processer og drivhusgasser. Figuren fremhæver derimod betydningen af de biogene kulstofstrømme, og understreger, at den eneste måde at frembringe denne biogene ressource på, er via fotosyntese. Fotosyntese og DAC er fremhævet med fed i figuren for at fremhæve, at der overordnet set kan tales om to kategorier af metoder til at nedbringe koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren og til at skabe negative udledninger. De to kategorier er:

- **Biologisk.** En lang række metoder knytter sig til biologisk optag af CO₂ eller kulstof fra atmosfæren og hav- og søvand via fotosyntese. De omfatter lagring af kulstof i skov og jord, fangst og lagring af CO₂ fra afbrænding af biomasse (BECCS) og lagring af biokul fra pyrolyse.
- **Ikke-biologisk.** En lang række andre metoder anvender ikke fotosyntese og trækker i stedet CO₂ eller kulstof ud af luft (fx DAC) ved at accelerere naturlige processer som forvitrning, kulstoffangst fra havvand og øget alkalinitet i havet. I figur 2.1 omtales løsningerne dog som DAC for forenklingens skyld. Det gælder også for resten af denne rapport.

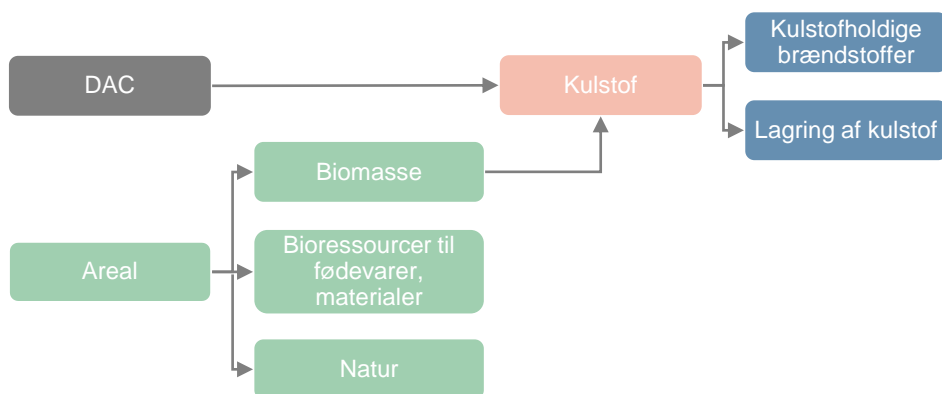
Biologisk baserede negative udledninger og brændstof kræver areal

Fordelingen mellem de biologisk baserede løsninger og andre ikke-biologiske metoder har stor betydning for, hvor meget areal der skal bruges til negative udledninger.

Hvis der skal produceres grønt brændstof, kan det ligeledes foregå med eller uden kulstof. Her har det også stor betydning, om DAC giver mulighed for at tilvejebringe kulstof, eller om vi også her er afhængige af areal til at fremskaffe biogent kulstof.

Behovet for areal til negative udledninger og brændstofproduktion er altså afhængig af tilgængeligheden af DAC som omstillingselement. Da der også er brug for areal til fødevarer, bliver DAC også en betydende faktor for mængden af areal til rådighed for produktion af bioressourcer, herunder fødevarer, foder og bioressourcer til materialer.

Figur 2.2 viser et overblik over denne analyses fokus. Analysen tager udgangspunkt i forståelsen af sammenhængen mellem DAC og areal som kulstofleverandør til forskellige formål og som grundlag for fødevarereproduktionen.



Figur 2.2 Sammenhæng mellem DAC og behov for areal i analysen

Anm.: Der er tale om en forenklet skitse med henblik på at understrege analysens fokus. Der er fx i mindre grad fokus på biogent kulstof til materialer i analysen, da materialer i høj udstrækning er knyttet til aktiviteter, som foregår uden for Danmark. Kulstof til materialer indgår dog implicit i den danske fremstillingsindustri energibehov og i dansk affaldsbehandling.

Kilde: Klimarådet.

Knapheden på biogent kulstof er altså lig knapheden på areal, i hvert fald så længe der ikke er udbredt metoder til at øge fotosyntesen på en måde, der er afkoblet fra land, fx via algeproduktion i tanke. Knapheden på biogent kulstof uddybes i boks 2.2.

Boks 2.2 Hvad er biogent kulstof?

Kulstof er et grundstof, som angives ved bogstavet C. Kulstof er en central byggeklod for alt liv på Jorden. Vi har masser af kulstof på Jorden – blandt andet i bioressourcer, kalksten, atmosfæren, havet og i fossile brændsler. For meget kulstof i atmosfæren, i form af drivhusgasser, medfører globale klimaforandringer.

Der skal skelnes mellem biogent kulstof og andet kulstof

Det er vigtigt at skelne mellem *biogent kulstof* og *ikke-biogent kulstof*. Det biogene kulstof stammer fra fotosyntese, hvor planter ved hjælp af sollys optager CO₂ fra atmosfæren og skiller kulstoffet, C, fra ilt, O₂, så kulstoffet kan indgå i energiholdige kemiske forbindelser.

Der er biogent kulstof i afgrøder, i biomasse som halm og træ og i alle fødevarer. Når vi fordøjer mad og forbrænder træ, frigives energien, som kom fra solen, og der dannes igen CO₂. Det dannede CO₂ kan kaldes biogent, da det stammer fra biologisk materiale. Det biogene kulstof er altså karakteriseret ved at indgå i det hurtige kulstofkredsløb, hvor kulstoffet bevæger sig relativt hurtigt rundt mellem forskellige kulstofpuljer.

Kul, olie og naturgas er også biologisk baseret, men kaldes fossilt kulstof, fordi brændslerne blev dannet for millioner af år siden. Det fossile kulstof er altså karakteriseret ved at være en del af det langsomme kulstofkredsløb, der løber over mange millioner år.

Biogent kulstof er værdifuldt og knapt

Biogent kulstof er en værdifuld og begrænset ressource. Værdifuld, fordi biogent kulstof er en central komponent i mad til mennesker og dyr, og fordi biogent kulstof også skal bruges til materialer, brændstoffer og negative udledninger. Begrænset, fordi mængden af fotosyntese på Jorden er afhængig af mængden af planter og alger.

Mennesker bruger hvert år en stor del af det biogene kulstof, der dannes på Jorden. Den årlige mængde svarer til en tredjedel af det biogene kulstof, der blev produceret på Jorden hvert år i de 10.000 år, der gik forud for den industrielle revolution. Menneskers omfattende udnyttelse af biogent kulstof påvirker økosystemerne og er en væsentlig drivkraft i biodiversitetstabet.¹⁶

Mængden af fossilt kulstof er stor og ved at bruge det, tilføres mere CO₂ til atmosfæren, hvilket medfører klimaforandringer. Vi må derfor stort set begrænse os til at bruge det biogene kulstof, der indgår i det hurtige kulstofkredsløb, hvor det udledes til atmosfæren og løbende optages igen af planter. Når det biogene kulstof er en knap ressource, skal vi sørge for, at fødevarereproduktionen og biodiversiteten er tilgodeset, når vi indfører klimatiltag, der involverer brugen af biogent kulstof.

Indfanget CO₂ kan lagres eller bruges

Mennesker kan, ligesom planter, udnytte solens energi. Men hvor planterne binder solenergien i biomasse, skaber vi fx el og varme via solceller og solfangere. Vi kan også bruge solenergien til at optage CO₂ fra atmosfæren ved hjælp af teknologier som DAC. Når vi har fanget CO₂ fra luften, kan vi lagre den i undergrunden, eller vi kan producere fx brændstoffer af den. Hvis vi gør det sidste, bryder vi de kemiske forbindelser mellem kulstof og ilt, ligesom planter gør, og skaber nogle nye kemiske forbindelser med et højt energiindhold, som kan brænde. Hvis DAC, eller en tilsvarende teknologi, bliver billig og tilgængelig i stor skala, vil vi i princippet kunne lave de brændstoffer, vi skal bruge, og vi vil kunne optage og lagre nok CO₂ fra atmosfæren til at nå vores klimamål, uden at vi skal trække på den knappe biogene kulstofressource. Men indtil da er vi afhængige af planters fotosyntese og af den begrænsede mængde af biogent kulstof til brændstoffer og negative udledninger foruden til fødevarer og materialer.

Det er baggrunden for, at knaphed på biogent kulstof er et omdrejningspunkt i analysen.

2.1.3 Rammebetingelser for scenarier

Tre rammebetingelser lægges ned over designet af hovedscenarier

Der tages højde for, at biogent kulstof er en begrænset ressource, når scenarierne skal udformes. Det gøres ved at lægge en række rammebetingelser ind i scenarierne, før omstillingselementerne bringes i spil for at nå klimamålene.

Skal klimamålet fx kunne nås ved blot at importere bioressourcer til energisystemet og brændstofproduktionen eller ved blot at nedlægge landbrugsproduktionen, uden at vi forstår konsekvenserne for Danmarks fødevarereksport? Skal Danmark tage et medansvar for udledninger fra international transport? Og understøtte forbedring af levevilkår for arter? Disse spørgsmål er årsagen til, at Klimarådet opstiller tre rammebetingelser for designet af scenarier.

Rammebetingelserne sættes desuden op ud fra et analytisk hensyn, da det er nemmere at sammenligne hovedscenariernes konsekvenser, hvis der er en begrænsning på, hvad der kan variere i et scenarie.

Der opstilles tre rammebetingelser for hovedscenarierne:

1. 30 pct. areal til beskyttet natur

Danmarks arealanvendelse i scenarierne indrettes, så der stilles nok areal til rådighed til at kunne etablere 30 pct. beskyttet natur på land i 2050. Dette er på niveau med målet i EU's biodiversitetsstrategi¹⁷, og et tilsvarende niveau blev aftalt globalt på det seneste topmøde i regi af FN's biodiversitetskonvention.¹⁸

Danmark har også andre mål på miljøområdet, men målet om et bestemt areal til biodiversitet er inkluderet her, da der er store arealmæssige overlap mellem klimatiltag på arealer og beskyttelse af levesteder for arter.

Analysen forholder sig ikke til, hvilken politik der er nødvendig for at beskytte biodiversiteten tilstrækkeligt, men den sikrer, at der stilles et areal til rådighed, som muliggør beskyttelse af de 30 pct. Natur forstås her som urørt skov, vådområder og græsarealer, der ikke dyrkes.

2. Ingen import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring

Scenarierne indeholder ikke muligheden for at importere bioressourcer til energiformål eller til lagring af kulstof for at nå Danmarks klimamål. Danmarks nuværende import af biomasse og biobrændstoffer er altså ophørt i 2050 i alle hovedscenarier.

Rammebetingelsen begrundes med, at biogent kulstof forventes at blive central i mange landes bestræbelser på at nå en målsætning om klimaneutralitet. Danmark ønsker med klimaloven at være et foregangsland, og det er svært foreneligt med import af bioressourcer, som vi har gode muligheder for at producere selv. Klimarådet har også tidligere peget på det problematiske i, at Danmark baserer sin klimaomstilling på store mængder importeret biomasse.¹⁹

Med disse scenarier belyses det, om produktion og forbrug af bioressourcer i Danmark kan indpasses på en måde, hvor klimamålene nås uden import heraf. Det er således lettere at sammenligne scenarierne, når der ikke importeres bioressourcer til energiformål og kulstoflagring i nogen af dem. Følgeligt kan man aflæse variationen i scenariernes

produktionsoverskud til udlandet af fødevarer og foder samt variation i scenariernes forbrug af bioenergi.

3. Produktion af grønne brændstoffer til international transport

Klimarådet har i analysen *Danmarks globale klimaindsats* fra 2023 anbefalet, at Danmark sætter et klimamål for udledninger fra brændstof, der tankes af udenrigsfly og -skibe i Danmark, også kaldet bunkring. Omfanget af bunkring opgøres årligt som led i rapporteringen af det danske drivhusgasregnskab til FN, selv om udledningerne herfra ikke tælles med i regnskabet.

Klimarådet vurderede i *Danmarks globale klimaindsats*, at netop disse udledninger opfylder alle Klimarådets kriterier for at opstille mål for at reducere de globale udledninger som led i Danmarks globale klimaindsats. Klimarådet vurderede, at området repræsenterer et væsentligt reduktionspotentiale, at der mangler tilskyndelse til handling, at udledningerne er mulige at opgøre efter en fast metode og monitoreres, og at det er muligt at sætte et klimamål for denne del af den internationale transport og kontrollere det. Rapporten argumenterede for, at målet enten kan sættes som et separat nettonulmål i 2050 eller indgå som en del af Danmarks territoriale klimamål.

I denne analyse er et sådant mål operationaliseret ved, at Danmark i alle scenarier skal producere en mængde grønt brændstof svarende til den mængde, der bunkres i Danmark i 2050. Det skal ske i tillæg til opnåelsen af klimamålene.

Grønt brændstof anvendes som betegnelse for ikke-fossilt brændstof i denne analyse.

Et klimamål for den internationale transport kan også håndteres på en anden måde end i denne analyse, fx ved at eventuelle restudledninger fra luftfarten kompenseres via negative udledninger.

2.1.4 Analysepørgsmål

Klimamålene og rammebetingelserne definerer og fastlåser en del af analysens grundlæggende forudsætninger, og lader andre stå åbne for variation. På den baggrund stilles en række analysepørgsmål, som besvares i kapitel 3.

- Hvor langt når vi med allerede kendte omstillingselementer uden rammebetingelser?
- Hvordan når scenarierne klimamålene med de givne rammebetingelser?
- Hvad består de tilbageværende udledninger i scenarierne af?
- Hvad indebærer det at skulle nå målene uden DAC?
- Hvad er konsekvenserne af målopfyldelsen for bioenergiforbruget?
- Hvad er konsekvenserne af målopfyldelsen for Danmarks overskud af energi, fødevarer og foder til udlandet?

Analysespørgsmålene udgør ligeledes strukturen for præsentation og analyse af resultaterne i kapitel 3.

2.2 Analysetilgang og -værktøjer

Kapitel 2.1 redegjorde for de generelle overvejelser bag scenariernes opbygning. Det følgende afsnit indeholder derfor kun en kort introduktion hertil og går derefter mere i dybden med beregningsmetode, afgrænsning og antagelser.

Scenarier designes med mest vægt på en ny hverdag eller på ny teknologi

Scenarierne er bygget op af tekniske omstillingselementer, der reducerer drivhusgasudledningen. To af scenarierne er karakteriseret ved fx nye transport- og kostvaner, en væsentlig omstilling af landbrugserhverv og cementindustri samt negative udledninger baseret på biologiske løsninger. De kaldes Ny Hverdag 100 og Ny Hverdag 110. De øvrige to scenarier er karakteriseret ved fx tekniske tiltag i landbruget og CO₂-fangst fra luften. De kaldes Ny Teknologi 100 og Ny Teknologi 110. En stor del af udviklingen i scenarierne er den samme i alle fire hovedscenarier.

Scenarier opbygges af kendte og nye omstillingselementer

Der skelnes mellem kendte og nye omstillingselementer i opbygningen af scenarier:

- **Kendte omstillingselementer** er klimatiltag, som i overvejende grad er klar til at blive implementeret, eller som kan ses som en fortsættelse af den igangværende trend. Det kan fx være udtagning af kulstofrige jorder, varmepumper, energieffektivisering og omstilling til fossilfri vejtransport. I udvælgelsen af kendte omstillingselementer ligger en overordnet faglig vurdering af realismen i implementeringen af omstillingselementet og en forventning om niveauet af omstillingselementets samfundsøkonomiske omkostninger. Der er ikke defineret specifikke kriterier for denne overordnede vurdering.
- **Nye omstillingselementer** er klimatiltag, som enten kræver teknologisk udvikling, indeholder markante adfærsændringer og produktionsomlægninger, eller som på anden vis vurderes at være forbundet med implementeringsudfordringer på nuværende tidspunkt. Det kan fx være lagring af store mængder biokul i jorden, en væsentlig nedgang i husdyrproduktionen eller i transportbehovet samt DAC.

Scenarierne bygger alle på en række fælles kendte omstillingselementer. Derimod varierer hovedscenariernes omfang af nye omstillingselementer.

2.2.1 Analysens scenarier

Analysen ser først på, hvor langt vi når med kendte omstillingselementer. Dernæst ses der i fire hovedscenarier på, hvordan forskellige klimamål kan nås under de tre rammebetingelser. En række alternative scenarier supplerer analysen ved at variere på centrale antagelser i hovedscenarierne. Scenarierne i analysen fremgår af tabel 2.1

Tabel 2.1 Scenarier i analysen

Type af scenarie	Scenarienavn	Rammebetingelser?
Introducerende scenarie	<ul style="list-style-type: none"> Kendt Omstilling 	Nej
Hovedscenarier	<ul style="list-style-type: none"> Ny Hverdag 100 Ny Teknologi 100 Ny Hverdag 110 Ny Teknologi 110 	Ja
Alternative scenarier	<ul style="list-style-type: none"> Alternativt scenarie 1: Kombination af Ny Hverdag 110 og Ny Teknologi 110 Alternativt scenarie 2: Ny Teknologi 110 uden DAC Alternativt scenarie 3: Ny Teknologi 110 uden rammebetingelse om natur Alternativt scenarie 4: Ny Hverdag 110 uden rammebetingelse om import af bioressourcer til energi og kulstoflagring Alternativt scenarie 5: Ny Teknologi 110 uden rammebetingelse om produktion af brændstoffer Alternativt scenarie 6: Ny Teknologi 110 med opvejning af plastforbrug og kondensstriber 	Variierer

Anm.: Hovedscenarierne betegnes i analysen blot som scenarier med mindre der eksplicit er behov at skelne mellem hovedscenarier og øvrige scenarier.

Kilde: Klimarådet.

2.2.2 Modelværktøjer

Scenariernes effekter er ikke et resultat af økonomisk optimerede aktiviteter

Scenarierne for 2050 er tekniske analyser af fysiske størrelsesordener, fx i vægtenheder eller energienheder. Modelværktøjerne holder styr på aktiviteten og udledninger i Danmarks sektorer samt produktion og forbrug af ressourcer, som er betydende for at nå det territoriale klimamål og rammebetingelserne, herunder fx arealer, dyr, afgrøder, energi samt forarbejdnings- og produktionsprocesser.

I modellernes brugerflade justeres der på omfanget af omstillingselementerne, indtil mål og eventuelle rammebetingelser for scenarierne er opfyldt. Modellerne indeholder antagelser om effekter og omregninger af data, hvoraf de centrale er beskrevet i dette kapitel og suppleret i *Baggrundsnotat 1*.

Der er ingen økonomiske data i de anvendte modelværktøjer, og der er dermed ikke tale om økonomisk optimerede scenarier, hvor en efterspørgsel kan stimuleres billigst muligt. Modellerne indeholder ikke generelle økonomiske ligevægtseffekter, som ændrer på priser eller effekter af politiske instrumenter som afgifter.

Modelværktøjer holder styr på ressourcestrømme

Scenarierne opbygges i tre regnearksmodeller, som er udviklet til formålet. Fordelen ved at udvikle modelværktøjer til denne analyse er, at det sikrer en systemsammenhæng på tværs af sektorer i Danmark. Det betyder fx, at der som udgangspunkt er konsistens i beregningen af produktion og forbrug af bioressourcer, fx i land- og skovbrugssektorens leverancer af bioressourcer til energisystemet. Det sikres fx, at en halmressource kun

Klimarådet.

anvendes én gang, selv om der er en lang række af konkurrerende anvendelsesmuligheder af halm, herunder til afbrænding, til biogas eller til biokul ved hjælp af pyrolyseteknologi.

Med modelværktøjerne er det muligt at holde styr på, om der fx er rest- og spildprodukter tilovers på nationalt plan, der kan udnyttes, om arealerne summerer til hele Danmarks areal, om dyrene får foder og danskerne fødevarer, om der er nok indfanget kulstof til at producere brændstoffer og nok græs til at producere græsprotein til foder.

Med modelværktøjerne er det endvidere muligt at beregne Danmarks overskud af ressourcer som energi, fødevarer og foder.

Boks 2.3 uddyber modelværktøjerne og deres afgrænsning. Derefter følger en sektorvis gennemgang af de centrale antagelser for scenarierne.

Boks 2.3 Modelværktøjer til scenarieanalyse

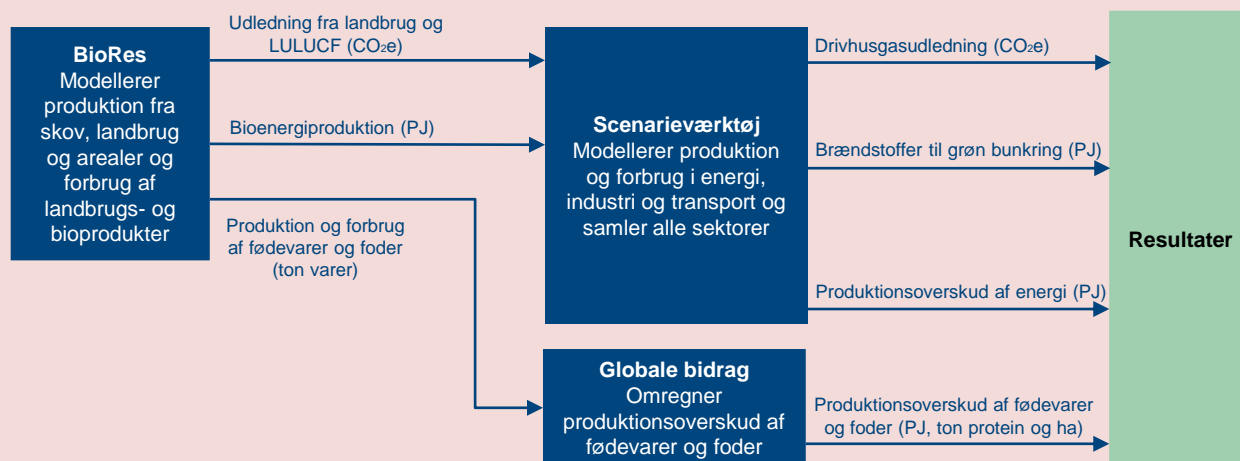
Scenarierne modelleres i regnearksmodeller, der indeholder mange forskellige variable i fysiske mængdeenheder. Den samlede model kaldes i figur 2.3 for *Scenariевærktøj* og er udviklet af Klimarådet til formålet. I udviklingen af dele af modellen har konsulentvirksomheden Energy Modelling Lab bidraget med input. I modellen er der indlagt effekter og ressourcetræk baseret på eksterne kilder og faglige vurderinger. Der er også bevidst foretaget en række forsimplinger for at være i stand til at få alle sektorer, ressourcer og systemsammenhænge, som er væsentlige for det territoriale klimamål og rammebetingelserne, med i modellen.

Scenariевærktøjet får input fra modellen *BioRes*, som modellerer Danmarks produktion fra skov, landbrug og arealer samt forbrug af landbrugs- og bioprodukter. *BioRes* er oprindeligt udviklet af Energy Modelling Lab for Energistyrelsen og er til dette projekt videreudviklet af Energy Modelling Lab i samarbejde med Klimarådet. Forskere fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) og Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet samt fra Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ved Københavns Universitet har tillige ydet konsulentbidrag til videreudviklingen af *BioRes*.²⁰

BioRes leverer også input til et selvstændigt regneark, i figuren kaldet *Globale bidrag*, der omregner produktionsoverskuddet af fødevarer og foder fra *BioRes* til energi, protein og arealer. Resultatet af *Scenariевærktøj*, *BioRes* og *Globale bidrag* er:

- en samlet national drivhusgasudledning fordelt på udledningskategorier
- en mængde og type af brændstoffer til bunkring af international transport
- en national balance for produktion og forbrug af energi, herunder bioenergi
- en national balance for produktion og forbrug af fødevarer og foder.

Modellernes væsentligste moduler og sammenhænge er vist i figur 2.3.



Figur 2.3 Moduler i analysens modelværktøjer

Anm.: LULUCF er udledningskategorien for arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skov.

Kilde: Klimarådet.

Værktøjerne opgør en lang række ressourcer som kulstof, areal, vedvarende energi, afgrøder, husdyr og biogene produkter som halm, træ, affald og husdyrgødning. Ressourcerne gennemgår i værktøjerne en række processer som biogasproduktion og -opgradering, elektrolyse, raffinering, power-to-X-processer, fangst og lagring af CO₂, afbrænding, pyrolyse, forarbejdning, fodring og kostsammensætning. I *Baggrundsnotat 1* og *Baggrundsnotat 2* findes en uddybende beskrivelse af modellernes aktiviteter, produktionsprocesser og omstillingselementer.

Værktøjer modellerer slutåret 2050

Modelværktøjerne er designet til at analysere effekter i året 2050, og ikke i et forløb frem mod 2050. Der er dog på enkelte områder modelleret et tidsforløb frem mod 2050, fx for skovens kulstofpulje og kulstoflagret i biokul fra halm og afgasset biomasse, da aktiviteten i perioden har stor indvirkning på effekten i året 2050. I *Baggrundsnotat 2* findes en uddybende forklaring af modelleringen af kulstofeffekter fra skov og biokul.

Nye danske produktionserhverv indgår, hvis de er en del af målopfyldelsen

Modellerne indeholder produktionserhverv i 2050, som også findes i Danmark i dag. Der er dog enkelte undtagelser, som ophører, fx udvinding af fossil olie og gas i Nordsøen. Der indgår ikke nye danske udledende produktionserhverv i modellerne.

Antagelsen repræsenterer ikke nødvendigvis Klimarådets forventning til, om et givent produkt fortsat vil blive produceret i Danmark eller importeret fra udlandet i 2050. Antagelsen er derimod valgt, for at klimamålene ikke blot kan opfyldes ved at rykke nuværende produktion af produkter ud af Danmark. Tilsvarende er det valgt, at modellerne skal indeholde nye danske produktionserhverv, som ikke findes på markedet i dag, hvis disse teknologier tages i anvendelse i scenarierne. Der tages altså højde for, at nye produktionserhverv også har et træk på energi og ressourcer. Det er valgt, for at klimamålene ikke blot kan opfyldes ved at importere teknologierne og se bort fra deres energi- og ressourcebehov i produktionen.

De nye produktionserhverv i modellerne er:

- **Produktion af bio- og elektrobrændstoffer** som brint, ammoniak og jet fuel. Produktionen kræver ofte store mængder elektricitet fra vedvarende energi og i nogle tilfælde kulstof fra bioressourcer eller fra CO₂-fangst fra luften.
- **Kunstigt kød og kunstig mælk samt plantebaserede alternativer til kød og mælk.** Produktionen kræver et input af havre, majs, korn og elektricitet baseret på vedvarende energi.
- **Bioraffinering af græs.** Produktionen kræver et input af græs og elektricitet baseret på vedvarende energi.
- **Negative udledninger.** Realiseringen af negative udledninger indebærer et træk på enten bioressourcer – og derved et arealbehov i Danmark grundet rammebetingelsen om ingen import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring – eller alternativt et energiforbrug til drift af fx DAC-anlæg.

Importerede varer bliver til affald med et kulstofindhold

Der er i modelværktøjerne ikke inkluderet træk af energi og ressourcer eller udledninger knyttet til produktion af importerede forbrugsvarer, fx import af biler, kemikalier, tøj og elektronik.

Disse kulstofholdige produkter er i dag typisk produceret ud fra fossile energikilder og indeholder dermed fossilt kulstof. I modelværktøjerne optræder nogle af disse produkter som affald, hvis de efter endt levetid bortskaffes til affaldsbehandling i Danmark.

I det omfang produkterne stadig indeholder fossilt kulstof i 2050, skal udledningen fra disse produkter håndteres som en del af klimamålene, når de afdamper eller afbrændes på dansk territorium. Det indlejrede kulstof i produkterne vil indfanges med CO₂-fangstanlæg på affaldsforbrændingsanlæg, i tilfælde hvor produkterne efter endt levetid afbrændes. I andre tilfælde vil kulstoffet typisk frigives og udledes til atmosfæren.²¹ Det gælder fx for forskellige kemikalier.

På energi- og landbrugsområdet modelleres import af varer i mængder

Værktøjerne inkluderer import af varer på skov- og landbrugsområdet i vægtenheder. Dog er import af træ til materialer ikke inkluderet. På skov- og landbrugsområdet er der antaget forhold omkring produktionen af biogene produkter, herunder forskellige arealanvendelser, forskellig afgrøde- og husdyrproduktion og forskellig foder- og kostsammensætning. Forskellen mellem produktion og forbrug vises som et potentielt produktionsoverskud til udlandet.

På energiområdet er der antaget forskellige teknologier til energiproduktion samt forbrug af energi til bygninger, transport og industri. Der beregnes også her et produktionsoverskud til potentiel eksport til udlandet ved at fratække forbrug fra produktion.

Adfærdsændringer indgår i scenariernes omstillingselementer

Modelværktøjernes omstillingselementer indeholder ikke kun tekniske tiltag. De indeholder også adfærdsændringer. Adfærdsændringer kan være eksplicite eller implicite:

- **Eksplicit adfærdsændring.** En aktørs adfærdsændring er eksplicit, når det fx antages, at forbrugeren omlægger kosten fra animalske fødevarer til plantebaserede eller til kunstigt kød og kunstig mælk.
- **Implicit adfærdsændring.** En aktørs adfærdsændring er implicit, når det fx antages, at antal kørte kilometer på vejene mindskes. I dette eksempel er det altså ikke defineret i omstillingselementet, hvordan transportarbejdet mindskes. Den mindskede kørsel kan realiseres på flere forskellige måder, herunder ved samkørsel, skift til emissionsfri transportmidler som cykel eller tog eller ved en reduktion i mobiliteten.

Værktøjerne modellerer ikke danskernes forbrugsbaserede klimaaftryk

Modelværktøjerne indeholder ikke udledninger fra produktion af importerede varer og kan ikke modellere udledningen fra Danmarks samlede forbrug. Grøn omstilling i omverdenen muliggør, at det materielle forbrug i Danmark får et lavere klimaaftryk. Men hvis omverdenen kun omstiller sin produktion i begrænset omfang, vil vores høje materielle forbrug i 2050 fortsat have et højt klimaaftryk, selv om Danmark er blevet klimaneutral eller har nettonegative udledninger.

Analysens beregninger for 2050 er forbundet med betydelig usikkerhed

Analysens resultater skal ses i sammenhæng med de usikkerheder, der nødvendigvis er forbundet med at estimere forbrug, produktion, udledninger og teknologi i 2050. Der er knyttet en række forskellige typer af usikkerheder til analysen, hvoraf følgende fremhæves som væsentlige:

- **Fremtidigt aktivitetsniveau.** Det er nødvendigt at foretage antagelser om fx det fremtidige energi- og transportbehov, også for udenrigsfly og -skibe. Modellerne tillader, at der mellem scenarierne kan varieres på energi- og transportbehovene i 2050.
- **Nye teknologier.** Der kan i 2050 være ny teknologi, der ikke er kendskab til på nuværende tidspunkt, og der kan være løsninger, som i dag ser lovende ud, men som alligevel ikke ender med at vinde indpas.
- **Emissionsfaktorer.** Der er en særlig usikkerhed forbundet med at opgøre ikke-energirelaterede udledninger, herunder særligt fra arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skov. Det gælder for alle opgørelser og fremskrivninger på klimaområdet.
- **Detaljeringsniveau.** Der er foretaget en række forsimplinger i beregningsværktøjerne for at kunne håndtere et system, der spænder over både udledninger og ressourcensammenhænge på tværs af sektorer. Det medfører usikkerhed i beregningsgrundlaget.

2.3 Antagelser om anvendelsen af Danmarks areal

De centrale antagelser om anvendelsen af arealet ses i tabel 2.2, og efterfølgende forklares baggrunden for udvalgte antagelser. De skal også ses i lyset af, at der for alle fire hovedscenarier er sat en rammebetingelse om at afsætte 30 pct. af Danmarks areal til natur.



Tabel 2.2 Centrale scenarieantagelser for arealanvendelsen i 2050

		Kendt	100-procentsmål		110-procentsmål	
		Omstilling	Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Andel kulstofrige jorder udtaget i forhold til 2020	pct.	70	70	70	70	70
Rejsning af ny produktionsskov	ha	83.500	250.000	83.500	500.000	83.500
Areal omlagt til urørt skov	ha	48.125	450.500	460.000	438.000	460.000

Anm. 1: Markering med fed angiver værdier, der afviger fra Kendt Omstilling.

Anm. 2: Tabellen viser centrale antagelser for 2050. Scenarierne indeholder også antagelser vedrørende bebyggelse, areal til vedvarende energi og skovtyper. Se også *Baggrundsnotat 1*.

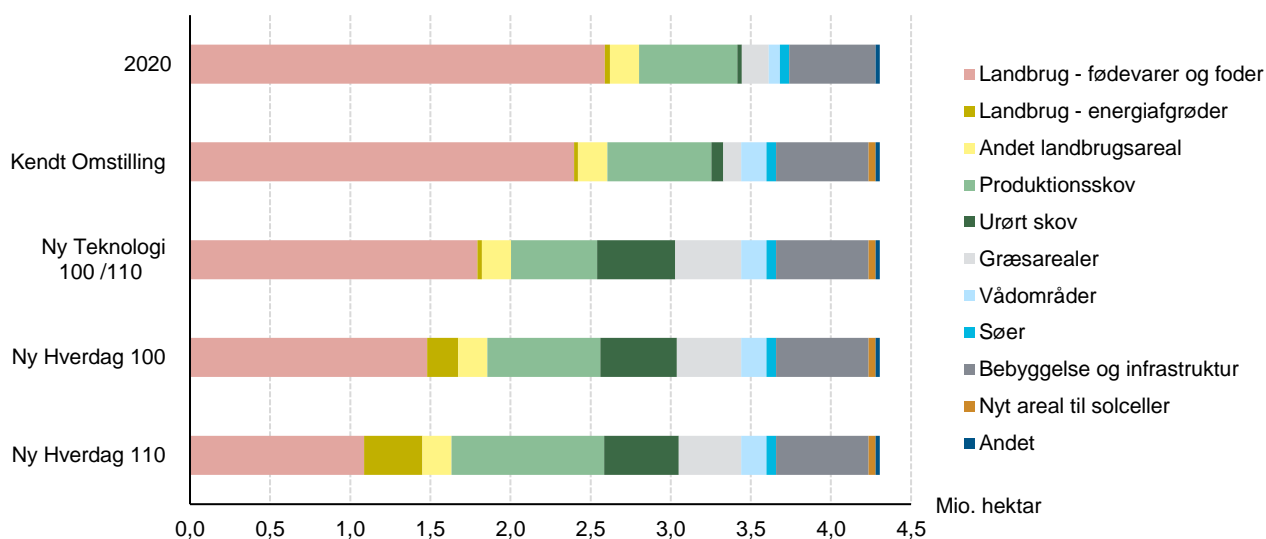
Anm. 3: Arealet med urørt skov varierer afhængigt af arealet med produktionsskov, da det antages, at 10 pct. af arealet til produktionsskov kan medregnes i de 30 pct., der er afsat til natur. I Ny Hverdag 110 med meget produktionsskov afsættes der derfor lidt mindre urørt skov.

Kilder: Antagelser om arealet med skovrejsning af produktionsskov er Klimarådets antagelse baseret på Regeringen, *Ansvar for Danmark, 2022*. Øvrige antagelser er foretaget af Klimarådet. Kilder til antagelser for udledninger, reduktionseffekter, anvendelser og omregninger fremgår af *Baggrundsnotat 2* og af BioRes-modellen.²²

Arealfordelingen er et vigtigt input til scenarieberegningerne

Fordelingen af anvendelsen af arealer er en central antagelse i scenarierne. Den har indflydelse på, hvad der kan produceres af energi, fødevarer og foder, ligesom der kan styres efter et ønsket arealomfang afsat til natur i hovedscenarierne.

Figur 2.4 viser arealfordelingen dels i 2020, dels i Kendt Omstilling, som er uden rammebetingelser, og i hovedscenarierne, som er med rammebetingelser.



Figur 2.4 Arealfordeling i 2020, i Kendt Omstilling og i hovedscenarierne i 2050

Anm. 1: Arealer til natur i 2050 udgøres på figuren af Urørt skov, Græsarealer, Vådområder, Søer og dele af Produktionsskov og Andet landbrugsareal. Dyrkede græsmarker er i figuren indeholdt i Landbrug - fødevarer og foder.

Anm. 2: Nyt areal til solceller udgør det ekstra areal (44.000 hektar), der skal bruges fra i dag og frem mod 2050, mens nye vindmøller placeres i øvrige arealkategorier.

Kilde: Klimarådet.

Arealfordelingen i 2020 kan benyttes som sammenligningsgrundlag. Fra 2020 til 2050 er der en samlet bevægelse over mod en større arealanvendelse til bebyggelse og infrastruktur og en større anvendelse til skov og græsarealer på bekostning af landbrugsafgrøder. Det er først og fremmest for at overholde rammebetingelsen om 30 pct. areal til natur.

I de to scenarier med en ny hverdag anvendes der markant mere areal til produktion af energiafgrøder.

Scenarier når regeringens skovrejsningsmål i forskellige år

Arealfordelingen i scenarierne er tilnærmelsesvis den samme som i Biodiversitets- og vandmiljøscenariet fra Klimarådets analyse *Danmarks fremtidige arealanvendelse* fra 2024, hvad angår areal udlagt til natur. For produktionsskov er der i begge analyser taget udgangspunkt i regeringsgrundlagets mål om etablering af 250.000 hektar ny skov i Danmark.

I *Danmarks fremtidige arealanvendelse* antages målet nået i 2050 for analysens Biodiversitets- og vandmiljøscenarie. Det gælder også for denne analyses Ny Hverdag 100, mens Ny Hverdag 110 går endnu længere med et skovrejsningsareal på 500.000 hektar i 2050. Derimod adskiller Kendt Omstilling, Ny Teknologi 100 og Ny Teknologi 110 sig fra scenarierne med en ny hverdag ved først at nå målet på 250.000 hektar i år 2100.

CO₂-optaget fra skovene vil stagnere over tid

Skovrejsning bidrager væsentligt til klimamålene i 2050 ved årligt at optage CO₂. I takt med at træernes tilvækst på et tidspunkt stagnerer, optages der årligt en mindre mængde CO₂ i skoven. Skovtypen og driftspraksis afgør, hvornår dette sker. Hvis eksisterende

Klimarådet.

skov lades urørt, forventes det, at den efter cirka 200 år ikke længere vil bidrage med årligt optag af CO₂.²³ Når skoven ikke længere har et nettooptag, eller optaget bliver for lille, vil der være behov for at erstatte negative udledninger herfra med andre former for negative udledninger. Det er dog ikke aktuelt i denne analyse, som omhandler udledninger og negative udledninger i 2050. Boks 2.4 uddyber opgørelsesmetoderne for udledning og optag fra skov.

Boks 2.4 Skovens effekt på drivhusgasudledningen

Skov kan både optage og frigive CO₂. Når træerne vokser, optages CO₂ fra luften, og kulstoffet lagres i træerne. Dermed vokser skovens kulstoflager. Omvendt sker der en udledning, hvis træerne ryddes eller hugges mere end tilvæksten. I Danmarks drivhusgasopgørelse til FN opgøres følgende effekter fra skov:

- Ændringer i skovens kulstoflager
- Ændringer i lageret af høstede træprodukter

For skov opgøres en årlig nettoudledning som følge af ændringer i skovens kulstoflager. På samme vis opgøres en årlig nettoudledning som følge af ændringer i lageret af træprodukter.

Hvis træ afbrændes til energiformål og udleder biogen CO₂, opgøres det ikke som en udledning. Udledningerne opgøres derimod som en ændring i skovens kulstoflager. Hvis den biogene CO₂ indfanges, når træ afbrændes, og CO₂'en lagres permanent i undergrunden, opgøres den lagrede CO₂ som en negativ udledning, der bidrager til at opfylde klimamål.

Afbrænding af importeret træ tæller ikke i importlandets klimaregnskab

Fjernelse af træ fra skovens lager opgøres i det land, hvor skovens kulstoflager mindskes. Det betyder, at import af træ ikke belaster det importerende lands drivhusgasopgørelse. Når Danmark importerer biomasse til energiformål, regnes det således for CO₂-neutralt ved afbrænding, til trods for at der sker en fysisk udledning af CO₂ i det importerende land.

En sådan territorial drivhusgasopgørelse adskiller sig fra opgørelsen af klimapåvirkningen fra biomasse i hele livscyklussen, også kaldet *carbon footprint* eller klimaaftryk. Opgøres klimaaftrykket ved at afbrænde træ fra skove til energiformål med en såkaldt konsekvensmetode, vil den typisk vise, at afbrændingen ikke er klimaneutral, og at afbrændingens påvirkning på den globale opvarmning afhænger af den periode, man ser på.

På kortere sigt vil afbrændingen øge den globale opvarmning.²⁴ Indvirkningen på opvarmningen skyldes de tidsfaktorer, der er involveret. Der går fx tid, fra kulstoffet er fjernet fra skoven, til en tilsvarende mængde er lagret igen via skovens genvækst. På længere sigt afhænger påvirkningen af, hvad der antages om blandt andet genplantning, årlig tilvækst mv. Livscyklusmetoden er dog ikke grundlag for denne territorialt baserede analyse.

2.4 Antagelser i landbrugs- og fødevarersektoren

I 2050 vil der i alle hovedscenarier være sket store ændringer i husdyrproduktionen og i danskernes kost. De centrale antagelser om udviklingen inden for fødevarerforbrug og landbrugsproduktion præsenteres i tabel 2.3, og derefter forklares baggrunden for udvalgte antagelser.



Tabel 2.3 Centrale scenarieantagelser for landbrug og fødevarer i 2050

		Kendt	100-procentsmålet		110-procentsmålet	
		Omstilling	Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Udvikling i høstudbytter i forhold til 2020	pct.	20	20	20	20	20
Udvikling i husdyrproduktion med svin og kvæg i forhold til 2020	pct.	0	-60	-20	-80	-40
Andel af konventionelle kvæg med Bovaer tilsat foderet	pct.	29	29	40	29	80
Andel af husdyr- og kunstgødning, som tilsættes nitrifikationshæmmere	pct.	0	0	40	0	60

Anm. 1: Markering med fed angiver værdier, der afviger fra Kendt Omstilling.

Anm. 2: Tabellen viser centrale antagelser for 2050. Endvidere indeholder scenarierne antagelser vedrørende omlægning af forbrug af oksekød, svinekød, mælk og ost, sammensætning af afgrøder, økologiandel, efterafgrøder, halmopsamling og -udbytte, hyppig udslusning af gylle fra stald, tilsætning af fedt til husdyrfoder og sammensætning af husdyrfoder. Se *Baggrundsnotat 1* for flere antagelser.

Kilder: Antagelse om udvikling i høstudbytter er fra Dalgaard og Mortensen²⁵ og Jørgensen²⁶ Øvrige antagelser er foretaget af Klimarådet. Kilder til antagelser for udledninger, reduktionseffekter, anvendelser og omregninger fremgår af *Baggrundsnotat 2* og af BioRes-modellen.²⁷

Fødevarerforbruget er mindre animalsk i 2050

Der antages en kostomlægning i scenarierne. Der er observeret en trend i retning af mindre kød og mælk i 2013-2020.²⁸ Der er foretaget en fremskrivning af denne trend til 2050, hvilket resulterer i et fald på 16 pct. af kødforbruget og 38 pct. af mælkeforbruget i forhold til 2020. Der er i Kendt Omstilling antaget halvdelen af dette fald, det vil sige en reduktion i forbruget af okse- og svinekød på 8 pct. og en reduktion i forbruget af mælk på 19 pct. Faldet i forbruget af kød og mælk antages erstattet med bælgfrugter og plantedrikke i Kendt Omstilling. Antagelserne om kostomlægning er Klimarådets antagelser baseret på Fagt m.fl.²⁹ og Pedersen m.fl.³⁰

I scenarierne med ny teknologi erstattes kød og mælk med kunstigt kød og kunstig mælk. I scenarierne med en ny hverdag erstattes fødevarerne af bælgssæd, korn, planteprotein og plantebaserede alternativer til mejeriprodukter.

Der er ikke foretaget en vurdering, der tager højde for, at Danmark har en kort vækstsæson, og at det kan have en sammenhæng med, at Danmark i høj grad har specialiseret sig i husdyrproduktion.

Boks 2.5 Hvad er kunstigt kød og kunstig mælk?

Kunstigt kød og kunstig mælk er produkter, der til en vis grad ligner animalsk baseret kød og mælk, som man finder i køledisken i dag, på smag, tekstur og næringsindhold. Produkterne produceres dog uden dyrehold og foregår på laboratorier og i bioreaktorer.

Kunstigt kød – også kaldet kultiveret kød – produceres i bioreaktorer ved hjælp af kultivering af dyreceller. Cellerne skal blandt andet fodres med protein og kulhydrater for at vokse, og de skal have et stillads eller gitter at vokse på.

Kunstig mælk – også kaldet præcisionsfermenteret mælk – udvikles ved hjælp af oprindelige mælkeproteiner fra dyr. Proteinerne indsættes i mikroorganismer, som derefter producerer de ønskede enkeltproteiner. Proteinerne blandes med øvrige ingredienser for til sidst at blive til kunstig mælk.

Der er ikke set på andre former for kunstigt kød og kunstig mælk i denne analyse end kultiveret kød og præcisionsfermenteret mælk. Analysen indeholder også plantebaserede alternativer til kød og mælk.

Scenarierne med en ny hverdag lever op til kostrådene

I alle scenarier tages der højde for en stigende befolkningsvækst i beregningen af fødevarerforbruget. Kød- og mælkeforbruget pr. person ses i tabel 2.4 og sammenlignes med det anbefalede indtag i en sund og klimavenlig kost ifølge de officielle kostråd.

Tabel 2.4 Kød- og mælkeforbrug pr. person

	De officielle kostråd	2020	100-procentsmål		110-procentsmål	
			Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Gram kød/person/uge	350	1.069	292	998	292	714
Liter mælk/person/dag	0,25	0,26	0,21	0,21	0,05	0,16

Anm. 1: Forbruget i 2020 er fremskrevet fra 2013.

Anm. 2: Kostrådernes mængder af kød og mælk bør generelt ses i sammenhæng med indtaget af fisk, grønt, bælgrugter, ost mv.

Anm. 3: Tabellen viser alene forbruget af animalsk baseret kød og mælk, og således ikke indtag af kunstigt kød, kunstig mælk eller plantebaserede alternativer til kød og mælk i scenarierne.

Kilder: Pedersen m.fl.³¹, Fagt m.fl.³², Fødevarestyrelsen³³ og Klimarådet.

I hovedscenarierne med ny teknologi ligger forbruget væsentligt over det anbefalede indtag af kød, mens det for hovedscenarierne med en ny hverdag ligger lidt under. Indtaget af mælk ligger i scenarierne nogenlunde på det anbefalede niveau, undtagen for Ny Hverdag 110, som ligger væsentligt under. I en sådan hverdag vil der skulle være særlig opmærksomhed på at supplere med fx mørkegrønne grøntsager eller calciumtilskud.³⁴

Høstudbyttet stiger i alle scenarier

I 2050 er der antaget et øget høstudbytte i alle scenarier. Dalgaard og Mortensen³⁵ vurderer, at udbyttet kan stige 0,65 pct. om året. På baggrund heraf vurderer Jørgensen, U., at der til denne analyse kan antages en stigning i udbyttet på 20 pct. fra 2020 til 2050.³⁶

Klimaforandringerne kan påvirke udbytterne, hvis der kommer flere vejrekstreme år med tørrere eller vådere årstider end normalt. Et mildere klima og forskning i afgrødeudbytter kan derimod påvirke udbytterne positivt.

Foderimporten mindskes i scenarierne

Det har været styrende for scenariedesignet at forsøge at mindske foderimporten og etablere en national foderproduktion svarende til forbruget i alle fire hovedscenarier. I Ny Hverdag 100 og 110 pct. er der ikke længere import af foder, hvilket i høj grad bliver muliggjort af antagelsen om en reduktion i antallet af husdyr på henholdsvis 60 og 80 pct.

I Ny Teknologi 100 reduceres husdyrproduktionen med 20 pct., og ved hjælp af bioraffinering af græs til protein er det muligt at halvere importen af foder sammenlignet med 2020. Ny Teknologi 110 går lidt længere og reducerer husdyrproduktionen med 40 pct., og der produceres græsprotein i større omfang med henblik på at undgå al foderimport.

Analysen forudsætter uændret produktivitet i den animalske produktion

Der er ikke antaget produktivitetsstigninger i den animalske produktion. Der foregår i dag en produktivitetsstigning, som blandt andet kommer til udtryk i en årlig stigning i mælkeydelse pr. malkeko, antal smågrise pr. so og et formindsket foderforbrug pr. kg kød eller mælk. I denne analyse har alle dyr i 2050 dog de udbytter og udledninger, de havde i 2020, hvis der ikke er gjort brug af omstillingselementer som fx fodertilsætningsstoffer. Det er der to grunde til:

- Produktivitetsstigninger er ikke en klimamæssig fordel på alle punkter. Udledningen pr. malkeko forventes fx at stige på grund af øget mælkeydelse som følge af genetisk forædling og øget foderindtag. Det betyder, at kvægbestanden forventes at være faldende fremadrettet.³⁷
- Det er usikkert, om de nuværende produktivitetsstigninger af den animalske produktion vil kunne fortsætte til 2050, eller om dyreetiske forhold eller andre forhold vil bremse den.

Tilsætning af nitrifikationshæmmere til gødning bruges i teknologiscenarier

Nitrifikationshæmmere er et pesticid, som kan tilsættes til husdyrgødning og kunstgødning, hvorved det potentielt kan hæmme udledningen af lattergas fra udbringning af gødning.

Det er anvendt som omstillingselement i begge hovedscenarier med ny teknologi. Teknologien er godkendt til brug i alle EU-lande, men der kan være risiko for udvaskning af pesticidet samt tilsætnings- og nedbrydningsprodukter til grundvandet ved anvendelse.³⁸ Det er vigtigt at være opmærksom på denne risiko, hvis dette omstillingselement tages i anvendelse.

2.5 Antagelser for produktion og anvendelse af bioressourcer

De centrale antagelser for udviklingen inden for produktion og anvendelse af bioressourcer præsenteres i tabel 2.5, og derefter forklares baggrunden for udvalgte antagelser.



Tabel 2.5 Centrale scenarieantagelser for bioressourcer i 2050

		Kendt	100-procentsmål		110-procentsmål	
		Omstilling	Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Input af bioressourcer til pyrolyse af biokul	mio. ton tørstof	1,2	1,2	2,9	4,2	4,8
Andel bioraffineret græsprøtein i husdyrfoder	pct.	0	0	8	12	15
Andel af husdyrgødning, der anvendes til biogas	pct.	90	90	90	90	90
Halm, der anvendes til biogas	mio. ton	0,3	1,7	0,5	0,5	0,5
Andel af naturarealer med høst af græs mv.	pct.	0	15	15	15	15

Anm. 1: Markering med fed angiver værdier, der afviger fra Kendt Omstilling.

Anm. 2: Tabellen viser centrale antagelser for 2050. Scenarierne indeholder også antagelser vedrørende udsortering af affald, madspild og input til biogasproduktion. Se *Baggrundsnotat 1* for flere antagelser.

Kilder: Alle antagelser er foretaget af Klimarådet. Kilder til antagelser for udledning, reduktionseffekter, anvendelser og omregninger fremgår af *Baggrundsnotat 2* og af BioRes-modellen.³⁹

Pyrolyseteknologi bruges i alle scenarier

Biokul er valgt som omstillingselement i alle scenarier i 2050. Der er for nuværende en række forhold omkring pyrolyseteknologien og effekter af udbringning af biokul på landbrugsjord, som endnu er usikre og mangler afklaring.

Foruden selve kulstoflagringseffekterne gælder det fx risikoen for dannelse af tjærestoffer og ophobning af tungmetaller under pyrolyseprocessen. Denne udfordring kan i stort omfang løses teknisk, og det er muligt at analysere indholdet af problematiske stoffer før udbringning.⁴⁰

Biogas produceres primært af restprodukter

Det er en central antagelse i scenarierne, at biogas fortrinsvist produceres af restprodukter og ikke af korn eller andre fødevarer. Således er biogasproduktionen baseret på husdyrgødning, som udsluses hyppigt, industriaffald, bioaffald, efter- og mellemafgrøder, halm og fiberfraktion fra udvinding af protein fra græs. Denne fiberfraktion anvendes også til foder til kvæg og til biokul via pyrolyse.

Energisystemets behov og behovet for negative udledninger opfyldes

Scenarierne opbygges, så behovet for bioressourcer til energiformål og CO₂-lagring opfyldes. I scenarierne produceres der biokul af:

Klimarådet.

- fiberfraktion efter separering af afgasset biomasse fra biogasproduktion
- halm
- energipil
- græsfiberfraktion (tilbageværende pulp efter udvinding af protein fra græs)
- have-/parkaffald
- spildevandsslam.

Meget våde biogene produkter som afgasset biomasse undergår en separationsproces inden pyrolysning. Det betyder, at kun cirka halvdelen af tørstofindholdet i den afgasede biomasse tilgår pyrolyseprocessen, mens resten tilbageføres til marken.

Der er taget udgangspunkt et princip om at udnytte restprodukter frem for hovedafgrøder. I det omfang der er behov for yderligere negative udledninger fra biokul, pyrolyseres der dog også hovedafgrøder. I Ny Hverdag 110 dyrkes flerårige energiafgrøder således til dette formål. I analysen er der taget udgangspunkt i energipil, men der kunne også anvendes andre flerårige energiafgrøder. Energipil supplerer desuden energitræ fra skovene til afbrænding med efterfølgende CO₂-fangst for at generere tilstrækkelige negative udledninger til at nå klimamålene.

Fordelingen i analysens scenarier mellem biokul og BECCS skal ikke ses som Klimarådets bud på en optimal fordeling. Den kan ændres uden større betydning for omfanget af negative udledninger i Danmark og dermed opfyldelsen af klimamålene. Dog vil der være forskelle i forbruget af biomasse ved de to anvendelser, ligesom produktionen af energiprodukter også varierer mellem de to omstillingsselementer.

I beregningen af biokullets lagringseffekt tages der for afgasset biomasse og resthalm højde for, at disse biogene produkter alternativt var blevet nedmuldet på marken, hvor de også ville have lagret kulstof i en periode.

Halm har mange anvendelser

Halm anvendes til flere formål: nedmuldning, foder/strøelse, afbrænding, biokul og biogas. I hovedscenarierne opsamles 80 pct. af halmen, mens resten nedmuldes. Der anvendes som minimum 0,5 mio. ton halm til biogasanlæggene og 1,6 mio. ton halm til afbrænding i alle hovedscenarier. Mængden af halm, der går til pyrolyseanlæg varierer mellem scenarierne. Mængden af halm til foder og strøelse afhænger af antallet af husdyr.

Halm mængderne varierer på tværs af scenarierne og afhænger af arealet med afgrøder, fx korn og raps, der har halm som biprodukt. Hvis store arealer i et scenarie er omlagt til skov, græs eller energiafgrøder, reduceres halm mængden. Ny Hverdag 100, der ikke indeholder græsproteinproduktion, har det største kornareal og dermed også den største halm mængde.

Analysen er overordnet set forenelig med kaskadeudnyttelsesprincippet

Ifølge Bioøkonomipanelet bør biomasse, der anvendes til materialer eller energi, anvendes efter et kaskadepincip, hvor materialer og værdifulde stoffer udvindes fra både primærprodukter og restprodukter. Disse anvendelser samt genanvendelse bør gå forud for anvendelse til energiformål.⁴¹

I denne analyse anvendes træ fra danske skove til gavntræ, men ellers allokeres der ikke ressourcer til danskernes materialeforbrug. Det skyldes, at analysen har et territorielt fokus. Der er derfor ikke beregnet et ressourcetræk forbundet med import af materialer

og andre forbrugsvarer. Kaskadeudnyttelse med henblik på at tilvejebringe ressourcer til bioplastik og lignende ligger dermed også uden for analysen.

Denne analyse er dog på et overordnet plan forenelig med kaskadeudnyttelsesprincippet. For gavntræ antages 75 pct. af træet at blive genanvendt til energiformål, og de øvrige bioressourcer, som indgår i analysen, kan i princippet godt anvendes i flere iterationer, inden de udnyttes til deres endelige formål, fx energi.

2.6 Antagelser i energi- og industrisektoren

I energi- og industrisektoren forudsættes det, at de fossile brændsler bliver helt udfaset, og at en stor del af CO₂-udledningen fra skorstene indfanges. Opvarmningen af bygninger overgår fx fuldt ud til varmepumper og fjernvarme, som begge forsynes af vedvarende energi. De centrale antagelser for udviklingen inden for energi og industri præsenteres i tabel 2.6, og derefter forklares baggrunden for udvalgte antagelser. De skal også ses i lyset af analysens rammebetingelse om at undgå import af bioressourcer til energiformål og til kulstoflagring som led i at opnå de nationale klimamål.



Tabel 2.6 Centrale scenarieantagelser for energi og industri i 2050

		Kendt	100-procentsmål		110-procentsmål	
		Omstilling	Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Udvikling i opvarmet bygningsareal i forhold til 2025	pct.	14	0	14	0	14
Udvikling i energiforbrug til opvarmning pr. m ² i forhold til 2025	pct.	-11	-23	-11	-23	-11
Udvikling i omfang af cementproduktion i forhold til 2022	pct.	0	-10	0	-25	0
Elektrificering af lav- og mellemtemperaturindustriprocesser	pct.	60	60	75	60	85
Elektrificering af højtemperaturindustriprocesser	pct.	40	40	50	40	60
Andel af CO ₂ fra punktkilder, der indfanges	pct.	52	53	80	76	82

Anm. 1: Markering med fed angiver værdier, der afviger fra Kendt Omstilling.

Anm. 2: Tabellen viser centrale antagelser for 2050. Scenarierne indeholder blandt andet også antagelser vedrørende udfasning af brændeovne til individuel bygningsopvarmning, nybyggeri i boligmassen, effektivitet af CO₂-fangst fra punktkilder, fordeling på typer af punktkilder med CO₂-fangst, energieffektivitet og brændselssammensætning i industrien og elektrificering af intern transport. Se *Baggrundsnotat 1* for flere antagelser.

Anm. 3: Punktkilder, hvorpå der installeres CO₂-fangst i Kendt Omstilling og Ny Hverdag 100, er biogasopgradering, cementproduktionen, kraftvarme, brændstofproduktion og affaldsforbrænding. Hertil installeres også fangstanlæg på fremstillingsindustri og fjernvarmeproduktion i Ny Teknologi 100, Ny Hverdag 110 og Ny Teknologi 110. Fangstandelen varierer i scenarierne.

Kilder: Udviklingen i opvarmet bygningsareal er Klimarådets antagelse baseret på væksten i Energistyrelsens *Klimastatus og -fremskrivning 2023*. Kapaciteter til produktion af el, fjernvarme og brint følger Energistyrelsens *Analyseforudsætninger til Energinet 2023*. Øvrige antagelser er foretaget af Klimarådet.

Udvikling i el, fjernvarme og brint følger Energistyrelsens forudsætninger

Alle fire hovedscenarier følger Energistyrelsens *Analyseforudsætninger til Energinet 2023* på visse områder. Det gælder kapaciteten af el-, fjernvarme- og elektrolysekapacitet samt fordeling af energiproduktionen på forskellige energikilder og anlægstyper.

Analyseforudsætningerne har til formål at afspejle en sandsynlig udvikling af energisystemet i Danmark frem mod 2050, og de tager fx udgangspunkt i klimalovens 70-procentsmål i 2030 og målet om klimaneutralitet i 2045 fra regeringsgrundlaget.⁴²

Omfanget af biomasse til el- og varmeproduktion i scenarierne følger primært af Energistyrelsens analyseforudsætninger. Omfanget af biomasse varierer dog for en mindre del på tværs af scenarierne alt efter scenariernes antagne energiforbrug i bygninger. Denne forskel fremgår af tabel 2.6.

Der er overordnet taget højde for forsyningssikkerhed i scenarierne

Energiproduktion og -forbrug er i scenarierne afstemt på årsbasis. Ved at benytte de foruddefinerede analyseforudsætninger for energiproduktion er det samtidig sandsynliggjort, at der vil være en tilstrækkelig balance mellem produktion og forbrug af el og fjernvarme på alle tidspunkter i løbet af året.

Produktionen af vindenergi, solenergi og brint stiger markant frem mod 2050

Analyseforudsætningerne forudsiger, at der vil være op mod 300 TWh elproduktion fra vind og sol til rådighed i 2050 og dertil en mindre elproduktion fra blandt andet biomassefyrede kraftvarmeværker. Det indebærer, at Danmark vil kunne have et stort overskud af strøm, som kan eksporteres til udlandet. Tilsvarende vil Danmark kunne have et overskud af brint eller andre power-to-X-produkter, som kan eksporteres. Omfanget af udbygningen af vind og sol er forbundet med usikkerhed og kan blive mindre end antaget. Sker det, vil det dog formentlig ikke påvirke scenariernes opfyldelse af de nationale klimamål, men kun påvirke størrelsesordenen af den mulige eksport.

I scenarierne indgår en ny type energiforbrug til produktion og forarbejdning af kunstigt kød, kunstig mælk og udvinding af protein fra græs. Det nye forbrug er dog ikke særligt stort i sammenligning med den store produktion af vedvarende energi i scenarierne.

Central energiinfrastruktur udbygges frem mod 2050

I alle scenarier antages en udbygning af central energiinfrastruktur, der kan facilitere omstillingen og sikre systemintegration på tværs af sektorer. Det gælder blandt andet:

- **El og brint**, herunder også et overskud, der vil kunne eksporteres til udlandet
- **CO₂** fra punktkilder og fangstanlæg som DAC til geologiske lagre og/eller anlæg, der anvender CO₂'en til produktion af brændstoffer og materialer, herunder potentielt også til og fra udlandet
- **Varme**, der kan opvarme danske bygninger via fjernvarme og sikre integration af overskudsvarme fra og til forskellige processer og sektorer
- **Biogas** fra biogasanlæg til industri-, el- og varmeanlæg, herunder også til eksport til udlandet

Klimarådet.

- **Forskellige syntesegasser og -olier** samt de endelige elektro- og biobrændstoffer, der kan produceres på baggrund heraf
- **Transport og opbevaring af bioressourcer**, som skal anvendes til materialer, energi, brændstoffer og negative udledninger.

Opvarmet bygningsareal varierer i scenarierne

Det opvarmede bygningsareal har været stigende de seneste årtier, og denne udvikling antages også at fortsætte, medmindre vi aktivt søger at ændre tendensen. I Ny Teknologi 100 og 110 antages arealet af opvarmede bygninger derfor at stige. Der er taget udgangspunkt i en udvikling, som følger Energistyrelsens *Klimastatus og -fremskrivning 2023* frem mod 2035. Derefter er der lagt en årlig stigning ind frem mod 2050 baseret på fremskrivningens udvikling fra 2010-2035.

I Ny Hverdag 100 og 110 antages trenden med stigende kvadratmeter at ophøre, og det opvarmede areal antages i stedet fastholdt på 2025-niveau. Det medfører, at der i disse hovedscenarier er færre boligkvadratmeter pr. person fordi befolkningstallet i scenarierne stiger frem mod 2050.

I Ny Teknologi indfanges CO₂ fra luften og lagres efterfølgende

DACCS anvendes som det sidste omstillingselement, der skal til, for at nå klimamål i scenarierne med ny teknologi. Mængden af DAC til CO₂-lagring og -anvendelse i hvert scenarie fremgår af resultaterne præsenteret i kapitel 3.

2.7 Antagelser i transportsektoren

I transportsektoren antages det, at fossile brændstoffer er helt udfaset, og at adfærd spiller en stor rolle. De centrale antagelser for udviklingen inden for transportbehov og drivmidler præsenteres i tabel 2.7, og derefter uddybes udvalgte antagelser. De skal også ses i lyset af analysens rammebetingelse om at producere grønt brændstof til bunkring af udenrigsfly og -skibe i Danmark.



Tabel 2.7 Centrale scenarieantagelser for transport i 2050

		Kendt	100-procentsmål		110-procentsmål	
		Omstilling	Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Udvikling i internationalt flybrændstof bunkret i Danmark i forhold til 2019	pct.	24	-10	24	-20	24
Udvikling i internationalt skibsbrændstof bunkret i Danmark i forhold til 2019	pct.	9	-10	9	-20	9
Andel af skibsbrændstof til bunkring på ammoniak	pct.	-	60	75	60	75
Andel af skibsbrændstof til grøn bunkring på kulstofholdige brændstoffer	pct.	-	40	25	40	25
Udvikling i kørte km i vejtransport i forhold til 2019	pct.	24	-10	24	-20	24

- Anm. 1: Markering med fed angiver værdier, der afviger fra Kendt Omstilling.
- Anm. 2: Tabellen viser centrale antagelser for 2050. Desuden indgår antagelser vedrørende fordeling af flybrændstof på jet fuel, el og brint samt omfanget af indenrigsskibsfart, indenrigsluftfart og jernbanedrift. Se *Baggrundsnotat 1* for flere antagelser.
- Anm. 3: Kulstofholdige brændstoffer til skibsfart er fx metanol og bioolie.
- Anm. 4: Fossil energi antages anvendt som marginalt brændstof i Kendt Omstilling, hvis der ikke er nok grønt brændstof til bunkring, da der ikke her stilles som rammebetingelse, at der skal produceres nok grønt brændstof.
- Kilder: Antagelse om fly- og skibsbrændstof i Kendt Omstilling er Klimarådets antagelse baseret på væksten i Energistyrelsens *Klimastatus og -fremskrivning 2023*. Øvrige antagelser er foretaget af Klimarådet. Teknologiforudsætninger for produktion af grønne brændstoffer er primært fra Energistyrelsen.⁴³

I scenarierne med en ny hverdag antages et væsentligt mindre transportbehov

Det er en væsentlig del af scenariedesignet, at der er valgt at variere på behovet for brændstof til bunkring og til vejtransport mellem scenarierne. Det er valgt for at følge et samlet narrativ, hvor scenarierne med ny hverdag også afspejler en strukturel ændring, der gør op med den historiske stigning i behovet. På den måde vises muligheder og konsekvenser for at adressere behovet i stedet for alene at variere på fordelingen af drivmidler.

Transport med fly og skibe peger i to vidt forskellige retninger

I Kendt Omstilling er der for international flytrafik antaget en stigning i brændstofforbruget på 24 pct. i forhold til 2019. Dette inkluderer en forventet energieffektivisering af hele luftfartsaktiviteten, herunder også mere effektive fly. Der er valgt et udgangspunkt fra før coronapandemiens opbremsning i transportbehovet. Den forudsatte udvikling svarer til en stigning i flytrafikken på 1,3 pct. årligt fra 2025 til 2050 og er baseret på stigningstakten fra 1990 til 2019.⁴⁴

For international skibstrafik er der forudsat en stigning i brændstofforbruget på 9 pct. i forhold til 2019. Dette inkluderer en forventet energieffektivisering. Det svarer til en stigning i skibsaktiviteten på 1 pct. pr. år fra 2025 til 2050.

I Ny Hverdag 100 bevæger behovet sig den modsatte vej i forhold til hovedscenarierne med ny teknologi. I Ny Hverdag 100 forudsættes en nedgang i både fly- og skibstrafikkens energiforbrug på 10 pct. i forhold til i dag, hvilket kan opnås dels gennem reduceret aktivitet og dels gennem yderligere energieffektivisering. I Ny Hverdag 110 er tendensen endnu mere kraftig, da der er forudsat en nedgang på 20 pct. i forhold til i dag. Disse nedgange i energibehovet har indflydelse på rammebetingelsen om, at der skal produceres nok ikke-fossilt brændstof til udenrigsfly og -skibe, der tankes i Danmark. I hovedscenarierne med ny hverdag er det nemmere at overholde rammebetingelsen, fordi energibehovet er lavere.

Behovet for vejtransport varieres i scenarierne

Vejtransport omfatter al transport med personbil, varebil, motorcykel, bus og lastbil. Behovet for vejtransport har historisk været stigende de seneste årtier. I Kendt Omstilling er der derfor forudsat en vækst i vejtransportens antal af kørte kilometer. Væksten følger udviklingen i Energistyrelsens *Klimastatus og -fremskrivning 2023* fra 2019 frem til 2035 og stiger dernæst fortsat med samme gennemsnitlige årlige udvikling som i fremskrivningen. Den samme vækst er forudsat i Ny Teknologi 100 og 110.

I scenarierne med en ny hverdag antages udviklingen at vende på baggrund af adfærdsmæssige ændringer i transporten af personer og varer. I Ny Hverdag 100 forudsættes en

Klimarådet.

nedgang i vejtransportbehovet med 10 pct. i forhold til 2019. I Ny Hverdag 110 er tendensen endnu kraftigere, da der er forudsat en nedgang på 20 pct. i forhold til 2019. Der tages ikke stilling til, hvor stor en andel der sker via samkørsel, skift til emissionsfri transportmidler og nedgang i mobiliteten.

Kapitel 3

Scenarieresultater for 2050



Det handler kapitlet om

Kapitlet viser scenariernes målopfyldelse og belyser en række konsekvenser

Kapitlet viser drivhusgasreduktionen i 2050 med brug af kendte omstillingselementer, og dernæst hvordan de fire scenarier opfylder 100- og 110-procentsmålet.

Kapitlet belyser også konsekvenserne af at leve op til klimamålet uden at bruge DAC, konsekvenserne for bioenergiforbruget, og konsekvenserne for Danmarks produktionsoverskud af energi, fødevarer og foder.

Med kendte omstillingselementer kan vi nå omkring 90 pct. reduktion

Når kendte omstillingselementer tages i brug, kan Danmark nå en drivhusgasreduktion på cirka 90 pct. i 2050. Det vil kræve et vedvarende politisk fokus at realisere selv de kendte omstillingselementer.

Skovrejsning og biokul til lagring af kulstof er omstillingselementer, som kræver en tidlig indsats for at nå et tilstrækkeligt bidrag til klimamålene i 2050.

110 pct. kan nås samtidig med 30 pct. natur og grønne brændstoffer

Analysen viser, at det er muligt at nå både 100- og 110-procentsmålet. Samtidig er det muligt dels at afsætte 30 pct. af Danmarks areal til natur, dels at stoppe import af bioressourcer til energiformål og dels at sikre, at der er ressourcer nok til at kunne producere grønne brændstoffer til bunkring af udenrigsfly og -skibe i Danmark.

I analysens fire scenarier er der mellem cirka 7 og 11 mio. ton CO₂e i tilbageværende udledninger i 2050, som skal opvejes af negative udledninger. De stammer hovedsageligt fra landbruget og arealanvendelsen.

Arealudfordringen kan også løses uden DAC

To af scenarierne opfylder målene ved mest vægt på en ny hverdag, herunder adfærdsændringer og omstilling af erhverv, mens der i de andre to er mest vægt på ny teknologi. De to scenarier med en ny hverdag bruger ikke DAC, og viser dermed, at klimamålene kan nås uden DAC.

I scenarierne uden DAC øges presset på arealer, der skal bruges til fødevarer, bioenergi, negative udledninger og natur. Udfordringen løses i høj grad af en nedgang i husdyrproduktionen, en omlægning af foderproduktionen og produktion af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring.

Bioenergiforbruget stiger, men indenlandsk produktion kan hjælpe

Alle fire scenarier har et relativt højt forbrug af bioenergi. Bioenergien er en nøgle, der får puslespillet til at gå op, når der både skal skabes negative udledninger og produceres grønt brændstof. Da det er valgt, at der ikke kan importeres bioressourcer til energiformål i scenarierne, løses udfordringen ved at øge den indenlandske produktion af bioressourcer.

Et nettooverskud af fødevarer og foder kan nås ved omlægning af areal

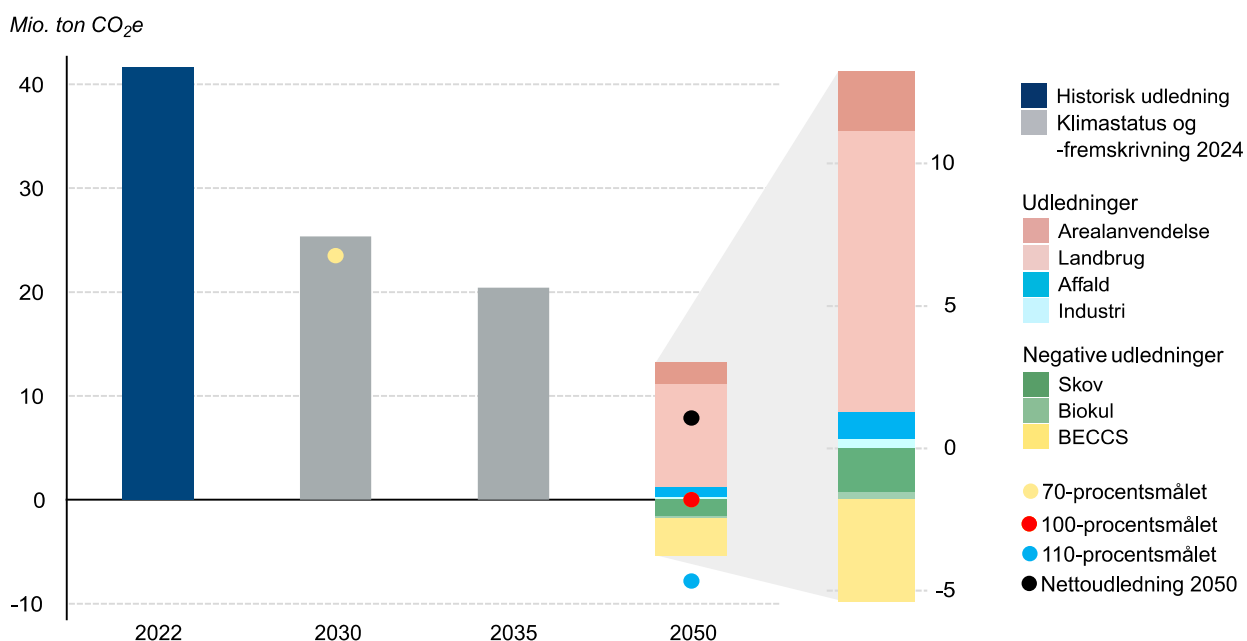
Alle fire scenarier viser, at Danmark i 2050 kan opnå et produktionsoverskud af fødevarer og foder. Produktionsoverskuddet er et resultat af scenariernes omlægning til færre husdyr, mere græsprotein til foder og mere areal med plantebaserede fødevarer.

3.1 Resultater for den kendte omstilling

I det følgende vises resultatet for, hvor langt vi når vi med allerede kendte omstillingselementer uden rammebetingelser.

Med kendte omstillingselementer kan vi nå omkring 90 pct. reduktion i 2050

Frem mod 2035 vil udledningerne falde betydeligt i kraft af de nuværende politiske rammer og den forventede markedsudvikling. Det forudser *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, hvilket ses i figur 3.1. Der forventes en reduktion på 74 pct. i 2035.



Figur 3.1 Kendt Omstilling i forhold til udviklingen i klimafremskrivningen

Anm. 1: I figuren viser de tre første søjler nettoudledningen som angivet i *Klimastatus og -fremskrivning 2024*. Data bag fremskrivningen tillader ikke en opdeling i udledninger og negative udledninger. Den fjerde søjle er Kendt Omstilling i 2050, og den vises derimod i en opdeling i udledninger og negative udledninger. I den femte søjle zoomer vi ind på en forstørret version af søjle fire.

Anm. 2: Kendt Omstilling er i analysen ikke underlagt de tre rammebetingelser, som gælder for de fire hovedscenarier.

Kilder: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet⁴⁵ og Klimarådet.

Med Kendt Omstilling udledes 13,1 mio. ton CO₂e, mens der optages 5,5 mio. ton. Det giver en nettoudledning på 7,7 mio. ton CO₂e i 2050, hvilket svarer til en reduktion af udledningen på 90 pct. i forhold til 1990. Det vil kræve en ny og forstærket politisk indsats at realisere den kendte omstilling i 2050.

For at nå et 100-procentsmål i 2050 udestår der altså fortsat en yderligere nettoreduktion på cirka 8 mio. ton CO₂e, mens der er behov for en yderligere nettoreduktion på cirka 16 mio. ton CO₂e for at nå ned på en nettoudledning på -8 mio. ton, som er påkrævet for at nå et 110-procentsmål.

Den kendte omstilling leder til import af bioressourcer og kun 14 pct. natur

I Kendt Omstilling stammer de resterende udledninger primært fra landbruget i 2050. Da udviklingen ikke er underlagt rammebetingelser, udgør naturen mindre end de 30 pct., som er sat som rammebetingelse i de fire hovedscenarier. I Kendt Omstilling fylder natur kun 14 pct. af Danmarks areal. Desuden vil store mængder bioressourcer til energiformål og kulstoflagring skulle importeres, og der bliver ikke produceret grønne brændstoffer til bunkring af udenrigsfly og -skibe i Danmark.

Skovrejsning og biokul kræver en tidlig indsats

Nogle af de kendte omstillingslementer kræver en tidlig implementeringsindsats for at opnå så stor en nettoreduktion, som vist i resultatet for Kendt Omstilling i figur 3.1. Det gælder særligt:

- **Skovrejsning.** Skovrejsning kan bidrage med betydelige negative udledninger, men det tager tid, før ny skov får et højt årligt optag af CO₂.
- **Biokul.** Biokul kan lagre CO₂, men lagringseffekten er tidsafhængig og størst på længere sigt. Det skyldes, at effekten i et givent år afhænger af indfasningsforløbet for biokul. Desuden kan det tage tid, før biokullets lagringseffekt giver nettonegative udledninger sammenlignet med bioressourcens hidtidige anvendelse. Det gælder fx, hvis biokul erstatter nedmuldning af halm eller afgasset biomasse.

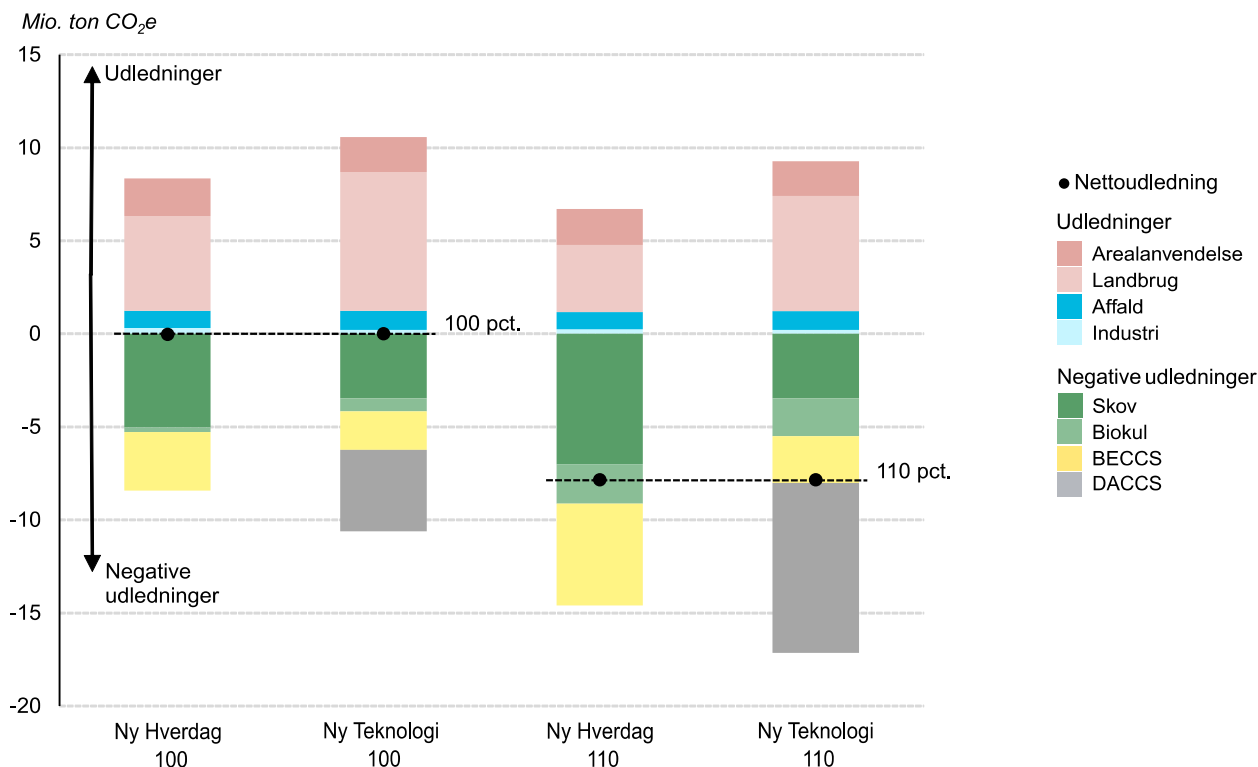
For sen opmærksomhed på tidsperspektiverne kan gøre det dyrt eller fysisk umuligt at forcere omstillingen på et senere tidspunkt.

3.2 Scenariernes målopfyldelse

Kapitel 2 viste de væsentligste antagelser for scenarierne. I det følgende vises resultatet for, hvordan scenarierne når klimamålene med de givne rammebetingelser.

Analysen viser, hvordan klimamål nås med givne rammebetingelser

Et vigtigt resultat af analysen er at vise, hvordan det kan lade sig gøre at nå klimamålene under de valgte rammebetingelser. Figur 3.2 viser udledningsniveauet for de fire scenarier fordelt på kategorier af udledninger og negative udledninger.



Figur 3.2 Udledninger og negative udledninger i scenarierne i 2050

- Anm. 1: Alle territoriale CO₂e-udledninger er med i figuren. Landbrug omfatter dyrenes fordøjelse, gødningshåndtering, gødskning på marker. Arealanvendelse angiver LULUCF inklusive kulstofrige jorder, men eksklusive skov og høstede træprodukter. Skov indeholder høstede træprodukter (forklaret i boks 2.4).
- Anm. 2: CO₂, der fanges og anvendes til brændstoffer, er ikke synlig i figuren. CO₂ indfanget til brændstofproduktion er fratrukket kategorien BECCS. I praksis vil det anvendte kulstof kunne hentes fra alle fangstkilder, herunder også DAC.
- Anm. 3: Alle reduktionsmål refererer til 1990-udledningen på 78 mio. ton CO₂e. 100-procentsmålet indebærer en nettoudledning på 0, hvilket vises med den vandrette stiplede streg gennem nul. Udledning og negativ udledning skal altså summere til 0. Da nettoudledningen, vist med sorte prikker, netop er 0 i de to første scenarier, når disse scenarier 100-procentsmålet. En 110 pct. reduktion indebærer en nettoudledning på -8 mio. ton CO₂e, hvilket vises med den vandrette stiplede streg gennem -8. Udledning og negativ udledning skal altså tilsammen give -8. Da nettoudledningen, vist med sorte prikker, netop er -8 i de to sidste scenarier, når disse scenarier 110-procentsmålet.

Kilde: Klimarådet.

Vi kan nå 110 pct. i 2050 og overholde rammebetingelser

De fire scenarier viser, at det er teknisk muligt for Danmark at nå både et 100-procentsmål og et 110-procentsmål. Målene kan nås, samtidig med at vi som samfund overholder de opstillede rammebetingelser og opfylder de forudsatte behov for energi, transport og fødevarer. Scenarierne sikrer desuden systemsammenhængen for produktion og forbrug af de ressourcer, der har betydning for mål og rammebetingelser.

Senere i kapitlet vises konsekvenserne for bioenergiforbruget og Danmarks produktionsoverskud af energi, fødevarer og foder i scenarierne. De forskellige fordele og ulemper i scenarierne indikerer, at det kræver afvejninger at nå de høje klimamål.

Scenarierne med ny teknologi beror i stort omfang på negative udledninger

De to scenarier, der når 100-procentmålet, adskiller sig fra hinanden, hvad angår mængden af tilbageværende udledninger. Det ses af figur 3.2. I Ny Teknologi 100 anvendes en betydelig mængde DACCS til at opveje de tilbageværende udledninger.

I Ny Hverdag 100 nås 100-procentmålet uden DAC. Her er de negative udledninger biologisk baserede i form af skovrejsning, BECCS og biokul.

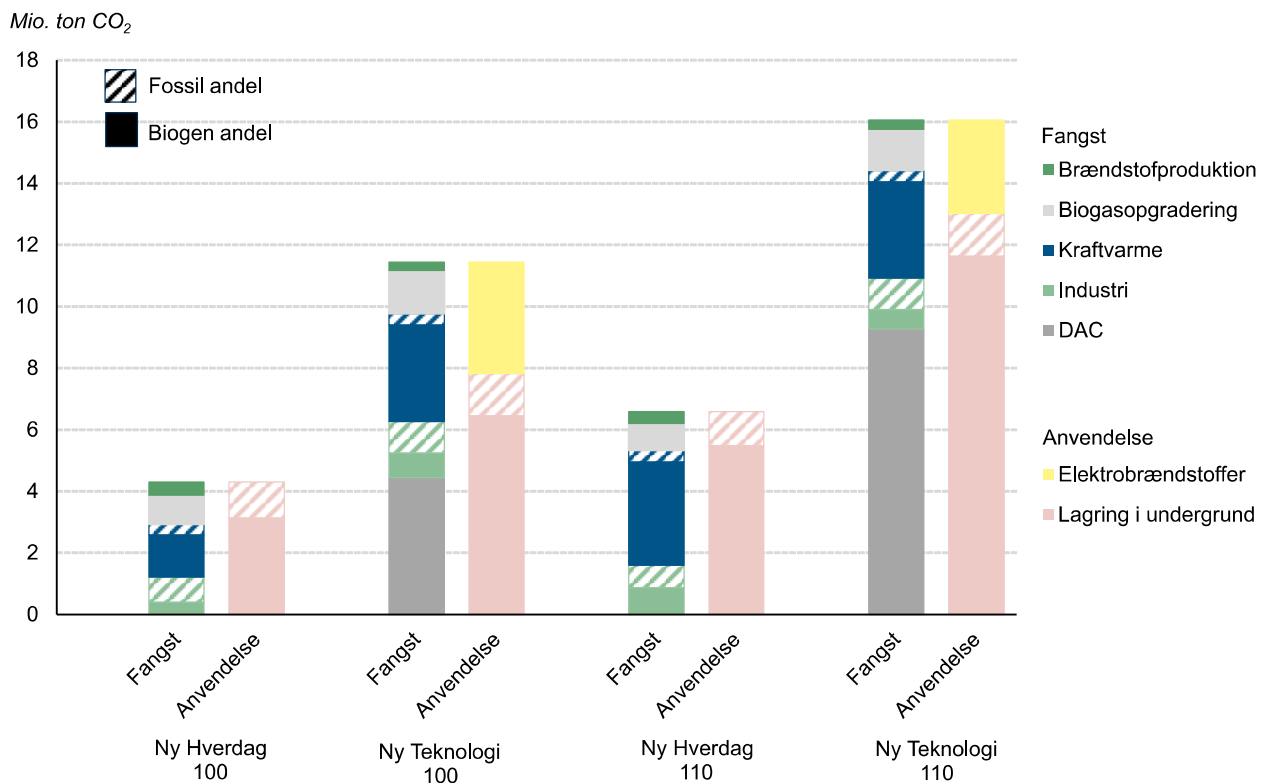
De to 110-procentsscenarier adskiller sig i høj grad fra hinanden på samme måde som 100-procentsscenarierne. Der er markant færre tilbageværende udledninger i Ny Hverdag 110 i sammenligning med Ny Teknologi 110. Det medfører, at målopfyldelsen i Ny Teknologi 110 skal baseres på store bidrag fra negative udledninger på op mod 17 mio. ton CO₂e i 2050.

3.2.1 Fangst og anvendelse af CO₂

Der er behov for mindre CO₂-fangst i scenarierne med en ny hverdag

Der er stor forskel på, hvor meget CO₂ der indfanges og anvendes i de forskellige scenarier, og hvad den efterfølgende bruges til. Det skyldes flere forhold, der dels relaterer sig til behovet for kulstof og dels til mulighederne for at fange CO₂.

Figur 3.3 viser, hvorfra CO₂'en indfanges i de fire scenarier, og hvad den bruges til. Den er også vist i en opdeling på fossilt og biogent CO₂. Den fossile CO₂ kommer hovedsageligt fra industri og affald.



Figur 3.3 Fangst og anvendelse af CO₂ i de fire scenarier

Anm. 1:	Figuren viser alene anvendelsen af CO ₂ og ikke biogent kulstof lagret i skov, biokul eller materialer eller kulstof bundet i biobrændstoffer.
Anm. 2:	CO ₂ -fangsten sker via DAC og fra punktkilder som biogasopgraderingsanlæg, industrielle punktkilder, el- og fjernvarmeproduktion på kraftvarmeverker og kedler og anlæg til brændstofproduktion.
Kilde:	Klimarådet.

Figuren skal ses som et supplement til figur 3.2 om opfyldelse af klimamålene. Figur 3.3 viser, hvor meget CO₂ der indfanges fra punktkilder og fra luften i scenarierne, og hvor meget der anvendes til både brændstofproduktion og CO₂-lagring. Figur 3.2 viste kun den del af den indfangede CO₂, som lagres.

Scenarierne med en ny hverdag indfanger og anvender mindre CO₂ end scenarierne med ny teknologi. Det har flere årsager:

- **Kulstoflagring i skov og via biokul.** En stor del af de negative udledninger i de to scenarier med en ny hverdag sker via skov og i Ny Hverdag 110 også via biokul. Derved bindes CO₂ direkte i vedmassen og biokullet. I disse scenarier er der derfor ikke et lige så stort behov for at fange og lagre CO₂ for at opnå negative udledninger, som der er i Ny Teknologi.
- **Biobrændstoffer.** Der produceres mere biobrændstof i scenarierne med en ny hverdag. I Ny Hverdag 100 og 110 kan tilgængelige bioressourcer dække hele brændstofforbruget i Danmark samt forbruget til bunkring af international transport. I biobrændstoffer er kulstoffet indeholdt i biomassen og videre i biobrændstoffet. Biobrændstoffer fremgår ikke af figuren, der alene viser gassen CO₂. I scenarierne med ny teknologi produceres i højere grad elektrobrændstoffer, da der her ikke er tilsvarende bioressourcer tilgængelige til produktion af biobrændstoffer. Elektrobrændstofferne kræver mere fangst og anvendelse af CO₂.
- **Fangst og lagring af CO₂ (CCS).** Udbredelsen af CCS er betydeligt større i scenarierne med ny teknologi, hvormed der er mere CO₂ tilgængelig i sammenligning scenarierne med en ny hverdag.
- **Brændstofbehov.** I scenarierne med en ny hverdag er energiforbruget til fly, skibe og vejtransport mindre end i scenarierne med ny teknologi, og der skal derfor ikke bruges lige så meget CO₂ eller kulstof til produktion af de grønne brændstoffer. Rammebetingelsen om at producere brændstof til grøn bunkring betyder også, at der skal indfanges ekstra CO₂ eller bruges mere kulstof til brændstofproduktion, end hvis reduktionsmålene blot skulle nås uden denne rammebetingelse.

Skibs- og luftfarten kan kræve store mængder kulstof

Brændstof til især fly og potentielt også dele af skibsfarten vil forventeligt kræve kulstofholdige brændstoffer. Det skyldes, at de kulstofholdige brændstoffer har en høj energitæthed, der kemisk set minder om den fossile jet fuel, der bruges i dag.

I skibsfarten kan der potentielt sejles på kulstofholdige brændstoffer som metanol eller bioolie. Kulstoffri ammoniak har dog potentiale til at afkoble store dele af sejladsen fra kulstofbehovet. Det afhænger af udviklingen inden for anvendelsen af ammoniak, som også mangler at overvinde en række risici angående miljø og sikkerhed. Brint eller direkte elektrificering er også løsninger, som er afgørende for at minimere et potentielt stort kulstofforbrug i sektoren.

3.3 Tilbageværende udledninger i 2050

Udledninger skal opvejes af negative udledninger i 2050. Det er derfor væsentligt at nedbringe udledningerne i første omgang. I det følgende ses der derfor nærmere på, hvad de tilbageværende udledninger i scenarierne består af.

Tilbageværende udledninger varierer mellem cirka 7 og 11 mio. ton

Langt størstedelen af energi- og transportsektorens udledninger er elimineret i scenarierne i 2050. Størstedelen af de tilbageværende udledninger kommer derfor fra landbrug og arealanvendelse.

Øvrige tilbageværende udledninger stammer fra en række mindre udledninger fra forskellige affaldsrelaterede og industrielle processer, der er svære at eliminere fuldstændigt. De affaldsrelaterede udledninger dækker blandt andet over fysiske lækager og udledninger fra deponier, kompostering, spildevandshåndtering og biogasanlæg.

Mindre areal til natur vil øge de tilbageværende udledninger

Som beskrevet i kapitel 2, er der undersøgt en række alternative scenarier, hvor enkelte parametre i et hovedscenarie varieres. I Alternativt scenarie 3, det vil sige Ny Teknologi 110 uden rammebetingelse om natur, udtages der ikke mere landbrugsjord til natur end i Kendt Omstilling. Det resulterer i et areal til natur på 14 pct. Muligheden for at beskytte dyre- og plantearter forringes dermed.

I stedet for natur og skov dyrkes større arealer i det alternative scenarie. Det øger udledningen fra gødsugning og dyrkning af marker og mindsker CO₂-optaget fra skov. Den øgede udledning og det mindskede optag øger nettoudledningen med 2,3 mio. ton CO₂e. Denne øgede udledning opvejes i det alternative scenarie med lagring af en øget mængde af biokul.

Produktionsoverskuddet af fødevarer og foder stiger til gengæld fra 37 PJ i Ny Teknologi 110 til 92 PJ i Alternativt scenarie 3, hvor der ikke er en rammebetingelse om areal til natur. Se *Baggrundsnotat 1* for en uddybende forklaring af de alternative scenarier.

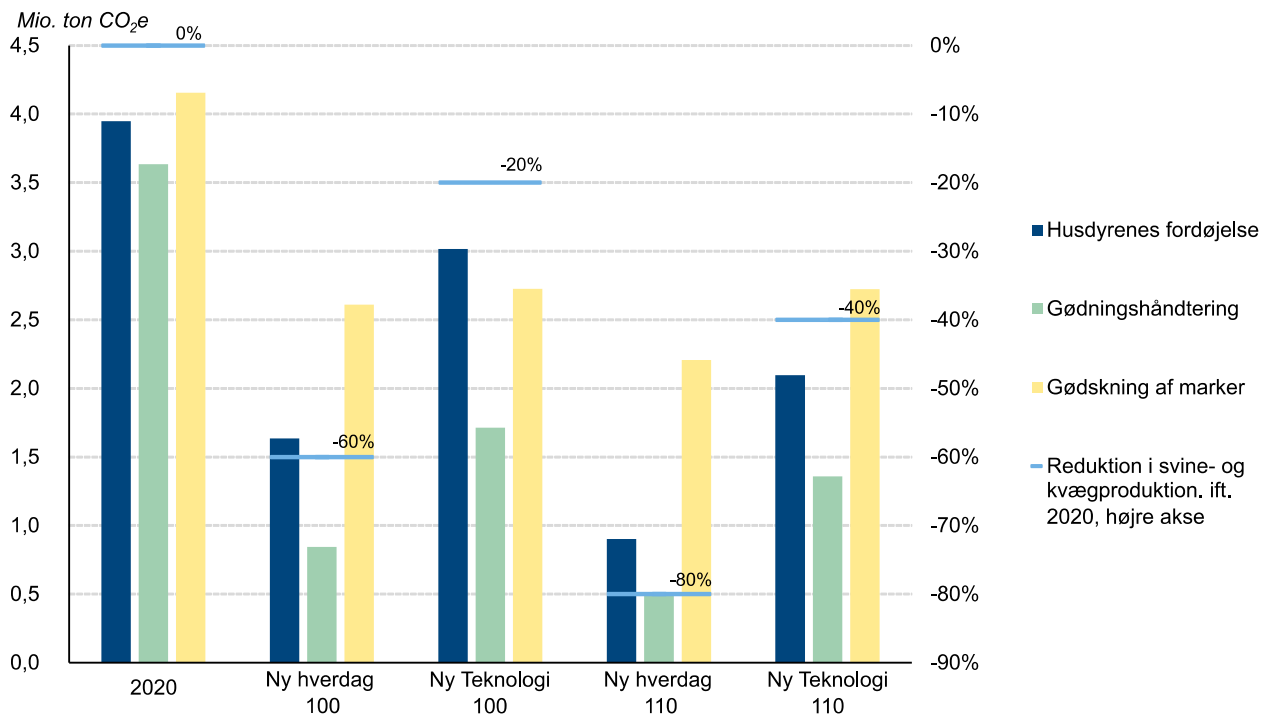
I 2050 stammer udledningerne primært fra landbruget

I 2050 er der stadig forholdsvis store udledninger fra landbruget på tværs af de fire scenarier. Disse tilbageværende udledninger skal modsvares af negative udledninger for at nå klimamålene.

Scenariernes udledninger fra landbruget består af:

- husdyrenes fordøjelse
- gødningshåndtering
- gødsugning af marker.

Figur 3.4 tager udgangspunkt i udledningskategorien for landbrug. Den viser forskellen mellem scenariernes udledninger i de tre underkategorier.



Figur 3.4 Udledninger fra landbrug og omfang af svine- og kvægproduktion i forhold til 2020

Anm. 1: På figuren ses to forskellige enheder på akserne. Til venstre vises udledningen af drivhusgasser. Til højre vises omfanget af husdyrproduktion med svin og kvæg i forhold til niveauet i 2020.

Anm. 2: Optag og frigivelse af kulstof ved anvendelse af arealer indgår ikke i udledningskategorien for landbrug, men i stedet i udledningskategorien for arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skov. Landbruget som erhverv har indflydelse på begge udledningskategorier og endvidere på udledningskategorien for energi. Det er i overensstemmelse med rapporteringsregler fra FN, som klimalovens mål også opgøres efter.

Kilde: Klimarådet.

Udledning fra husdyrs fordøjelse følger antal af husdyr og tilsætningsstoffer

Udledning fra husdyrs fordøjelse falder med husdyrbestanden og teknologiske tiltag, se figurens mørkeblå søjler. I Ny Teknologi 100 er udledningen reduceret i forhold til 2020 grundet nedgang i husdyrholdet og øget tilsætning af fedt og Bovaer til kvægfoder.

I Ny Hverdag 100 og 110 er det især nedgang i husdyrholdet, der driver reduktionen i udledningerne fra fordøjelse.

Udledninger fra gødningshåndtering falder i alle scenarier

Udledningerne fra gødningshåndtering påvirkes af omfanget af husdyr- og biogasproduktionen, hvilket ses på figurens grønne søjler.

I alle fire scenarier sendes 90 pct. af husdyrgødningen til biogasanlæg. Derudover foretages der hyppigere udslusning af husdyrgødning, hvorved husdyrgødningen opholder sig kortere tid i stalden, inden den bringes til et biogasanlæg. Bioafgasning og hurtig udslusning reducerer udledningerne fra husdyrgødningen.

Omfanget af husdyrholdet og dermed mængden af husdyrgødning spiller også ind på udledningerne fra gødningshåndtering.

Størrelsen på landbrugsareal er væsentlig for udledning fra gødskning

Udledning fra gødskning af marker påvirkes af størrelsen af arealet, der gødskes, af mængden af tilført gødning på marken og af, om gødningen tilsættes nitrifikationshæmmere.

Der er kun mindre forskelle i udledningerne fra gødskning på tværs af de fire scenarier. Det skyldes blandt andet, at der i scenarierne med en ny hverdag omlægges mere landbrugsareal til skov, og at der i scenarierne med ny teknologi tilsættes nitrifikationshæmmere til gødningen. Begge dele reducerer drivhusgasudledningen, men nitrifikationshæmmere medfører en risiko for negative miljøeffekter.

3.4 Betydningen af DAC

Kapitel 2 viste den principielle sammenhæng mellem muligheden for at anvende DAC og arealet til rådighed til mange ønskede formål. I det følgende ses der på scenariernes resultater i relation til, hvad det indebærer at skulle nå målene uden DAC.

Klimamålene kan nås uden brug af DAC

DAC eksisterer ikke i stor skala i dag. Derfor er der fortsat en risiko for, at opskalering af DAC kommer til at indebære udfordringer eller omkostninger, som gør teknologien mindre attraktiv end andre tiltag.

Scenarierne med en ny hverdag viser, at både 100- og 110-procentsmålet kan nås uden brug af DAC. Se figur 3.2. Det skyldes især følgende:

- Landbrugsproduktionen lægges i højere grad om til plantebaseret produktion, og dermed er der et mindre behov for areal til foder i scenarierne med en ny hverdag. Arealet bruges til biologisk baserede negative udledninger.
- Der er færre tilbageværende udledninger fra landbruget, som dermed ikke skal opvejes med negative udledninger.
- Transportbehovet er mindre i scenarierne med en ny hverdag, og der er plads på arealerne til at dyrke biomasse til biobrændstofproduktion.

Hvis vi som samfund satser på at bruge DAC, og det viser sig, at teknologien bliver ved med at være dyr eller på anden vis viser sig vanskelig at opskalere, er disse strukturelle og adfærdsmæssige ændringer eksempler på tiltag, der kan blive nødvendige for at nå klimamålene som kompensation for manglende bidrag fra DAC.

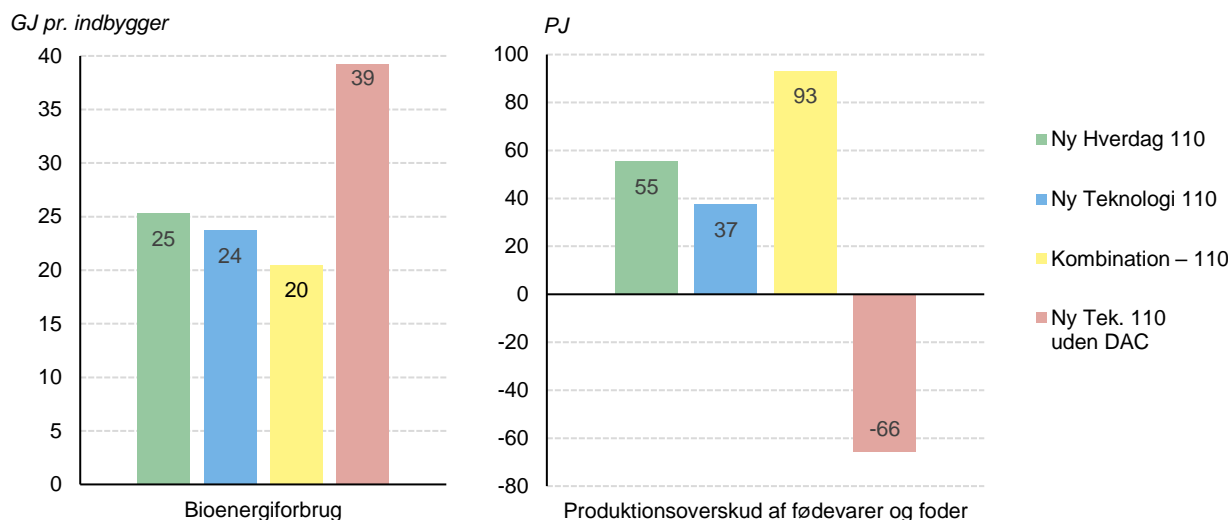
Uden DAC øges presset på arealer

Tilgængeligheden af DAC som løsning har stor betydning for, i hvilken grad der bliver pres på arealerne til natur, biomasse- og fødevarerproduktion.

Figur 3.5 viser konsekvenserne for bioenergiforbruget og for produktionsoverskuddet af fødevarer og foder ved ikke at anvende DAC til at nå et givent klimamål. Det vises ved at sammenligne Ny Teknologi 110 med:

- Ny Hverdag 110, som ikke anvender DAC

- Alternativt scenarie 1, det vil sige kombinationen af Ny Hverdag 110 og Ny Teknologi 110, som kun anvender 2 mio. ton fra DAC, mod 9 mio. ton i Ny Teknologi 110.
- Alternativt scenarie 2, det vil sige Ny Teknologi 110 uden DAC.



Figur 3.5 Bioenergiforbrug og overskud af fødevarer og foder i to hovedscenarier og to alternative scenarier

Kilde: Klimarådet.

Ny Hverdag 110 når højt mål uden DAC og leverer fødevarer

I Ny Hverdag 110, hvor der ikke er anvendt DAC, er bioenergiforbruget cirka på niveau med Ny Teknologi 110, men til gengæld har Ny Hverdag 110 et noget højere produktionsoverskud af fødevarer og foder. Det tyder på, at det vil være muligt at opfylde 110-procentsmålet uden DAC og samtidig øge produktionsoverskuddet af fødevarer og foder. Konklusionen forudsætter blandt andet en række adfærdsændringer, som er antaget i Ny Hverdag 110.

Kombination af en ny hverdag og ny teknologi leverer markant flere fødevarer

I Alternativt scenarie 1 kombineres Ny Hverdag 110 og Ny Teknologi 110. Her er der positive konsekvenser, dels i form af et mindre bioenergiforbrug og dels i form af et større produktionsoverskud, som potentielt kan eksporteres til udlandet. Se figur 3.5. I dette scenarie kombineres strukturelle, adfærdsmæssige og teknologiske omstillingslementer. I scenariet sker der altså både en stor strukturel omstilling, samtidig med at ny teknologi bidrager i betydelig grad.

Ny teknologi uden DAC virker ikke farbar

Alternativt scenarie 2 afspejler Ny Teknologi 110, men uden DAC. Dette scenarie viser, at en målopfyldelse baseret på ny teknologi, hvor DAC ikke bliver tilgængelig, vil medføre en markant stigning i bioenergiforbruget og resultere i et betydeligt underskud af fødevarer og foder for Danmark. Dette skyldes, at de negative udledninger, som DAC ellers leverer, i stedet skal leveres via teknologier som BECCS og biokul, hvortil der skal anvendes store mængder biomasse og dermed store arealer. Disse arealer kan derfor ikke bruges til produktion af fødevarer og foder.

Billig DAC vil eventuelt kunne kompensere for fossile udledninger

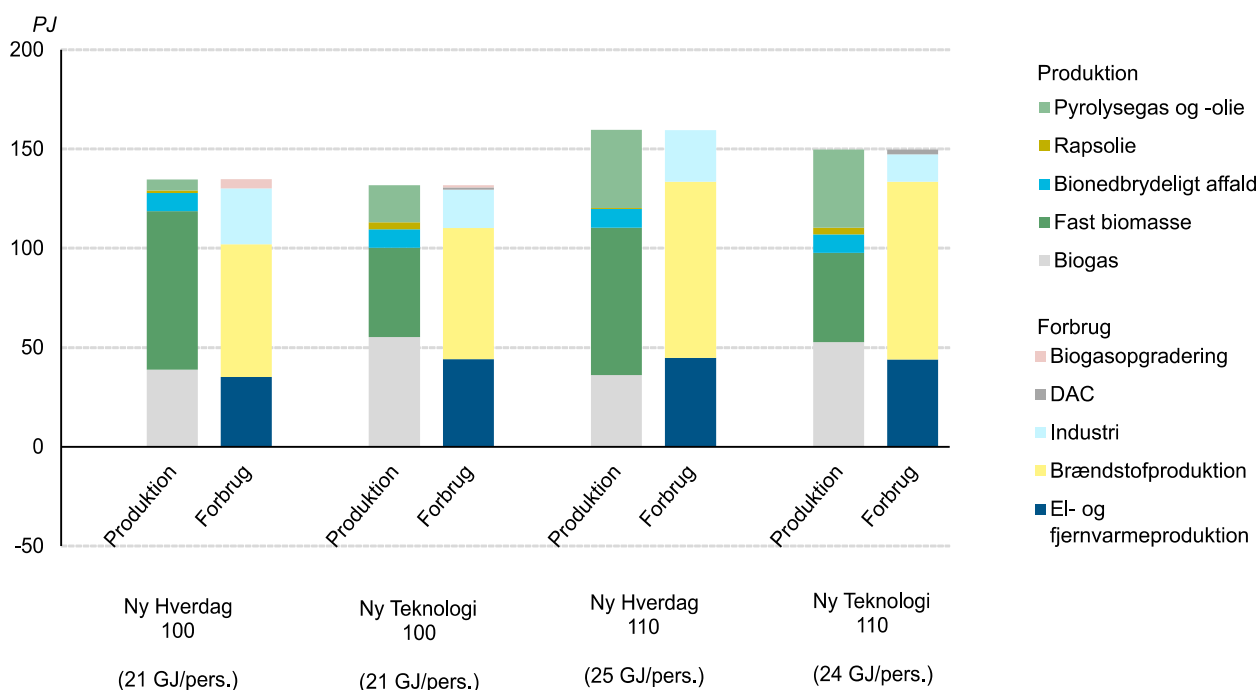
En måde at håndtere hele eller dele af udledningerne fra luftfarten er fortsat at flyve på fossile brændstoffer og kompensere for udledningerne med DACCS eller andre negative udledninger. I luftfartssektoren fremhæver virksomheder og internationale organisationer dette som en mulig og potentielt nødvendig vej.⁴⁶ Den mulighed kan vise sig billigere end at producere bio- og elektrobrændstoffer til hele eller dele af luftfarten, afhængig af omkostningerne til DAC og af el- og biomassepriser.⁴⁷

3.5 Konsekvenser for bioenergiforbruget

I det følgende præsenteres det, hvad konsekvenserne af målopfyldelsen vil være for forbruget af bioressourcer til energiformål.

Bioenergien bruges til brændstof-, el- og varmeproduktion

De fire scenarier er underlagt rammebetingelsen om ikke at importere bioressourcer til energiformål og kulstoflagring. Alle fire scenarier øger i stedet den indenlandske produktion af biomasse og andre biobrændsler. I alle fire scenarier bruges den indenlandske produktion i Danmark, som figur 3.6 viser.



Figur 3.6 Bioenergiprodukter fordelt på produktion og forbrug i scenarierne

Anm. 1: Produktion af bioenergiprodukter i figuren er energiholdige biogene produkter i en form, der er klar til anvendelse, fx til el- og fjernvarmeproduktion eller til brændstofproduktion.

Anm 2.: Produktion og forbrug af bioenergiprodukter omfatter ikke energitab i biogas- og pyrolyseprocesser samt biogene produkter, der har andre formål end energiformål, fx træ til møbler eller biogent materiale i biokul.

Kilde: Klimarådet.

Bioenergien stammer først og fremmest fra biogas og fast biomasse for alle fire scenarier. Pyrolyseprodukter bidrager med varierende mængder og er særligt i Ny Hverdag 110 og Ny Teknologi 110 med til at øge produktionen. Bioressourcerne bruges i stort omfang til brændstoffer i scenarierne, men også i høj grad til el og fjernvarme, hvor de dels bidrager med regulerbar elproduktion og dels udgør et grundlag for CO₂-fangst. I industrien anvendes også biobrændsler i form af primært opgraderet biogas samt pyrolyseprodukter.

Scenarierne med en ny hverdag har et mindre behov for transport med skibe og fly samt vejtransport. Det relativt høje forbrug af bioressourcer til energi bliver herved mindre end ellers.

Bioenergiforbruget er relativt højt i alle fire hovedscenarier

Forbruget af bioenergi falder fra 32 i 2022 til 24 GJ pr. indbygger i 2035 i Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets *Klimastatus og -fremskrivning 2024*.⁴⁸ I det forløb er der ikke en rammebetingelse om produktion af grønt brændstof til bunkring af udenrigs-fly og -skibe i Danmark.

I hovedscenarierne skal der produceres flere grønne brændstoffer til udenrigsluft- og skibsfart på grund af den fastsatte rammebetingelse, og i scenarierne varierer forbruget af bioenergiprodukter til energi fra 21 og 25 GJ pr. indbygger i 2050, se figur 3.6. Forbruget er højest i de to scenarier, der når en reduktion på 110 pct.

I Alternativt scenarie 5, det vil sige Ny Teknologi 110 uden rammebetingelsen om produktion af brændstoffer, falder bioenergiforbruget fra 24 til 15 GJ pr. indbygger i 2050. Det viser, at energiforbruget til især udenrigsluftfart, men også udenrigsskibsfart forventeligt bliver en af hovedårsagerne til knapheden på biogent kulstof.

I *Baggrundsnotat 1* sammenlignes hovedscenariernes forbrug af bioenergi med forskellige bud fra litteraturen på et globalt bæredygtigt niveau af forbruget. Sammenligningen er kun vejledende, da forbrug af bioenergi kan opgøres på forskellige måder. Bioenergiforbruget i ovenstående opgørelse omfatter ikke energitab i biogas- og pyrolyseprocesser eller forbrug af biogent materiale til biokul. I sammenligning med andre kilder bør forbruget derfor anses som et lavt estimat.

En øget produktion af biomasse kan være en vigtig brik

Der er gode muligheder for at øge produktionen af biomasse til energiformål i Danmark i forhold til i dag.

I alle scenarier antages en generel udbyttetigning af afgrøder på 20 pct. fra 2020 til 2050. Den biologiske produktion øges desuden i scenarierne via skift til højtydende afgrøder, hurtigtvoksende træarter, høst af efterafgrøder og øget opsamling af halm. Endvidere antages det i alle fire scenarier, at den animalske produktion reduceres i varierende grad, hvilket frigør areal til produktion af biomasse til energi eller brændstoffer, som tidligere blev anvendt til produktion af foder.

En sammenligning med andre lande viser, at Danmark har et relativt stort, frugtbart og dyrkbart areal til rådighed. Arealet pr. dansker er større end det gennemsnitlige areal, der globalt er til rådighed pr. verdensborger.⁴⁹

Biomassens formål ændres

I dag forbruger Danmark store mængder biomasse til at forsyne kraftvarmeværker og kedler med input til el- og varmeproduktion. I scenarierne for 2050 vendes biomasseforbruget fra i dag at være drevet af energisystemets behov til i 2050 i langt højere grad at være drevet af behovet for negative udledninger og brændstofproduktion.

I scenarierne anvendes biomasse dog også fortsat i el- og fjernvarmeproduktionen som følge af anvendelsen af Energistyrelsens analyseforudsætninger. Dette forbrug kan reduceres ved en højere anvendelse af fx el- og varmelagring og fleksibelt forbrug. Tilsvarende vil de negative udledninger, som værkerne leverer via BECCS, alternativt kunne komme fra andre metoder som DACCS, biokul og skov.

3.6 Konsekvenser for energi, fødevarer og foder

I det følgende vises der resultater for, hvad konsekvenserne af målopfyldelsen vil være for Danmarks overskud af energi, fødevarer og foder til udlandet.

Produktionsoverskud belyser måden at opfylde klimamål på

Analysen fokuserer ikke alene på, om klimamålene kan nås, men også på, om de opfyldes på en hensigtsmæssig måde ved fx ikke at importere bioressourcer til energiformål og kulstoflagring samt ved fortsat at producere fødevarer, der kan gavne andre lande.

Balancen mellem produktion og forbrug af energi, fødevarer og foder i Danmark er en indikator på, om klimamålet indfris hensigtsmæssigt eller ej. Resultaterne for denne balance bruges også til at vurdere i hvilken grad, Danmark er et foregangsland og lækagerisiko forbundet med scenarierne i kapitel 4.

Energi, fødevarer og foder har stor betydning for vejen til 2050-målet

Danmarks produktionsoverskud, som i scenarierne potentielt vil kunne eksporteres, analyseres med fokus på:

- Energitilgængelige produkter (opgjort i PJ)
- Fødevarer og foder (opgjort både i PJ, ton protein og hektar i udlandet).

Energi- og fødevarerområdet har potentiale til at fortrænge udledninger i udlandet. Danske vedvarende energiprodukter kan fx fortrænge fossil energiproduktion i udlandet, og danske fødevarer og foder kan sørge for, at andre landes arealer i mindre grad behøver at blive opdyrket.

Tablet 3.1 viser typer af energiprodukter, fødevarer og foder, som indgår i opgørelsen af produktionsoverskuddet.

Tabel 3.1 Biogene produkter inkluderet i beregning af energi- og proteinindhold i produktionsoverskud

Energiprodukter	Animalske fødevarer	Plantebaseret foder og fødevarer
Biobrændstof og -produkter	Fjerkrækød	Andet foder (primært sojaskrå)
Bioenergi	Konsummælk	Bælgsæd
Brint	Mælk til foder	Frugt
El	Mælkekonserves	Frø (primært græsfrø til udsæd)
Gas	Oksekød	Græs
Kul og koks	Svinekød	Græsprotein
Råolie og olieprodukter	Æg	Grøntsager
		Kartofler
		Korn
		Majs, helsæd til foder
		Muslinger
		Rapsfrø
		Rapskage
		Rapsolie
		Roer
		Tang

Anm. 1: Muslinger er i denne analyse en del af kategorien plantebaseret.

Anm. 2: Se kapitel 2 for afgrænsning af produktion og forbrug i analysen.

Anm. 3: Afgrøder til scenariernes produktion bag danskernes forbrug af plantebaserede alternativer til mejeri og kød samt kunstigt kød og kunstig mælk indgår også i analysen, da produkterne produceres ved forarbejdning af råvarer vist i tabellen. Se *Baggrundsnotat 2* for en nærmere beskrivelse.

Kilde: Klimarådet.

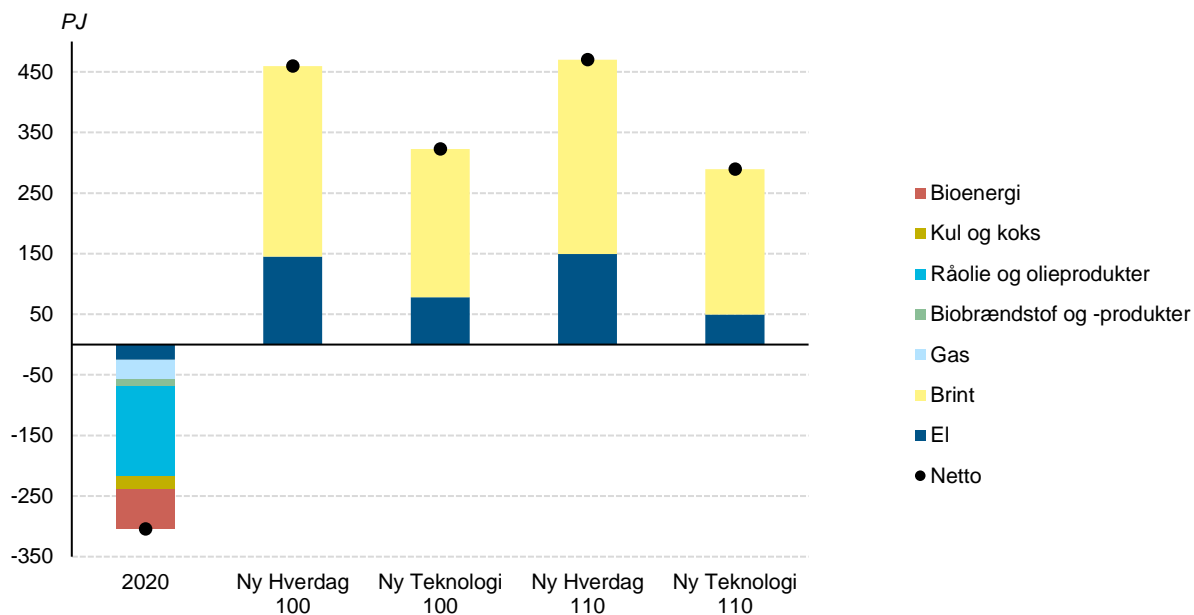
I analysen anvendes begrebet produktionsoverskud i stedet for nettoeksport, når der er tale om 2050. Det gøres for at understrege, at der er tale om tekniske potentialer. Disse potentialer er resultater af antagelser om produktion og forbrug, og ikke modelleret udbud og efterspørgsel. Der er ikke foretaget en nærmere vurdering af, om produktionsoverskuddet kan sælges til udlandet. For historiske år anvendes begreberne import og eksport.

Produktionsoverskuddet er opgjort efter, at det samlede energi- og transportsystem har fået opfyldt deres behov, herunder til produktion af grønne brændstoffer til bunkring af udenrigsfly og -skibe i Danmark. Tilsvarende er produktionsoverskuddet opgjort efter, at danskerne og danske husdyr har fået opfyldt deres fødevarer- og foderbehov.

3.6.1 Produktionsoverskud af energi

Danmark har et produktionsoverskud af energiprodukter i alle fire scenarier

I de fire scenarier varieres produktionen af energiprodukter for at imødekomme energiforbrugene i de forskellige sektorer og for at nå klimamålene og de definerede rammebetingelser.



Figur 3.7 Produktionsoverskud af energi fordelt på væsentlige energiprodukter

Anm.: Nettoimporten af gas i 2020 skal ses i lyset af, at Tyrafeltet er under genopbygning.

Kilder: Energistyrelsen⁵⁰ og Klimarådet.

Danmark går fra at være nettoimportør af energi i 2020 til at have et produktionsoverskud i 2050 i de fire scenarier, som potentielt vil kunne eksporteres. Det viser figur 3.7. El og brint udgør størstedelen af produktionsoverskuddet. Overskuddet skyldes primært, at Energistyrelsens *Analyseforudsætninger 2023* er anvendt for antagelser om vind- og solenergi samt elektrolysekapacitet. Med de antagelser vil det altså ikke være svært for Danmark at producere el og brint til udlandet. Udfordringen på energiområdet er i stedet at frembringe kulstofholdige brændstoffer i 2050.

I 2050 skal der, i modsætning til i dag, ikke længere importeres biobrændstoffer til vejtransport i nogen af de fire scenarier. Det skyldes rammebetingelsen om at undgå import af bioressourcer til energiformål.

Scenarier med en ny hverdag har et mindre brændstofbehov

Scenarierne med en ny hverdag giver et større produktionsoverskud end scenarierne med ny teknologi, se tabel 3.2. En del af forklaringen er, at der er forudsat et mindre behov for grøn bunkring af internationale fly og skibe i Danmark, som der ikke skal bruges ressourcer til at producere. Derudover dækkes en del af transporten i Ny Teknologi af elektrobrændstoffer, hvilket kræver store mængder el.

Tabel 3.2 Sammenligning af scenariers rammebetingelse om bunkring med deres produktionsoverskud af energi

PJ	Ny Hverdag 100	Ny Teknologi 100	Ny Hverdag 110	Ny Teknologi 110
Behov for grønt brændstof til bunkring	65	87	58	87
Produktionsoverskud af energi	460	323	470	289

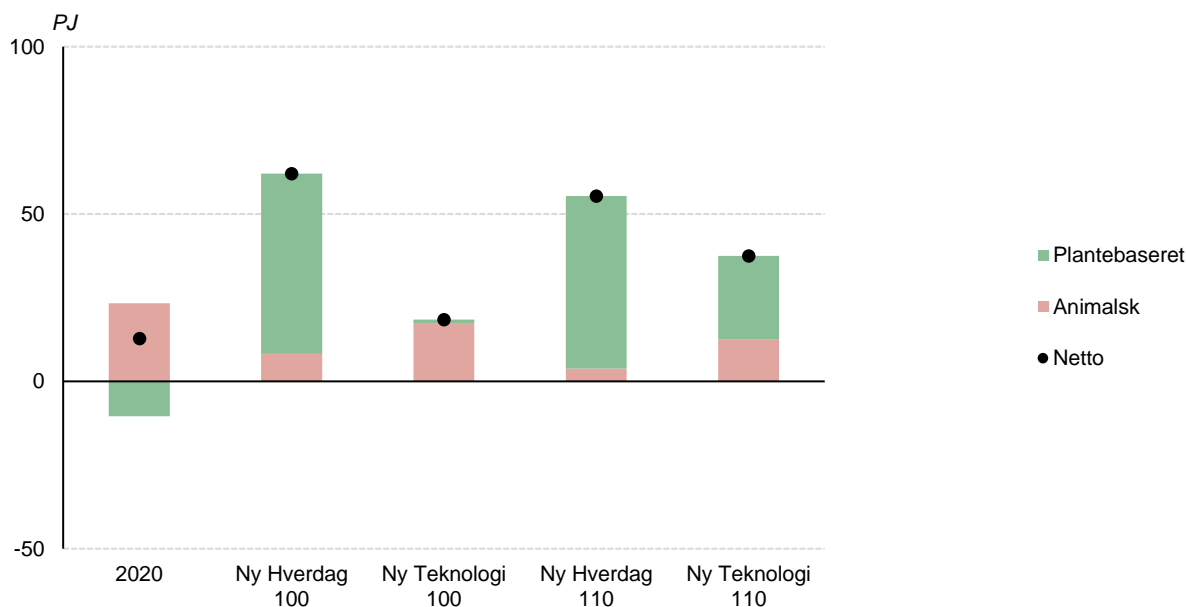
Kilde: Klimarådet.

3.6.2 Produktionsoverskud af fødevarer og foder

I scenarierne omlægges landbrugsproduktionen i varierende grad fra animalsk til plantebaseret. Resultaterne er opgjort som produktionsoverskud for Danmark med potentiale for eksport. Disse overskud er omregnet til henholdsvis energiindhold, proteinindhold og antal hektar, som dyrkningen af afgrøder umiddelbart er forbundet med, og som udlandet derfor ikke behøver at opdyrke.

Danmark havde en nettoeksport af energiindhold i 2020

I alle fire scenarier har Danmark et produktionsoverskud af fødevarer og foder, når det opgøres i energienheder, se figur 3.8.



Figur 3.8 Energiindhold i produktionsoverskud af fødevarer og foder

Anm.: Energiindholdet i produktionsoverskuddet er beregnet ved at sammenholde varens energiindhold pr. vægtenhed med vægten af varen. Se metode i *Baggrundsnotat 2*.

Kilder: Danmarks Tekniske Universitet⁵¹, Jørgensen m.fl.⁵², Danmarks Statistik⁵³ og Klimarådet.

I 2020 var der en nettoimport af plantebaserede landbrugsprodukter og en nettoeksport af animalske landbrugsprodukter. Tilsammen havde Danmark en nettoeksport af fødevarer og foder i 2020 målt ved energiindholdet. Nettoimporten af plantebaserede produkter i 2020 skyldes primært import af foder.

Scenarier med en ny hverdag leverer flest afgrøder

De to scenarier med ny hverdag leverer et energimæssigt større produktionsoverskud af fødevarer og foder end de to scenarier med ny teknologi – og størst i Ny Hverdag 100.

I Ny Hverdag 110 er fødevarer- og foderoverskuddet lidt mindre, fordi en større andel af landbrugsarealet bruges til at dyrke energipil og skov til negative udledninger.

Danmark havde en nettoimport af proteinindhold i 2020

Det er relevant at opgøre produktionsoverskuddet af fødevarer og foder i proteinindhold som alternativ til opgørelsen målt på energiindholdet. Figur 3.9 viser produktionsoverskuddet af fødevarer og foder i 2020 og i scenarierne, når det opgøres i proteinindhold.



Figur 3.9 Proteinindhold i produktionsoverskud af fødevarer og foder

Anm.: Proteinindholdet i produktionsoverskuddet af fødevarer og foder er opgørt ved at sammenholde varens proteinindhold pr. vægtenhed med vægten af varen.

Kilder: Danmarks Tekniske Universitet⁵⁴, Jørgensen m.fl.⁵⁵, Jespersen⁵⁶, Seges⁵⁷ og Klimarådet.

Figur 3.9 viser, at når produktionsoverskuddet opgøres som proteinindhold, havde Danmark i 2020 samlet set en nettoimport af protein indeholdt i fødevarer og foder. Det skyldes det høje proteinindhold i importeret foder såsom soja. Nettoimporten af plante-baseret protein i 2020 opvejes altså ikke af nettoeksporten af animalsk protein i 2020.

Danmark går fra produktionsunderskud til -overskud fra 2020 til 2050

I alle fire scenarier vendes udviklingen fra, at Danmark samlet set importerer fødevarer og foder i 2020 til samlet set at blive en mulig eksportør i 2050. Bag resultatet i figur 3.9 ligger en varierende grad af nedgang i husdyrproduktion og en erstatning af foderimport med blandt andet dansk græspprotein. Foderimporten er således søgt erstattet med andet proteinholdigt foder.

Figur 3.9 tyder på, at Danmark potentielt kan få et produktionsoverskud af protein ved at skifte til plantebaserede fødevarer, men det vil formentlig indebære et udviklingsarbejde, der omfatter både produktudvikling og markedsudvikling at realisere potentialet.

Proteinernes aminosyresammensætning og fordøjelighed er ikke analyseret nærmere. Det er derfor ikke sikkert, at scenariernes større proteinmængde i produktionsoverskuddet set i forhold til 2020 afspejler en tilsvarende forøget mængde af essentielle og let fordøjelige proteiner. Det er heller ikke undersøgt, hvad der skal til for at undgå sygdomme som ærtesyge mv.

Scenarier med en ny hverdag leverer markant mere protein

Proteinindholdet i produktionsoverskuddet af fødevarer og foder ses i tabel 3.3. Tabellen viser også en omregning til det antal personer, der kan få opfyldt sit proteinbehov med produktionsoverskuddet.

Tabel 3.3 Proteinindhold i produktionsoverskud for 2020 og for scenarierne i 2050

		2020	100-procentsmål		110-procentsmål	
			Ny Hverdag	Ny Teknologi	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Protein i fødevarer og foder	ton protein	-220.000	580.000	210.000	510.000	470.000
<i>Svarende til antal personers årlige proteinbehov</i>	<i>mio. pers.</i>	<i>-7</i>	<i>19</i>	<i>7</i>	<i>17</i>	<i>15</i>

Anm. 1: Omregningen til antal personers årlige proteinbehov for fødevarer og foder har til hensigt at vise, hvor mange menneskers proteinbehov den overskydende danske landbrugsproduktion potentielt ville kunne dække, uagtet at mennesker ikke kan indtage alle typer afgrøder. Tallene i tabellen er forbundet med usikkerhed og skal betragtes som indikative skøn.

Anm. 2: I omregningen til antal personers proteinbehov er der anvendt et globalt faktisk indtag i 2020 på 84,57 g pr. person pr. dag.⁵⁸

Kilde: Klimarådet.

Scenarierne med en ny hverdag har begge et højt potentiale for proteinekspport sammenlignet med scenarierne med ny teknologi. Det ses af tabellens første række. Her sammenlignes proteinindholdet i scenariernes produktionsoverskud af fødevarer og foder.

Særligt Ny Teknologi 100 har et relativt lille potentiale for proteinekspport. Der er bemærkelsesværdigt langt herfra til det tilsvarende eksportpotentiale i Ny Hverdag 100. En omregning viser, at nettooverskuddet i Ny Teknologi 100 svarer til 7 mio. menneskers proteinbehov, mens tallet for Ny Hverdag 100 er 19 mio. mennesker. Her er der altså en markant forskel, mens forskellen er mindre, når det gælder 110-procentsscenarierne.

Produktionsoverskuddet har potentiale til at frigive arealer i udlandet

Scenariernes produktionsoverskud af fødevarer og foder repræsenterer ikke kun et energi- og proteinindhold. Nettooverskuddet af fødevarer og foder er også knyttet til et areal, da det kræver areal at dyrke en afgrøde. Der er foretaget en simpel omregning af produktionsoverskuddet i vægtenheder af afgrøderne til omfanget af areal. Det gøres for at indikere et potentiale for frigivelse af areal i udlandet og for sammenligning i variationer heraf på tværs af scenarier. Figur 3.10 viser, hvor mange hektar scenariernes produktionsoverskud svarer til, når globale gennemsnitsudbytter lægges til grund.



Figur 3.10 Arealet forbundet med produktionsoverskuddet

Anm. 1: Arealet forbundet med produktionsoverskuddet er udregnet på baggrund af globale gennemsnitsudbytter. Se metode i *Baggrundsnotat 2*.

Anm. 2: I 2020 var der også en nettoimport af biobrændstoffer, men der er ikke foretaget en beregning af arealet forbundet hermed. I scenarierne er der ingen import af biobrændstoffer.

Anm. 3: I beregningen indgår bælgssæd, frø, frugt, græs, grøntsager, soja til foder og andet foder, juletræer, kartofler, korn, majs til helsæd, raps, rapskage, roer og træ til energi. Import af træ til materialer er ikke inkluderet.

Kilder: FAO STAT⁵⁹ og Klimarådet.

I figuren ses, at importen af afgrøder og træ til energiformål lagde beslag på et relativt stort areal i udlandet i 2020. Udviklingen vendes fra 2020 til scenarierne i 2050. Det største potentiale for arealfrigivelse i udlandet findes i Ny Hverdag 100 og Ny Hverdag 110. I disse scenarier leverer skovrejsningen træ til gavntre og energiformål, og det dansk producerede træ til energiformål anvendes i Danmark.

Det er forbundet med betydelig usikkerhed at relatere afgrøde- og træproduktion til et areal, og der findes flere forskellige faglige tilgange til det. Figuren har derfor mere til formål at sammenligne scenarierne end at opgøre det specifikke antal hektar.

Der kan være risiko for drivhusgaslækage

Når der i scenarierne omlægges fra husdyrproduktion til planteproduktion, er der risiko for drivhusgaslækage. Risikoen består i, at den animalske produktion kan øges i udlandet, når den mindskes i Danmark. Risikoen afhænger af, i hvilken grad forbrugerne erstatter de animalske fødevarer med plantebaserede fødevarer. I kapitel 4 foretages en vurdering af lækagerisikoen.



Kapitel 4

Vurdering af scenarierne
ud fra udvalgte samfundshensyn

Det handler kapitlet om

Scenarierne vurderes på udvalgte samfundshensyn

Analysens fire scenarier varierer på mange dimensioner. Dette kapitel skaber et overblik over væsentlige forskelle mellem scenarierne ved at sammenligne deres styrker og svagheder ud fra en række udvalgte samfundshensyn.

Klimapolitikken har konsekvenser for andet end klimaet. Klimaloven nævner en række guidende principper, som klimapolitikken bør tage højde for. Ud over disse har Klimarådet identificeret yderligere samfundshensyn, som er baseret på den offentlige debat og Klimarådets tidligere analyser. Disse hensyn og de guidende principper bruges til at vurdere scenariernes konsekvenser, i det omfang analysemetoden gør det muligt.

Samfundshensynene handler om inspiration til udlandet, globale effekter og barrierer for omstillingen

De fire scenarier vurderes på ni samfundshensyn fordelt på følgende tre temaer:

- Danmark som inspirationskilde
- Direkte globale effekter
- Barrierer for den langsigtede omstilling

Enhver vej til klimaneutralitet indebærer modstridende hensyn og afvejninger

En overordnet konklusion er, at der ikke findes én ideel vej til 2050. Der er både styrker og svagheder ved hvert af de fire scenarier.

Ny Hverdag-scenarierne har mindre teknologirisiko, større ressourcebidrag af fødevarer, foder og energi til udlandet. De har også lavere udgifter til teknologiske løsninger og kan derfor lettere efterlignes af fx udviklingslande, der i mindre grad har råd til at investere i ny teknologi. Ny Teknologi-scenarierne har mindre risiko for manglende accept, da de kræver færre adfærdsændringer, mindre risiko for kulstoflækage og større potentiale for udvikling af klimavenlig teknologi.

Et højt klimamål på 110 pct. bidrager til Danmarks rolle som inspirationskilde. Men der er en tendens til, at scenarierne bliver mindre fordelagtige målt på andre samfundshensyn sammenlignet med et klimamål på 100 pct., blandt andet ved at bioenergiforbruget stiger.

Omstillingen vil kræve politiske afvejninger og kompromisser

Fraværet af én ideel vej til et 2050-klimamål betyder, at der løbende skal laves politiske afvejninger og kompromisser, når de forskellige samfundshensyn skal prioriteres. De samfundsøkonomiske forhold, herunder løsningernes omkostninger og fordele, vil forme omstillingen, men der vil uvægerligt blive behov for at lægge værdimæssige betragtninger til grund for klimapolitikken.

Analysen illustrerer, hvordan dette blandt andet handler om, hvilken vægt man vil lægge på, at Danmark kan være en inspirationskilde for omverdenen, hvilke direkte globale effekter man ønsker at have på udlandet, samt hvilke barrierer for den langsigtede omstilling man vil forsøge at overkomme.

4.1 Introduktion til vurderingsmetoden

Konsekvenserne af forskellige typer af omstillinger og klimamål belyses

Scenarieresultaterne i kapitel 3 viser, at de fire scenarier varierer på en række dimensioner. Det gælder blandt andet fordelingen og omfanget af CO₂e-reduktioner, energiproduktion og -forbrug, fødevarereproduktion og -forbrug og arealanvendelsen. I dette kapitel vurderes analysens fire scenarier ud fra en række samfundshensyn. Formålet er at sammenligne scenariernes relative styrker og svagheder.

Vurderingerne belyser en række relevante konsekvenser, men kan ikke give et fuldstændigt beslutningsgrundlag for at vælge én type af omstilling eller klimamål. Foruden konsekvenserne af scenarierne, som belyses i dette kapitel, afhænger valget af klimamålets størrelse også af internationale forpligtelser, moralske og etiske betragtninger samt udviklingen i klimavidenskaben, hvilket behandles i kapitel 5.

Dette afsnit introducerer vurderingsmetoden, som uddybes i Baggrundsnotat 1.

Scenarierne vurderes på udvalgte samfundshensyn inden for tre temaer

De udvalgte samfundshensyn er baseret på de guidende principper i klimaloven, på hvad Klimarådet finder samfundsmæssigt relevant og på drøftelserne i rådets Klimadialogforum, hvor en bred vifte af interessenter på klimaområdet er repræsenteret. De udvalgte hensyn dækker ikke alle relevante forhold, og der er hensyn, som analysemetoden ikke kan belyse tilstrækkeligt. Det gælder fx i beregningen af samfundsøkonomi.

De fire scenarier i analysen vurderes ud fra ni udvalgte samfundshensyn, som fremgår af tabel 4.1, og uddybes i de følgende afsnit. Samfundshensynene er fordelt på tre overordnede temaer:

- Danmark som inspirationskilde
- Direkte globale effekter
- Barrierer for den langsigtede omstilling

Tabel 4.1 Oversigt over de ni udvalgte samfundshensyn i scenarielvurderingen fordelt på tre temaer

Tema	Samfundshensyn	Beskrivelse
Danmark som inspirationskilde	<i>Klimamål</i>	Hvor meget reduceres Danmarks territoriale CO ₂ e-udledninger i 2050?
	<i>Global skalerbarhed af bioenergiforbruget</i>	I hvor høj grad er scenariets bioenergiforbrug bæredygtigt, hvis det skaleres globalt?
	<i>Teknologiomkostninger</i>	I hvor høj grad medfører scenariet tekniske og finansielle omkostninger til ny teknologi, som især udviklingslande kan få svært ved at betale?
Direkte globale effekter	<i>Udvikling af klimavenlig teknologi</i>	I hvor høj grad kan Danmarks omstilling bidrage til udviklingen af klimavenlige teknologier, som også kan hjælpe resten af verden med at omstille sig?
	<i>Potentielt nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet</i>	Hvor stort er Danmarks produktionsoverskud, og dermed potentielle nettoeksport, af fødevarer og foder til udlandet?

	Potentielt nettobidrag af energi til udlandet	Hvor stort er Danmarks produktionsoverskud, og dermed potentielle netto-eksport, af energi til udlandet?
	Lækagerisiko	Hvor stor er risikoen for, at opfyldelsen af Danmarks territoriale klimamål flytter udledninger til udlandet?
Barrierer for langsigtet omstilling	Teknologirisiko	I hvilket omfang baserer scenariet sig på teknologi, som endnu er uprøvet i stor skala?
	Risiko for manglende accept af omstillingen	I hvilket omfang baserer scenariet sig på strukturelle forandringer af produktions- og forbrugsmønstre, som kan udfordre accepten af omstillingen i samfundet?

Anm. 1: Placeringen af samfundshensyn inden for temaerne er ikke entydig for alle hensynene. Klimamålet har eksempelvis også en direkte global effekt på klimaet, og manglende accept af omstillingen kan have en negativ effekt på Danmarks evne til at være inspirationskilde for andre lande.

Anm. 2: En mere detaljeret beskrivelse af samfundshensynene, parametrene, som mere konkret anvendes til at vurdere dem, samt kriterierne for at vurdere styrker og svagheder, kan findes i *Baggrundsnotat 1*.

Kilde: Klimarådet.

4.1.1 Danmark som inspirationskilde

Danmark skal være et foregangsland ifølge klimaloven

Folketinget har i klimaloven fastlagt, at Danmark skal "være et foregangsland i den internationale klimaindsats, som kan inspirere og påvirke resten af verden. Danmark har derudover både et historisk og moralsk ansvar for at gå forrest".⁶⁰

Samfundshensynet om at være en klimapolitisk inspirationskilde handler både om, hvilket mål Danmark sætter, og måden målet nås på. Højere klimamål i Danmark kan inspirere andre lande til også at føre en mere ambitiøs klimapolitik. Samtidig kan Danmarks omstilling også være en stærkere inspirationskilde, hvis den måde, vi vælger at opfylde vores mål på, kan udbredes på globalt plan. Vurderingerne fokuserer på:

- klimamålets ambitionsniveau
- skalerbarheden af bioenergiforbruget
- teknologiomkostningerne.

Et højere klimamål kan inspirere andre til at hæve deres klimaambitioner

Det første samfundshensyn, som vurderes i scenariet, er *klimamålet*.

Foruden klimamålets overensstemmelse med Parisaftalen og målets direkte klimaeffekt, kan et højere, langsigtet klimamål også påvirke Danmarks mulighed for at være inspirationskilde for andre lande. Et højere mål kan potentielt medføre en indirekte positiv klimaeffekt ved at inspirere andre lande til at øge klimaambitionerne, blandt andet ved at understøtte Danmarks diplomatiske indsats i denne henseende. Det er samtidig vigtigt, at højere klimamål anses for realistiske, hvilket blandt andet fremmes ved at analysere, hvordan de kan opnås, samt ved at opnå de mere kortsigtede klimamål.

Et højt bioenergiforbrug kan ikke inspirere andre lande

Det andet samfundshensyn er den *globale skalerbarhed af bioenergiforbruget*. Klimarådet har tidligere fremhævet, at Danmarks store nutidige og forventede forbrug af bioressourcer til energiformål ikke ville være bæredygtigt i global skala, og denne problematik er også i fokus i denne analyse. *Baggrundsnotat 1* præsenterer en række estimater for det bæredygtige globale niveau for bioenergiforbruget pr. person fra forskningsartikler og analyserapporter, som inddrages i vurderingen af scenarierne.

Udviklingslande kan ikke i samme grad tilvælge dyre teknologiske løsninger

Det tredje samfundshensyn er omstillingens *teknologiomkostninger*, som kan blive så høje, at det bliver vanskeligt for omverdenen, særligt for udviklingslande, at finde inspiration i Danmarks omstilling. Det skyldes, at det generelt set kan være udfordrende politisk at få prioriteret midler til dyre løsninger, samt at udviklingslande har færre økonomiske og finansielle ressourcer til at investere i klimavenlige løsninger. Hvis Danmark omstiller sig gennem dyre teknologiske løsninger, er der derfor mindre sandsynlighed for, at vi viser en vej, som særligt udviklingslandene realistisk set kan forventes at følge.

Som det uddybes nedenfor, kan høje teknologiomkostninger også komme omverdenen til gavn, i det omfang de bidrager til at fremme udviklingen af klimavenlige teknologier. Men der er risiko for, at disse fremskridt i mindre grad bliver relevante for udviklingslande, hvis løsningerne alligevel er for dyre til, at udviklingslande kan forventes at prioritere dem på bekostning af andre sociale og økonomiske hensyn.

Der kan dog også være et nytte tab forbundet med adfærdsændringer, fx hvis der benyttes tog over lange afstande i stedet for fly, hvilket til dels afspejles i samfundshensynet *risiko for manglende opbakning til omstillingen*.

4.1.2 Direkte globale effekter

Danmark skal bidrage positivt til omverdenen

Danmarks omstilling og økonomiske aktiviteter kan også påvirke omverdenen mere direkte, fx gennem handel med vigtige produkter som fødevarer og energi. Påvirkningen på omverdenen kan både være positiv og negativ. Der kan derfor være en afvejning mellem højere territorielle klimaambitioner i Danmark og andre påvirkninger på udlandet.

Under dette tema fokuserer Klimarådet på følgende fire samfundshensyn:

- udvikling af klimavenlig teknologi, der også kan komme andre lande til gavn
- nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet
- nettobidrag af energi til udlandet
- lækagerisiko for at reduktioner i Danmark medfører større udledninger i udlandet.

Danmark skal bidrage til udviklingen af klimavenlige teknologier

I klimalovens bemærkninger og i de seneste regeringers strategiske arbejde har der været fokus på, at Danmark skal fremme udviklingen af klimavenlige teknologier, som kan komme både Danmark og udlandet til gavn. Vilkaerne i scenarierne for udvikling af klimavenlig teknologi vurderes kvalitativt ud fra anvendelsen af teknologiske omstillings-elementer, der skaber et større hjemmemarked for nye klimavenlige teknologier.

Danmark har gode forudsætninger for at producere grøn energi og fødevarer

Den offentlige debat fokuserer ofte på, at Danmark også skal bruge sine gunstige vindforhold og gode landbrugsjord til at bidrage til omverdenen gennem eksport af klimavenlig energi og fødevarer.⁶¹ Disse bidrag kan blive reduceret, hvis ressourcerne i stedet bruges til vores egen omstilling. Eksempelvis kan areal, der omlægges til skov, ikke bruges til at producere foder og fødevarer.

Derfor er det fjerde og femte samfundshensyn henholdsvis *nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet* og *nettobidrag af energi til udlandet*. De to former for nettobidrag af henholdsvis fødevarer og foder og af energi kan opgøres kvantitativt ved hjælp af analysens resultater.

Danmark skal undgå at forårsage lækage af drivhusgasudledningen

Det er et guidende princip i klimaloven, at Danmark skal undgå at skabe kulstoflækage. Det vil sige reduktioner i Danmark, der medfører øgede drivhusgasudledninger i udlandet. Lækagerisikoen vurderes efter, i hvor høj grad reduktionerne er afhængige af udlandets forbrugsbeslutninger i relation til varer, der importeres fra Danmark. Her spiller særligt Danmarks eksport af kød og mælk ind. Lækagerisikoen begrænses desuden af analysens rammebetingelse om, at Danmark ikke importerer bioenergi eller grønne brændstoffer på nettobasis.

4.1.3 Barrierer for den langsigtede omstilling

Danmark skal mindske barrierer for den langsigtede omstilling

Under temaet *barrierer for langsigtet omstilling* vurderes det, i hvilket omfang realiseringen af scenarierne risikerer at blive bremset af:

- teknologirisiko
- risiko for manglende opbakning til omstillingen.

Teknologirisiko kan øge omstillingens omkostninger markant

Det ottende samfundshensyn er *teknologirisiko*, som betegner risikoen for, at scenariet kan medføre høje omkostninger, og satsninger på løsninger, det ikke lader sig gøre at implementere i praksis. Hvis teknologirisikoen fører til et ugunstigt udfald, kan det potentielt føre til modstand mod omstillingen, hvilket her opfattes som et aspekt af teknologirisikoen. Boks 4.1 eksemplificerer, hvordan teknologirisikoen kan føre til omfattende omkostninger for samfundet til anvendelse af DACCS i Ny Teknologi-scenarierne.

Manglende folkelig accept af omstillingen kan blive en hindring

Det niende samfundshensyn er *risikoen for manglende accept af omstillingen*, som handler om risikoen for modstand mod omfattende ændringer af samfundet i form af befolkningens forbrugsmønstre, strukturel omstilling af landbruget og arealanvendelsen samt mulige gener ved etablering af flere tekniske anlæg.

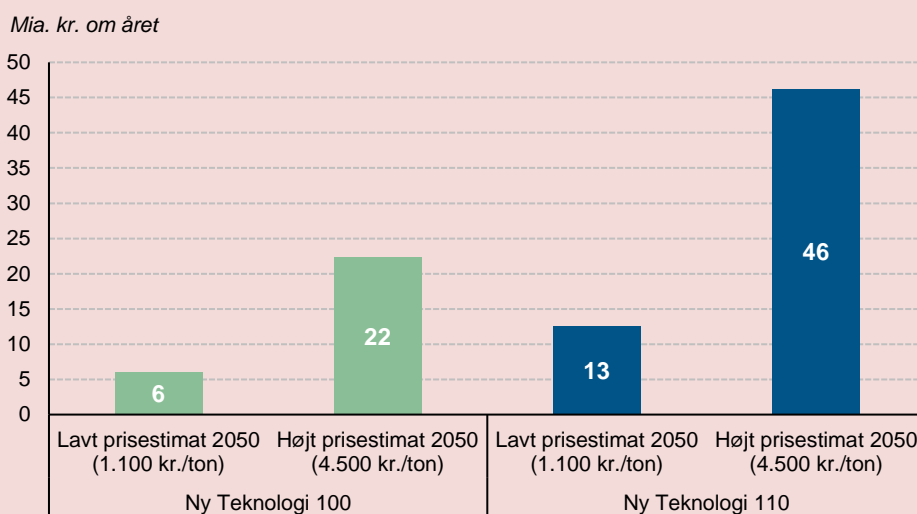
Vurderingen lægger større vægt på omfanget af forbrugsændringer end ændringer af erhvervsstruktur og tekniske anlæg, da forbrugsændringerne kræver en bredere tilslutning at gennemføre. Analyser viser, at der generelt er opbakning i befolkningen til at ændre levevis, men visse scenarier indebærer også så markante forandringer, at udfordringen er relevant at forholde sig til strategisk.⁶²

Boks 4.1 Mulige omkostninger til DACCS til illustration af teknologirisiko

Teknologirisikoen er særlig stor for DACCS. Dette kan illustreres med det store udfaldsrum, som relevante estimater for de fremtidige priser giver anledning til i kombination med omfanget af DACCS i Ny Teknologi-scenarierne. På baggrund af en afsøgning af estimater for de fremtidige priser for DACCS, anvendes det laveste og højeste estimat til at opridsse et muligt udfaldsrum for omkostningerne i scenarierne.

Ny Teknologi 100 indfanger og lagrer 4,4 mio. ton CO₂ fra luften om året ved hjælp af DACCS. Ved det lave prisestimat for 2050 (1.100 kr. pr. ton CO₂) kan udgifterne i scenariet blive 6 mia. kr. om året og 22 mia. kr. om året ved det høje estimat for prisen i 2050 (4.500 kr. pr. ton CO₂).

Ny Teknologi 110 indfanger og lagrer 9,1 mio. ton CO₂ fra luften om året med DACCS. Scenariets årlige omkostninger til DACCS kan ved det lave prisestimat for 2050 koste 13 mia. kr. om året og 46 mia. kr. om året ved det høje prisestimat.



Figur 4.1 Mulige omkostninger til DACCS i scenarierne Ny Teknologi 100 og Ny Teknologi 110

Anm.: Prisestimaterne dækker udgifter til fangst via DAC og efterfølgende transport og lagring af CO₂. Søjlerne viser omkostningerne i scenarierne ved de laveste og de højeste prisestimater i kildematerialet. Prisestimater fra kilder før 2022 er justeret med Danmarks Statistiks producentprisindeks for råstofindvinding, industri, energi- og vandforsyning for den samlede danske produktion. Prisestimaterne er afrundet til nærmeste 100 kr.

Kilder: Klimarådet⁶³, Energinet⁶⁴, IEA⁶⁵, IPCC⁶⁶, McKinsey⁶⁷, Öko-Institut e.V⁶⁸, World Resources Institute⁶⁹, Keith m.fl.⁷⁰, Fuss m.fl.⁷¹ og Sievert m.fl.⁷².

4.1.4 Tilgang til at vurdere scenarierne

De samfundsmæssige omkostninger i 2050 kan ikke vurderes nu

Der er en række vigtige samfundsmæssige hensyn, som analysemetoden ikke kan belyse, og som derfor ikke indgår i vurderingen. Et af de vigtige hensyn, som ikke indgår, er de samfundsmæssige omkostninger og gevinster ved omstillingen. Det skyldes, at Klimarådet vurderer, at der på nuværende tidspunkt ikke kan regnes præcist nok på økonomiske omkostninger og gevinster i 2050.

De tre rammebetingelser indgår ikke i vurderingen

Scenarierne er også underlagt tre rammebetingelser: 30 pct. areal til beskyttet natur, ingen import af bioressourcer til energiformål og kulstoflagring samt egenproduktion af grønne brændstoffer til international transport.

Disse tre betingelser kan også siges at tilgodese samfundsmæssige hensyn, særligt med henblik på at begrænse negative konsekvenser i udlandet. De indgår dog ikke i dette kapitels vurderinger, da scenarierne ikke varierer på disse tre områder.

Scenarierne sammenlignes med hinanden

Der anvendes hovedsageligt relative vurderinger, hvor kriterierne bag vurderingerne fastsættes med henblik på at fremhæve forskelle mellem scenarierne. Formålet er altså at forstå scenariernes styrker og svagheder relativt til hinanden. Dermed kan der godt være scenarier, hvor et samfundshensyn vurderes som en relativ svaghed for et scenarie, selv om der sker en forbedring relativt til nutiden. Scenarier, som hverken skiller sig positivt eller negativt ud, vurderes til at være mellemgode inden for det pågældende samfundshensyn.

Kriterierne er dog fastlagt anderledes inden for enkelte samfundshensyn, hvor der sker en markant forbedring relativt til nutiden. Her vurderes ingen scenarier at have en svaghed inden for samfundshensynet. I disse tilfælde vurderes scenarierne altså både relativt til hinanden og til nutiden. Det medfører, at de svageste scenarier karakteriseres som middelgode inden for dette samfundshensyn, frem for at have en svaghed.

Dette gør sig gældende for nettobidrag med ressourcer inden for både fødevarer og foder samt energi. Da der kun regnes på scenarier, der når to klimamål, karakteriseres 110 pct. reduktion som en styrke og 100 pct. reduktion som middelgod.

Angående samfundshensynet om *global skalerbarhed af bioenergiforbruget* tager kriterierne desuden højde for, at ingen af analysens scenarier har et bioenergiforbrug pr. person, der kan siges at være globalt skalerbart. Dette vurderes på baggrund af en række forsknings- og analyseresultater, som præsenteres i *Baggrundsnotat 1*. Af denne årsag har ingen af scenarierne en relativ styrke inden for dette samfundshensyn. Det uddybes i boks 1.2 sidst i dette kapitel, hvordan bioenergiforbruget vil kunne mindskes mere end i scenarierne.

Vurderingerne af de enkelte samfundshensyn kan ikke lægges sammen

Vurderingsmetoden er en multikriterieanalyse, hvor det ikke er intentionen at afveje og sammenlægge de forskellige vurderinger i en samlet vurdering. Forskellige beslutningstagere vil forventeligt vægte samfundshensynene forskelligt, da afvejningen af de enkelte hensyn i forhold til hinanden blandt andet vil afhænge af politiske værdier. Vurderingerne i dette kapitel kan derfor ikke bruges til at udpege det objektive bedste scenarie.

Vurderingerne kan derimod bruges til at rette opmærksomhed på scenariernes relative styrker og svagheder samt typiske modsætninger mellem samfundshensynene.

4.2 Vurdering af scenarierne

Dette afsnit sammenfatter vurderingerne af de fire scenarier på baggrund af resultaterne i kapitel 3 og Klimarådets anvendte kriterier, som uddybes i analysens *Baggrundsnotat 1*. For hvert scenarie vurderes det, hvorvidt resultaterne afspejler henholdsvis styrker og svagheder, samt hvor scenarierne præsterer på et middelgodt niveau relativt til hinanden. Vurderingerne opsummeres i tabel 4.2 og 4.3.

De tre vurderingsniveauer illustreres med farverne rød, gul og grøn i tabel 4.3. For de vurderinger, der er baseret på kvantitative kriterier, fremgår værdierne i felterne. I dette afsnit fokuseres der på systematiske forskelle i vurderingerne på tværs af de to typer af scenarier og de to niveauer for klimamålet. I *Baggrundsnotat 1* uddybes vurderingerne af de enkelte scenarier, som er opsummeret i tabel 4.3.

Strukturel og teknologisk omstilling har forskellige styrker og svagheder

En overordnet konklusion ud fra vurderingerne er, at de to veje for scenarierne har forskellige styrker og svagheder, uanset hvilket klimamål man ønsker at opnå:

- **Ny Hverdag.** Denne vej giver et større bidrag af ressourcer til udlandet i form af fødevarer, foder og energi, fordi scenariet frigør areal fra den animalske produktion og bruger mindre energi til blandt andet transport og DAC. Scenarierne i Ny Hverdag har desuden mindre teknologirisiko, hovedsageligt fordi der ikke anvendes DAC og kunstigt kød og mælk, hvor omkostningerne er usikre og potentielt meget høje. Anvendelsen af adfærdsændringer og omlægning af landbruget medfører samtidig færre omkostninger til teknologiske løsninger, hvilket kan gøre det nemmere for fx udviklingslande at følge Danmarks vej til en klimavenlig omstilling.
- **Ny Teknologi.** Denne vej har mindre risiko for kulstoflækage, da produktionen af de samme varer og services i højere grad opretholdes ved hjælp af nye klimavenlige teknologier. Et større hjemmemarked for teknologiske løsninger kan også give bedre vilkår for at bidrage globalt med udvikling af klimavenlig teknologi. Ved at satse på teknologiske løsninger har Ny Teknologi-scenarierne potentielt bedre vilkår for at undgå manglende accept af omstillingen ved at reducere behovet for adfærdsændringer.

De relative styrker er opsummeret i tabel 4.2 på baggrund af vurderingerne af de fire scenarier i tabel 4.3.

Tabel 4.2 De relative styrker ved de to veje, Ny Hverdag og Ny Teknologi

Relative styrker	Ny Hverdag	Ny Teknologi
Danmark som inspirationskilde	Lavere teknologiomkostninger gør det nemmere for andre lande at følge Danmarks vej	
Direkte globale effekter	Større potentiale for nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet Større potentiale for nettobidrag af energi til udlandet	Bedre muligheder for udvikling af klimavenlig teknologi Mindre lækagerisiko
Barrierer for langsigtet omstilling	Mindre teknologirisiko	Mindre risiko for manglende accept af omstillingen

Anm.: Blandt de ni samfundshensyn kan hverken klimamål eller bioenergiforbrugets globale skalerbarhed siges at være relative styrker. Det høje klimamål kan nås via begge typer omstilling, forudsat at de langsigtede barrierer overkommes. Bioenergiforbruget er af cirka samme omfang i begge typer af scenarier.

Kilde: Klimarådet.

Der findes ikke én ideel vej til at nå klimamålene

Den systematiske forskel på styrker og svagheder mellem de to typer af omstillinger betyder også, at der ikke er én ideel vej til at nå klimamålene. Dette illustreres også i evalueringen af de fire scenarier i tabel 4.3. Der findes altså ikke en vej, som inden for samtlige samfundshensyn vil positionere Danmark som en stærk inspirationskilde, bidrage mest muligt til udlandets omstilling og samtidig undgå væsentlige barrierer for Danmarks langsigtede omstilling.

En gennemgående pointe er, at scenariernes styrker typisk fremkommer i sammenhæng med mindst en svaghed eller færre andre styrker. Eksempelvis har begge scenarier med klimamål på 110 pct. et forbrug af bioenergi, som ikke kan forventes at være bæredygtigt, hvis det skaleres globalt. Dette uddybes i *Baggrundsnotat 1*.

Tabel 4.3 Sammenfattende vurdering af de fire scenarier

		Svaghed	Middel	Styrke					
						Ny Hverdag 100	Ny Teknologi 100	Ny Hverdag 110	Ny Teknologi 110
Tema	Samfundshensyn	Vurderinger							
Danmark som inspirationskilde	<i>Klimamål</i>								
	<i>Global skalerbarhed af bioenergiforbruget</i>		21 GJ/person	21 GJ/person		25 GJ/person	24 GJ/person		
	<i>Teknologiomkostninger</i>								
Direkte globale effekter	<i>Udvikling af klimavenlig teknologi</i>								
	<i>Potentielt nettobidrag af fødevarer og foder til udlandet</i>		580 kt protein (62 PJ energi)	210 kt protein (19 PJ energi)		510 kt protein (55 PJ energi)	470 kt protein (37 PJ energi)		
	<i>Potentielt nettobidrag af energi til udlandet</i>		460 PJ	320 PJ		470 PJ	290 PJ		
	<i>Lækagerisiko</i>								
Barrierer for langsigtet omstilling	<i>Teknologirisiko</i>								
	<i>Risiko for manglende accept af omstillingen</i>								

Anm.: Der fremgår tal i figuren for de kvantitative indikatorer. Tallene er afrundede.

Kilde: Klimarådet.

Højere klimamål nødvendiggør afvejning i forhold til andre samfundshensyn

Der er også systematiske forskelle ved at opnå forskellige klimamål. Et højere klimamål kan både have en positiv direkte effekt på klimaet samt en positiv indirekte effekt ved at være inspirationskilde for udlandets klimapolitik. Resultaterne i tabel 4.3 viser dog en generel tendens til, at styrkerne og de middelgode resultater i 100-procentsscenerierne svækkes, når scenarierne i stedet skal opnå 110 pct.

I Ny Hverdag 110 øges fx de to risici for kulstoflækage og manglende opbakning til omstillingen relativt til Ny Hverdag 100, når anvendelsen af de strukturelle tiltag inden for forbrugs- og produktionsændringer intensiveres for at nå det højere klimamål.

Og i Ny Teknologi 100 er den lave lækagerisiko en styrke. Denne styrke svækkes i Ny Teknologi 110, da omstillingen af kosten og fødevarerproduktionen til flere kunstige fødevarer øger afhængigheden af, at omverdenen også vil omlægge kosten i samme retning og acceptere de nye fødevarer. Hvis ikke omverdenen har en lignende forbrugsændring, vil den reducerede kødproduktion i Danmark forventeligt føre til øget kødproduktion i andre lande.

Enkelte samfundshensyn styrkes ved at opnå klimamålet på 110 pct. Et højt klimamål vil både give en stærkere klimaeffekt, en stærkere rolle som inspirationskilde, og så vil der være bedre muligheder for at fremme udviklingen af klimavenlig teknologi, som i Ny Teknologi 110. Dette scenarie opnår desuden et større produktionsoverskud af foder og

fødevarer på grund af omstillingen mod flere kunstige fødevarer. Der er dermed et større potentiale for nettoeksport. Samtidig opstår der dog også øget teknologirisiko.

Scenarierne har højt bioenergiforbrug

Samtlige fire scenarier har et højt bioenergiforbrug pr. person. Forbruget overstiger en række forskningsbaserede og analytiske estimater for det bæredygtige globale niveau, som præsenteres i *Baggrundsnotat 1*. Både Ny Hverdag- og Ny Teknologi-scenariet får et højere bioenergiforbrug, når klimamålet øges til 110 pct.

Et højt bioenergiforbrug begrænser skalerbarheden af den danske omstilling til andre lande. Hvis for meget areal bruges til at producere bioenergiressourcer, kan det blandt andet intensivere presset på biodiversiteten, mindske arealet til fødevareproduktion og risikere at føre til skovrydning. Andre lande vil derfor have sværere ved at kigge mod danske klimaløsninger for inspiration til, hvordan høje klimamål kan nås.

Et argument, for at Danmark kan have et højt bioenergiforbrug, er det relativt høje potentiale for at producere bioressourcer i Danmark. Men nogle af disse bioressourcer kunne omvendt også eksporteres og dermed bistå andre lande med at skaffe nok bioressourcer. Boks 4.2 belyser mulighederne for at reducere bioenergiforbruget mere end i de fire scenarier.

Boks 4.2 Det høje bioenergiforbrug kan potentielt reduceres

Der er en række muligheder for at reducere bioenergiforbruget i scenarierne. En del af løsningen kan være både at anvende adfærdsændringer og ny teknologi. Det alternative kombinationsscenario i baggrundsmaterialet opnår eksempelvis 110 pct. reduktion af drivhusgasudledninger med omtrent det samme bioenergiforbrug pr. person som de to scenarier, der opnår 100 pct. reduktion (ca. 21 GJ pr. person).

Derudover er der en række mulige tiltag til at reducere bioenergiforbruget, som ikke er analyseret i rapporten:

- **Yderligere elektrificering af el og fjernvarme** ved hjælp af blandt andet el- og varmelagring (mindsker BECCS og kræver derfor andre negative udledninger eller reduktioner)
- **Afbrænding af brint og evt. overskydende pyrolysegas til produktion af el og fjernvarme** (mindsker BECCS og kræver andre negative udledninger eller reduktioner)
- **Større elektrificering af industriens varmeprocesser** (mindsker biogasforbrug)
- **Reduktion af aktivitet inden for luft- og skibsfart** (mindsker brugen af kulstofholdige brændstoffer fra biogene kilder, som eksempelvis biobrændstoffer)
- **Større anvendelse af elektrobrændstoffer** i luft- og skibsfarten for at mindske brugen af biobrændstoffer
- **Større anvendelse af kulstoffri drivmidler** i skibsfarten, samt i mindre grad luftfarten, herunder ammoniak, elektrificering og brint
- **DAC som alternativ kilde til kulstof** til udvalgte økonomiske aktiviteter, hvor der ikke er tilstrækkeligt med attraktive løsninger uden kulstof, fx i luftfarten (DAC kan også anvendes til at kompensere for fossile udledninger for at spare på energiforbruget til kulstofholdige elektrobrændstoffer).

Kapitel 5

Klimarådets anbefalinger



Det handler kapitlet om

Dette kapitel indeholder Klimarådets anbefalinger til klimapolitikken mod 2050. Anbefalingerne skal ses i lyset af analysens scenarier for klimaneutralitet og et samfund med nettonegative udledninger. Selv om 2050 kan synes fjært, er det nødvendigt allerede i dag at indrette klimapolitikken efter de langsigtede mål og udforme strategier, der angiver retning.

Klimalovens mål i 2050 bør skærpes

Regeringen ønsker ifølge regeringsgrundlaget fra 2022 at skærpe klimalovens nuværende 100-procentsmål. Klimarådet bakker op om denne ambition og anbefaler derfor, at regeringen tager initiativ til at ændre klimaloven på dette punkt. Samtidig anbefaler Klimarådet, at det territoriale klimamål suppleres med et klimamål for den danske andel af international luft- og skibsfart.

Danmarks opfyldelse af klimamål bør ske på en måde, der tager hensyn til udledninger og omstillingsmuligheder i andre lande. Denne analyse har særligt fokus på biogent kulstof, som er en knap global ressource. Hvis Danmark baserer sin målopfyldelse på øget import eller reduceret eksport af biogent kulstof, risikeres det, at udledningerne i stedet stiger i udlandet, og dermed undermineres hensigten med et ambitiøst dansk mål.

Regeringen bør udarbejde en langsigtet 2050-strategi, der løbende skal genbesøges

En hensigtsmæssig og rettidig omstilling frem mod klimamålet i 2050 forudsætter størst mulig klarhed for aktørerne om vejen dertil, og at tiltag gennemført i dag så vidt muligt passer ind i det langsigtede perspektiv. Dette kræver langsigtet strategisk planlægning, som også forholder sig til den usikkerhed, der hersker om teknologisk udvikling, omkostninger og adfærdsmønstre.

Klimarådet opfordrer regeringen til at udarbejde og løbende genbesøge en langsigtet strategi for, hvordan vi som samfund opnår klimaneutralitet og nettonegative udledninger i 2050. Rådet peger på en række afgørende fokusområder, som en langsigtet strategi blandt andet bør forholde sig til, herunder realisering af kendte omstillingsselementer, arealplanlægning, international transport og en række øvrige understøttende indsatser.

Vi bør have en diskussion om forandringerne foran os

Vejen til 100 pct. eller 110 pct. reduktion i 2050 vil kræve store forandringer, som vil berøre alle i samfundet. Dette gælder uanset det konkrete mål, og uanset om den sidste del af vejen nås med en vægt på teknologiske eller strukturelle ændringer. Rådet opfordrer regeringen til at fremme en offentlig diskussion om disse forandringer, så borgere og virksomheder tidligst muligt kan indrette sig, imødegå udfordringer og udnytte nye muligheder.

5.1 Anbefalinger til 2050-målet

Hvad bør Danmarks langsigtede klimamål for 2050 være? Regeringen ønsker ifølge regeringsgrundlaget fra 2022 at skærpe klimalovens nuværende 100-procentsmål. Klimarådet bakker op om denne retning og anbefaler derfor, at regeringen tager initiativ til at ændre klimaloven på dette punkt.

Dette afsnit begrundes Klimarådets anbefaling.

5.1.1 Danmarks bidrag til Parisaftalen

Parisaftalen sætter mål om at holde opvarmningen nede

En diskussion af 2050-målets størrelse bør tage udgangspunkt i, hvad klimaet har brug for. Her spiller Parisaftalen en central rolle som det fælles referencegrundlag for verdens klimaambitioner.

I 2015 vedtog verdens lande Parisaftalen. Aftalen indeholder en målsætning om at holde den globale temperaturstigning et godt stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader over førindustrielt niveau.

Parisaftalens temperaturmål er også afspejlet i den danske klimalov. Her hedder det, at klimapolitikken bør have en begrænsning af temperaturstigningen til 1,5 grader for øje. Så selv om Parisaftalens mål ikke er helt entydigt formuleret, sigter man fra dansk side mod et mål om maksimalt 1,5 graders opvarmning.

1,5 grader kræver en hurtig og massiv reduktionsindsats

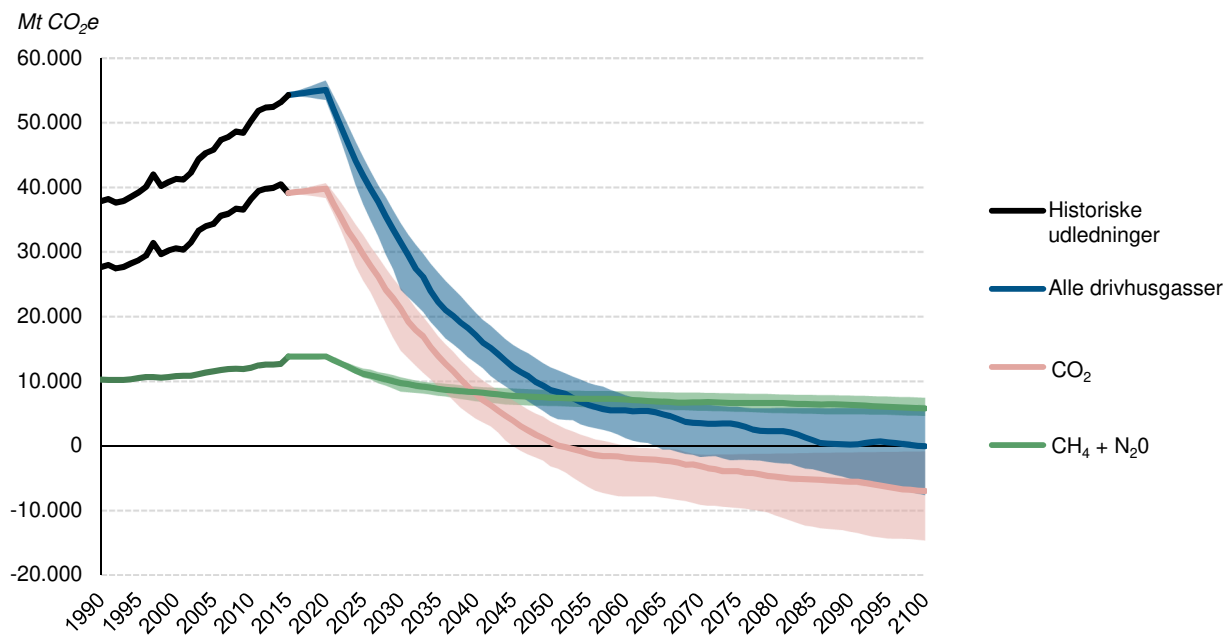
FN's klimapanel, IPCC, har indsamlet en lang række forskellige scenarier for, hvordan verden kan begrænse den globale temperaturstigning til 1,5 grader i 2100.⁷³ Udledningerne i scenarierne er illustreret i figur 5.1.

Skal de 1,5 grader nås, kræver det først og fremmest, at den globale udledningskurve knækkes med det samme. Knækket skal følges op med massive reduktioner, så nettoudledningerne af CO₂ når nul omkring 2050. Også udledningerne af de mere kortlivede drivhusgasser, primært metan (CH₄) og lattergas (N₂O), skal nedbringes betydeligt.

Efter 2050 peger scenarierne på, at verdens lande bør gå ind i et oprydningssystem. Populært sagt skal vi rydde op efter fortidens synder ved at trække mere CO₂ ud af atmosfæren, end vi udleder.

Havets opvarmning gør det endnu sværere at sænke den globale temperatur

Oprydningen af CO₂ i atmosfæren besværliggøres af den naturlige udveksling mellem luft og hav. Der er udledt mere og mere CO₂ i verden i en lang tidsperiode, men noget af CO₂'en er samtidig blevet optaget af oceanerne. Det har bremset opvarmningen. Hvis verden samlet set begynder at få negative CO₂-udledninger, vendes denne proces, og oceanerne begynder at frigive CO₂. Denne feedbackmekanisme er med til at gøre det sværere at sænke klodens temperatur, når den først er blevet for høj.



Figur 5.1 Udvikling i drivhusgasudledninger i IPCC-scenarier, der begrænser temperaturstigningen til 1,5°C

Anm. 1: Udledningsstierne er baseret på C1-kategorien fra IPCC's seneste synteserapport, som består af 97 scenarier, der alle begrænser temperaturstigningen til 1,5°C med intet eller begrænset *overshoot*.

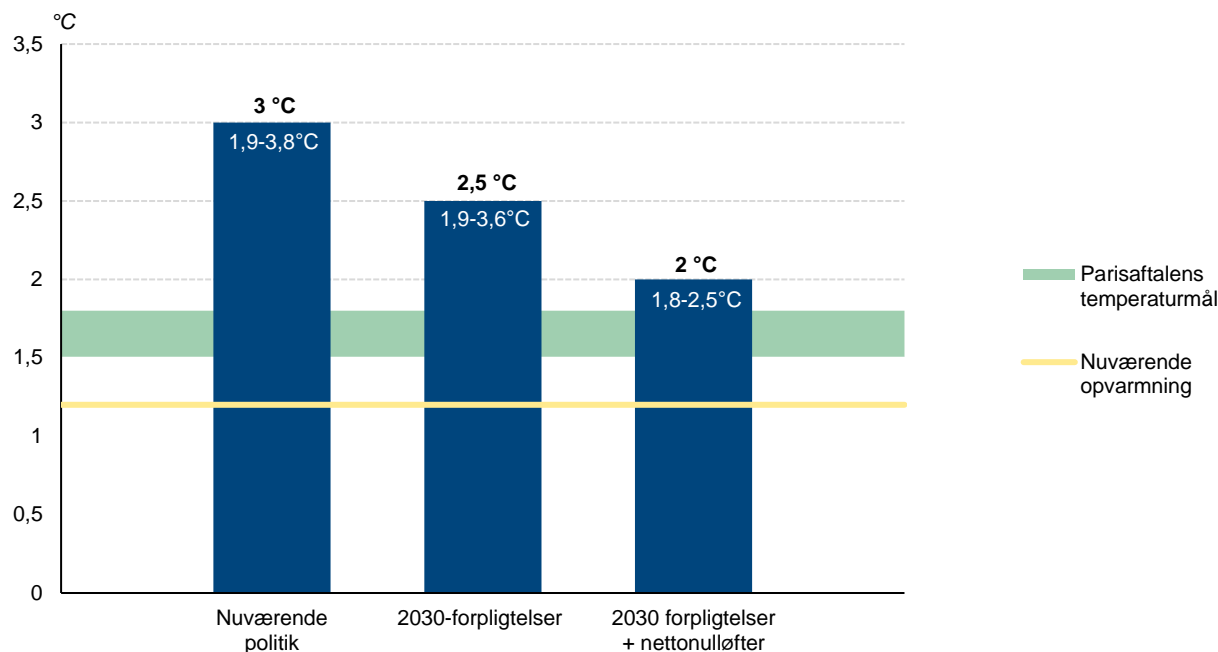
Anm. 2: Stregerne er medianestimer, mens de farvede områder angiver et 33-67 procents konfidensinterval.

Anm. 3: Udledningerne af metan (CH₄) og lattergas (N₂O) er omregnet til CO₂e ved hjælp af GWP₁₀₀-faktorer.

Kilder: IIASA⁷⁴ og Our World in data.⁷⁵

Den nuværende politik i verden giver stor opvarmning

Hvis den globale temperaturstigning skal begrænses til 1,5 grader, kræver det et markant kursskifte i verdens landes klimapolitik. FN's miljøprogram, UNEP, vurderer hvert år, hvor klimaet er på vej hen baseret på politik, mål og løfter rundt omkring i verden. Figur 5.2 viser, at der endnu er lang vej til at indfri Parisaftalens mål. Den nuværende politik ser ud til at give en temperaturstigning i 2100 på hele 3 grader. Først hvis landenes forpligtelser i 2030 og løfterne om nettonuludledninger senere i århundredet regnes med, peger UNEP's fremskrivninger på, at vi kommer ned omkring de 2 grader.



Figur 5.2 Maksimal temperaturstigning frem mod 2100 i forhold til det førindustrielle niveau

Anm.: Både centrale estimater (over søjler) og usikkerhedsintervaller (i søjler) er vist på figuren. De centrale estimater er baseret på 66 pct. sandsynlighed for, at temperaturen holdes på eller under estimatet.

Kilde: UNEP.⁷⁶

Usikkerhed om klimasystemet tilsiger påpasselighed

Det kan virke tæt på umuligt at holde den globale opvarmning fuldstændigt under 1,5 grader. En del af scenarierne i figur 5.1 indeholder da også et *overshoot*, hvor temperaturstigningen midlertidigt overstiger 1,5 grader for siden at falde under grænsen igen mod slutningen af århundredet. Temperaturen falder ifølge klimamodellerne, når verden sænker atmosfærens indhold af CO₂ gennem nettonegative udledninger.

Overshoot er dog ikke uproblematisk. Det er der flere grunde til, som boks 5.1 beskriver. Samtidig er der indikationer på, at opvarmningen potentielt kan gå endnu hurtigere, end scenarierne i figur 5.1 forudsætter. Dette er også beskrevet i boksen.

Selv om det er svært at begrænse den globale opvarmning til 1,5 grader, er det vigtigt at fastholde en ambition om at begrænse temperaturstigningen så meget som muligt. Jo mere temperaturen stiger, jo større vil konsekvenserne være, og jo større bliver risikoen for at overskride de såkaldte *tipping points*, hvor klimaforandringerne bliver irreversible og selvforstærkende. Dette taler for, at verden udviser forsigtighed og forsøger at holde opvarmningen i ro, både på kort og på lang sigt.

Boks 5.1 Risikoen ved at udskyde klimahandling

Overshoot kan være problematisk

Hvis mennesket for alvor bliver i stand til at trække CO₂ ud af atmosfæren og dermed bliver mindre afhængig af det knappe biogene kulstof, er det fristende at være tilbageholdende med klimaindsatsen på den korte bane. I stedet kan man vente på en teknologi som fx DAC. Men selv hvis DAC skulle blive en reel mulighed i stor skala, undgår man ikke, at temperaturen midlertidigt kan overstige de grænser, verden har sat i Parisaftalen. Der er flere grunde til, at et sådant *overshoot* kan være problematisk:

- **Midlertidige skader.** Selv midlertidige høje temperaturer i fx et par årtier kan have betydelige negative konsekvenser, i den tid de står på.
- **Irreversible skader.** Flere klimaskader er irreversible og forsvinder ikke, hvis temperaturen falder igen. Fx tager det relativt kort tid at smelte klodens iskapper, men mange tusinde år at genskabe dem igen. Hurtig opvarmning kan også have negative konsekvenser for biodiversiteten, og disse konsekvenser kan vare ved, selv hvis temperaturen falder igen.⁷⁷
- **Tipping points.** Med *overshoot* risikerer vi at overskride *tipping points*, hvor klimaforandringerne kan accelerere og blive umulige at standse. Generelt er der stor usikkerhed om, hvor disse *tipping points* ligger, og scenarierne i figur 5.1 er ikke i stand til at fange alle relevante *tipping points* og feedbackmekanismer i Jordens mange fysiske, geologiske og biologiske systemer. Derfor er der forskere, der tvivler på, om vi reelt kan stoppe og vende klimaforandringerne inden for en rimelig tidshorisont ved at fjerne CO₂ fra atmosfæren.⁷⁸
- **Usikre teknologier:** *Overshoot*-scenarierne baserer sig ofte på teknologier, som vi endnu ikke har set fungere i stor skala. Det er således usikkert, om scenarierne overhovedet er teknisk mulige.⁷⁹

Ny viden tilsiger tidlig klimahandling

Ovennævnte *tipping points* understreger, at der er meget, vi endnu ikke ved om Jordens klima og feedbacksystemer. Det gælder blandt andet en helt central parameter i klimamodellerne, der angiver, hvor meget klodens temperatur vil stige, hvis atmosfærens indhold af CO₂ fordobles. Ny forskning peger på, at denne parameter kan være større end hidtil antaget.⁸⁰ Dette eksempel understreger behovet for at nedbringe CO₂-udledningerne hurtigst muligt og ikke satse for meget på *overshoot*.

En anden usikkerhed relateret til klimaforandringerne er, hvad omkostningerne ved et varmere klima vil være. Også på dette område viser ny forskning, at den såkaldte *social cost of carbon* kan være højere end hidtil antaget.⁸¹ Dette tal angiver, hvor meget ét ekstra udledt ton CO₂ koster verden, og estimaterne af tallet er mere end firedoblet inden for de sidste 10 år.

Danmarks klimamål lever ikke nødvendigvis op til Parisaftalen

I den offentlige klimadebat er det en stadig diskussion, hvor høje mål hvert enkelt land bør sætte, hvis målene skal være i tråd med Parisaftalens mål om at begrænse de globale temperaturstigninger. Det er en diskussion, som Klimarådet har foldet ud i et dansk perspektiv i analysen *Danmarks klimamål fra 2022*.⁸² Analysen viste, at den danske klimalovs mål fra i dag til 2050 ikke er konsistente med et 1,5-gradersmål uden *overshoot*, hvis man forudsætter, at alle verdens indbyggere må udlede det samme. Og Klimarådet har efterfølgende vist, at konklusionen ikke ændres af at hæve det danske mål i 2050 til 110 pct.⁸³ Selv med et skærpet 2050-mål er der stadig *overshoot*.

Danmark vil nå nettonul målt i CO₂e, før det er påkrævet globalt

Hvis man fokuserer snævert på 2050, kan man få det indtryk, at Danmark ligefrem overopfylder Parisaftalen. Figur 5.1 viser, at verden som helhed skal være i nettonul, hvad angår CO₂, omkring 2050 for at holde temperaturen under 1,5 grader. For CO₂e, altså alle drivhusgasser, skal nettonul først nås sidst i dette århundrede. Det nuværende danske nettonulmål i 2050 går længere end dette globale behov, da det omhandler CO₂e.

100-procentsscenarierne i denne analyse viser, at nettonul målt i CO₂e kræver, at vi samlet set har negative udledninger af CO₂ for at kompensere for de tilbageværende udledninger af metan og lattergas i landbruget. Hæves det danske mål til 110 pct., skal omfanget af negative udledninger øges markant.

Vurderingen af Danmarks klimamål i lyset af Parisaftalen må dog tage højde for klimalovens samlede portefølje af mål i 2025, 2030 og 2050. Selv om Danmark med 2050-målet når nettonul målt i CO₂e, før at dette er påkrævet globalt, trækker det i modsat retning i vurderingen, at Danmark i dag har et udgangspunkt med ganske høje udledninger sammenlignet med, hvad der kræves på globalt plan. Det var netop, hvad Klimarådets analyse fra 2022 viste.

Udviklede lande kan have et historisk ansvar i klimakampen

Det kan diskuteres, om det er rimeligt at antage, at alle verdens indbyggere må udlede lige meget. På den ene side har de udviklede lande historisk udledt langt størstedelen af de drivhusgasser, der i dag er ophobet i atmosfæren, og samtidig har disse lande de bedste økonomiske muligheder for at nedbringe deres udledninger.⁸⁴ Men på den anden side har de udviklede lande typisk det største BNP pr. indbygger, og i det lys kan der argumenteres for, at det er naturligt, at disse lande også udleder mest, hvis det kombineres med finansiering af omstillingen i udviklingslande.

Der kan være praktiske grænser for territoriale mål

Særligt det historiske ansvar bliver brugt som argument for, at Danmark bør yde en langt større klimaindsats, end både et 100- og et 110-procentmål i 2050 vil kræve. Det kan dog i praksis vise sig svært for Danmark at nå længere end de 110 pct. i territoriale reduktioner.

Analysens scenarier viser mulige spor til 110 pct. Men disse spor kræver, at ny teknologi bliver skalérbar og kommer ned i pris, eller at vi prioriterer vores arealanvendelse, så de danske arealer optager og lagrer store mængder biogent kulstof. Særligt hvis nye teknologier som DAC ikke bliver en reel mulighed, er 110 pct. formodentlig ikke langt fra grænsen for, hvor stor negative udledninger der i praksis kan opnås fra dansk territorium, hvis det ikke skal gå væsentligt ud over fx vores fødevarerproduktion, eller hvis vi ikke ønsker at importere biogene ressourcer. I så fald skal en yderligere dansk klimaindsats ske inden for den globalt rettede klimaindsats.

Kravene til fremtidens klimaindsats kan blive skærpet

Det har konsekvenser, hvis ikke verdens lande formår at begrænse udledningerne hurtigt og massivt. Det vil øge kravene til oprydningsarbejdet senere i dette århundrede. Der vil med andre ord være behov for langt flere negative udledninger end forudsat i figur 5.1. Verden kan hurtigt komme i en situation, hvor der er behov for langt mere oprydning, end de globale scenarier viser lige nu, og det vil også stille krav til den danske klimaindsats.

5.1.2 Danmark som foregangsland

Danmarks klimamål kan inspirere andre lande

Størrelsen af de danske mål påvirker ikke kun de danske udledninger, selv om det er dem, der er genstand for målene. Også udlandets udledninger kan blive påvirket. Klimapolitik handler i sin essens om at påtage sig et ansvar til gavn for hele kloden, og derfor skeler landene hele tiden til, hvor stort et ansvar andre lande påtager sig. Hvis andre lande sætter høje klimamål, fremstår det mindre legitimt for et land at være tilbageholdende med sin egen klimahandling.

Præcis som mennesker kan inspirere og lægge pres på hinanden, kan lande gøre det samme. Det sker blandt andet til COP-topmøderne og andre klimaforhandlinger. Jo højere mål Danmark selv har sat, jo mere pres kan vi lægge på andre lande i disse forhandlinger. Det kræver dog, at danske mål er blandt verdens mest ambitiøse. Her viser boks 5.2 fx, at både Sverige og Tyskland sigter mod at nå klimaneutralitet tidligere end Danmark ifølge klimaloven.

Danmark som foregangsland kan kræve højere mål

I klimaloven er der et politisk ønske om, at Danmark skal være et foregangsland på klimaområdet. Denne ambition kræver i Klimarådets optik, at Danmark sætter højere mål end de fleste andre lande. Når lande som Tyskland og Sverige har sat sig mål om klimaneutralitet allerede i 2045, kan vi vanskeligt siges at være foregangsland, hvis det danske mål for klimaneutralitet ligger fem år senere, som tilfældet er med det nuværende klimamål. Og det er også en tilsnigelse at kalde sig foregangsland i EU, hvis det danske 2050-mål kun ligger på linje med det fælleseuropæiske mål, som også sigter efter klimaneutralitet i 2050.

Boks 5.2 Langsigtede klimamål i Sverige og Tyskland

Sverige

Senest i 2045 skal de svenske nettoudledninger af drivhusgasser være i nul. Målet skal nås ved, at Sverige reducerer sine territoriale udledninger med mindst 85 pct. sammenlignet med 1990. I de 85 pct. indgår ikke udledninger og optag i jorder og skove. De sidste 15 pct. kan komme fra:

- kulstofoptag og -lagring i jorder og skove
- fangst og lagring af kulstof fra biogene kilder (BECCS)
- svenske bidrag til reduktioner i andre lande.

Efter 2045 skal de svenske nettoudledninger være negative.⁸⁵

Tyskland

Tyskland har et mål om nettonuludledninger i 2045. Efter 2050 er det ambitionen, at Tyskland skal have nettonegative udledninger. Den tyske klimalov tillader formelt set brug af udenlandske klimakreditter, men den tyske regering har ikke indikeret, om den planlægger efter at benytte denne mulighed.⁸⁶

Danske klimamål kan skubbe til EU's ambitioner

Danmarks mål kan potentielt spille en rolle som inspirationskilde i EU. Ambitiøse medlemsstater kan skubbe på de europæiske ambitioner ved at sætte høje nationale mål. De høje mål kan lægge pres på Europa-Kommissionen og i forhandlingerne i Europa-Parlamentet og blandt medlemslandene.

Kommissionen har netop foreslået et 2040-mål på mindst 90 pct. reduktion, som gælder hele EU. Det er dog ikke sikkert, at EU ender helt oppe på 90 pct., som Danmark ellers bakker op om. Jo højere mål Danmark selv har vedtaget, jo stærkere stemme vil vi formentlig have i de kommende forhandlinger.

EU risikerer at udvande effekten af højere danske mål...

EU har allerede vedtaget et nettonulmål for 2050. Et potentielt dansk 110-procentsmål kan lægge pres på de andre EU-lande om at skærpe det fælleseuropæiske mål, men hvis EU-målet fastholdes, kan et skærpet dansk mål risikere at dæmpe klimaindsatsen i de andre lande.

EU's samlede mål på 100 pct. i 2050 gælder hele EU og dermed også Danmark. På den måde kan andre EU-lande i princippet tillade sig at reducere mindre end 100 pct., hvis Danmark reducerer mere. Er EU-målet helt låst, kan Danmark ikke påvirke de samlede europæiske udledninger, og derfor kan man isoleret set mene, at Danmark ikke på egen hånd bør sætte højere ambitioner end EU. Men som nævnt ovenfor, er EU's mål løbende til forhandling.

... men Danmark kan hjælpe EU med at nå sit mål

EU har sat et 100-procentsmål i 2050, men derfor er det ikke sikkert, at unionen kommer til at opfylde det. Det vil kræve en dedikeret indsats fra medlemslandene, og denne indsats vil formodentlig være sværere for visse lande end for andre. Hvis Danmark reali-

Klimarådet.

serer et højere klimamål end EU's samlede mål på 100 pct., hjælper vi med at kompensere for de lande, som har svært ved at nå 100 pct. På den måde øges sandsynligheden for, at EU som helhed når sit mål.

Indtænk EU i fastsættelsen af danske mål

Samlet set er det vigtigt at se danske klimamål i sammenhæng med EU's mål. Pendulet i europæisk klimapolitik svinger i stigende grad væk fra medlemsstaterne og over mod fælleseuropæiske tiltag. Det betyder ikke, at danske klimamål bliver irrelevante. Det betyder snarere, at deres rolle som inspirationskilde eller løftestang over for andre lande bliver endnu mere central.

5.1.3 Anbefaling om skærpet 2050-mål

Klimarådet bakker op om regeringens retning

Mange elementer peger i retning af, at Danmark bør skærpe sit territoriale klimamål for 2050. Det gælder verdens nuværende kurs mod mere end 2 graders opvarmning, Danmarks klimaforpligtelser i regi af Parisaftalen og klimalovens ambition om, at Danmark skal være et foregangsland på klimaområdet.

Regeringen ønsker i sit regeringsgrundlag at skærpe klimalovens 2050-mål fra 100 til 110 pct. Klimarådet bakker op om retningen i denne ambition. Rådet anbefaler derfor at skærpe målet i klimaloven, så vi i 2050 skal have nettonegative udledninger fra dansk territorium.

Klimarådet anbefaler ikke et præcist måltal. Fastlæggelsen af en procentsats vil afhænge af en afvejning af mange forskellige hensyn, og mange af disse hensyn er belyst i denne analyse. En vigtig pointe er, at måden, som et givet mål opfyldes på, er næsten lige så vigtig som måltallet.

Den danske vej kan inspirere andre lande og bidrage med væsentlige ressourcer, der kan lette andre landes grønne omstilling, men den kan omvendt også se bort fra disse hensyn ved fx at gå efter at importere disse ressourcer. Det gælder fx det biogene kulstof, som står centralt i denne analyse.

Revision af klimaloven bør skabe klarhed om mål

Det er Folketinget, der i sidste ende skal tage stilling til Danmarks officielle klimamål. Det er derfor også en politisk opgave at afveje de mange hensyn, der ligger til grund for fastsættelsen af et mål. Hvis regeringen ønsker et 110-procentsmål, bør den tage initiativ til at få målet indskrevet i klimaloven.

Den nuværende situation, hvor klimaloven og regeringens ambitioner divergerer, skaber uklarhed om den langsigtede retning. Det vil skabe klarere rammer for alle aktører på klimaområdet, hvis regeringen søger at få flertal i Folketinget for sin linje og få den fremtidssikret i klimaloven.

Målet for klimaneutralitet bør fremrykkes

Hvis 2050-målet skærpes i klimaloven, kan det være fornuftigt også at sætte et mål for, hvornår de danske nettoudledninger skal gå i nul. Dette vil naturligvis skulle ske før 2050, fx i 2045, som regeringen foreslår. Nettonulmålet er vigtigt som sigtepunkt, fx når målet for 2035 skal sættes næste år.

Klimarådet.

Denne analyse har primært haft øjnene rettet mod 2050 og ikke årene før. Men når analysen viser, at det er muligt at nå 110 pct. i 2050, synes det rimeligt at konkludere, at 100 pct. kan nås noget før 2050, fx i 2045. Det har andre analyser også vurderet, fx IDA's *Klimasvar 2045*.⁸⁷ Concito har endda sandsynliggjort, at klimaneutralitet er muligt allerede i 2040.⁸⁸ I denne analyse har Klimarådet dog ikke foretaget en eksplicit vurdering af klimaneutralitet i 2045.

Anbefalinger

1 | Skærpet territorielt klimamål. Regeringen ønsker at skærpe klimalovens 2050-mål fra 100 til 110 pct. Klimarådet bakker op om retningen i denne ambition og anbefaler derfor at skærpe målet i klimaloven, så vi i 2050 skal have nettonegative udledninger fra dansk territorium. Verdens kurs mod mere end 2 graders opvarmning, Danmarks forpligtelser under Parisaftalen og klimalovens formuleringer om Danmarks rolle og ansvar tilsiger, at de langsigtede klimaambitioner øges.

2 | Klarhed om mål. Det vil skabe større klarhed om de langsigtede ambitioner og elementer i klimapolitikken, hvis regeringens klimamål for 2050 harmonerer med klimalovens mål. Regeringen bør derfor tage initiativ til at revidere klimaloven, så den nuværende uklarhed om 2050-målet elimineres.

5.2 Anbefaling til mål for international transport

International transport tæller ikke med i det danske regnskab i dag

Udledningerne fra den internationale transport med fly og skibe har en særstatus i klimaregnskaberne. De tæller ikke med i landenes territoriale klimaforpligtelser, men bogføres i klimaregnskaberne under sin egen post og overvåges af FN-organisationerne IMO på skibsfart og ICAO på luftfart. Det betyder, at disse sektorer ofte overses, fordi det politiske ansvar ikke er placeret hos nationalt funderede politiske beslutningstagere.

Enkelte lande er begyndt at tage udledningerne fra international transport med i deres klimapolitik. Det gælder fx Storbritannien, som har valgt at medregne udenrigstransport med skibe og fly i sit nettoformål for 2050. På vejen mod 2050 medregner Storbritannien også udledninger fra fly og skibe, der tankes i landet, i sit sjette kulstofbudget, som dækker årene 2033-2037.⁸⁹ Boks 5.3 diskuterer, hvordan et mål for disse udledninger kan se ud for Danmark.

Boks 5.3 Inkludering af international transport i klimaloven

Mål for international transport

I lyset af klimalovens nuværende nettonulmål for de territoriale udledninger kan det synes logisk også at have et nettonulmål for udledningerne fra fly og skibe. På den måde kan Danmark fx tage ansvar for udledningerne fra fly og skibe på udenrigsruter, der tankes i Danmark. Et sådant mål kan sættes på forskellige måder:

- **Separat mål:** Et separat nettonulmål i Danmark betyder, at der ikke længere må tankes fossile brændstoffer til fly og skibe.
- **Integreret med det territoriale mål:** Genstandsfeltet for Danmarks territoriale nettonulmål kan udvides, så det også omfatter udledninger fra international transport. I så fald tillades det, at eventuelle tilbageværende udledninger fra fly modsvares af øgede negative udledninger andre steder. Hvis det samlede mål efterfølgende skærpes til fx 110 pct., er det vigtigt at være opmærksom på, at udledningerne i basisåret 1990 vil være højere, når international transport medregnes, og derfor bliver behovet for negative udledninger også højere, end der er antaget i denne analyses scenarier.
- **Produktionsmål:** Danmark kan sætte mål om at producere grønne brændstoffer svarende til tankning af udenrigsskibe og -fly i Danmark, men uden at forholde sig til, om brændstoffer anvendes i Danmark.

Kondensstriber

Fly belaster klimaet på to måder. Fossilt brændstof udleder CO₂, mens kondensstriber fra flyenes udstødning i sig selv virker opvarmende på kloden. Der er betydelig usikkerhed om klimaeffekten af kondensstriberne, men ikke desto mindre bør man forholde sig politisk til, om og hvordan kondensstriberne skal regnes med. Et af de alternative scenarier i analysens *Baggrundsnotat 1* viser netop, at det vil øge behovet for negative udledninger, hvis kondensstribernes klimabelastning regnes med i et samlet dansk mål.

International transport og det territoriale mål konkurrerer om kulstoffet

Denne analyse demonstrerer, at tilgangen til international transport påvirker mulighederne for at opfylde det territoriale mål. Det skyldes, at tilgængeligheden af kulstof er centralt på begge politikområder. Der skal bruges kulstof til at lave de brændsler, som særligt flyene skal flyve på, men samtidig er det nødvendigt at lagre kulstof, fx i undergrunden, for at nå de territoriale klimamål. Hvis ikke DAC eller en tilsvarende teknologi kan tilvejebringe den nødvendige kulstof, skaber det et stort pres på vores arealer, der i stedet skal anvendes til at fremskaffe biogent kulstof. Denne konkurrence om det biogene kulstof betyder, at fastsættelsen af det territoriale mål må tage højde for ambitionerne for international transport.

Klimarådet har i 2023 anbefalet, at Danmark tager ansvar for de brændstoffer til internationale fly og skibe, der tankes i landet. I denne analyse har Klimarådet operationaliseret sin anbefaling i form af en rammebetingelse om, at alle fly og skibe, der afgår fra Danmark, drives af grønne brændstoffer eller el. De grønne brændstoffer kan både importeres eller produceres indenlandsk, men scenarierne lægger til grund, at de produceres i Danmark. Denne tilgang er valgt, i lyset af at Danmark har betydelige ressourcer til at producere både el og biomasse til energiformål.

Klimarådet.

Man kan omvendt forestille sig, at Danmark importerer brændsler til fly og skibe. Denne situation undersøges i et alternativt scenarie, som kan findes i analysens *Baggrundsnotat 1*. Scenariet viser, at både det danske bioenergiforbrug og behovet for DAC reduceres markant.

International transport bør indgå i klimaloven

Det er vigtigt, at Danmark begynder at tage aktivt ansvar for sin andel af udledningerne fra den internationale transport. Det skyldes både, at en reduktion af disse udledninger kan understøttes af et nationalt initiativ, men også at sektoren er central i det store kulstofregnskab og dermed i den strategiske planlægning frem mod 2050.

Klimarådet anbefaler, at det indskrives som et mål i klimaloven, at det brændstof, som skibe og fly på udenrigsruter tankes i Danmark, ikke må belaste klimaet. Som boks 5.3 redegør for, kan målet formuleres på forskellige måder.

Anbefaling

3 | Mål for international transport. Danmark bør tage ansvar for sin del af den internationale skibs- og luftfart på lige fod med indenrigstrafikken, som allerede er dækket af Danmarks forpligtelser og nationale mål. Helt konkret bør der i klimaloven sættes et 2050-mål om nuludledninger fra det brændstof, som skibe og fly på udenrigsruter tankes i Danmark. Alternativt kan disse udledninger indgå i Danmarks territoriale mål.

5.3 Anbefaling til fokus på biogent kulstof

Analysen har fokus på biogene produkter og energi

Denne analyse har vist, at der er flere forskellige veje til at komme i mål i 2050. Den fulgte vej vil påvirke andre lande. Det gælder både den direkte effekt på udledningerne i udlandet og andre landes muligheder for at føre en ambitiøs klimapolitik. Kapitel 4 diskuterer de potentielle påvirkningskanaler.

Et centralt spørgsmål er, hvordan et ambitiøst dansk klimamål vil påvirke den danske import og eksport af produkter, der har stor klimarelevans. Frygten er naturligvis, at vi så at sige eksporterer vores udledninger til udlandet, hvis vi fx går efter et 110-procentsmål. Ønsker man at skærpe det danske 2050-mål, er det vigtigt at kunne demonstrere, at det kan ske på en måde, der ikke fører til, at udlandet øger sin produktion af klimabelastende produkter.

Denne analyse undersøger et udsnit af de produkter, man bør have øje for. Det gælder primært el, brint og biogene produkter som fødevarer, foder og biomasse. Derimod antager analysen, at import og eksport af fx cement og industriprodukter forbliver uændret.

Analysens fokus på biogene produkter skyldes, at biogent kulstof bliver en central ressource for at nå ambitiøse klimamål. Medmindre DAC bliver billig og tilgængelig i stor skala, vil alle lande få behov for store mængder af biogent kulstof for at dække behovet for fødevarer og energi og for at lagre kulstof, så klimamålene kan opfyldes.

Opfyldelsen af målene bør tage hensyn til knapheden af biogent kulstof

Samlet set anbefaler Klimarådet, at opfyldelsen af Danmarks klimamål sker på en måde, der tager hensyn til, at biogent kulstof er en knap global ressource, som bliver central i alle landes klimaindsats.

Klimarådet foreslår, at denne hensyntagen konkretiseres i tre samfundsmæssige hensyn, der handler om udenrigshandel med fødevarer og foder, import af bioenergi og arealer til natur. Disse hensyn kan supplere de guidende principper, der allerede findes i klimaloven.

Danmark bør fortsat satse på landbrugseksport

Danmark er et landbrugsland set med klimabriller. Landbruget står for en stor og samtidig voksende andel af de danske drivhusgasudledninger, men landbruget har samtidig en betydelig eksport af fødevarer til udlandet, som fortrænger produktion og udledninger uden for landets grænser. Det er fristende at opfylde ambitiøse danske klimamål ved blot at skære i landbrugsproduktionen, men risikoen er, at det fører til lækage og dermed kun en begrænset klimagevinst.

Denne analyse har vist, at der ikke behøver at være en modsætning mellem at nå mål på helt op til 110 pct. og producere et overskud af landbrugsvarer, som kan eksporteres. Det kræver blot, at landbrugets fokus forskydes fra det animalske til det plantebaserede. Derfor anbefaler Klimarådet, at det danske klimamål opfyldes på en måde, så vi har tilstrækkelig indenlandsk produktionsoverskud af fødevarer og foder målt i både energi- og proteinindhold, så der er mulighed for at eksportere til resten af verden.

Danmark bør gøre sig uafhængig af bioenergi fra udlandet

Den danske grønne omstilling har de seneste mange år beroet på en omstilling fra fossil energi til bioenergi. En stor del af de bioressourcer, der bruges til energiformål, importeres, og det har ført til en bekymring for, om den danske import udhuler kulstofpuljerne i andre landes skove og dermed bidrager til klimaforandringer.

Denne analyse viser, at Danmark har gode muligheder for selv at producere den biomasse, vi har behov for. Der er altså ikke grund til at opfylde det danske 2050-mål med import af bioressourcer til energiformål. Derfor anbefaler Klimarådet, at Danmark i 2050 ikke baserer sit energisystem på import af biomasse og biobrændstoffer, når importen opgøres på årlig nettobasis. Ligeledes bør vi ikke opfylde det danske klimamål i 2050 ved at lagre kulstof fra importerede biogene produkter, fx i form af biokul fra udlandet.

Jagten på biogent kulstof bør tage hensyn til biodiversiteten

Udledninger og CO₂-optag fra de danske arealer hænger tæt sammen med andre samfundshensyn, fx biodiversitet. Det har Klimarådet påvist både i denne analyse og i rådets analyse *Danmarks fremtidige arealanvendelse* fra april 2024.⁹⁰

Sammenhængen mellem klima og biodiversitet går i to divergerende retninger:

- **Synergi mellem biodiversitet og klima.** Udtag af landbrugsarealer til naturformål reducerer udledningerne, og de udtagne arealer kan ligefrem optage CO₂ og lagre kulstof, hvis der etableres urørt skov på dem.
- **Konkurrence om areal.** Hensynene til klima og biodiversitet konkurrerer med hinanden om arealerne. Det handler fx om, hvorvidt en skov skal producere biomasse til

Klimarådet.

energiformål og evt. efterfølgende CO₂-fangst, eller om den skal stå urørt til gavn for dyre- og planteliv.

Konkurrencen mellem klima og biodiversitet betyder, at biodiversiteten kan komme under pres, hvis Danmark skal opfylde et ambitiøst territorielt mål og samtidig producere fødevarer og grønne brændstoffer til fly og skibe. Det kan ske, når arealer dedikeret til land- og skovbrug, ud over at levere fødevarer og foder, skal levere øgede mængder biogent kulstof til energiformål og kulstoflagring. Derfor anbefaler Klimarådet, at der snarest reserveres tilstrækkelige arealer til natur og biodiversitet, så jagten på det biogene kulstof ikke går ud over disse hensyn.

Anbefaling

4 | Biogent kulstof. Danmarks opfyldelse af klimamål bør ske på en måde, der tager hensyn til, at biogent kulstof er en knap global ressource. Hvis Danmark baserer sin målopfyldelse på øget import eller reduceret eksport af biogent kulstof, risikeres det, at udledningerne i stedet stiger i udlandet, og dermed undermineres hensigten med et ambitiøst dansk mål. Derfor bør opfyldelsen af det territoriale mål i 2050 tage følgende hensyn:

- a. Fødevarer og foder.** Danmark bør sørge for at have tilstrækkelig indenlandsk produktionsoverskud af fødevarer og foder, målt i både energi- og proteinindhold, så der er mulighed for at eksportere til resten af verden. Det kan opnås ved at omstille dansk landbrugsproduktion til at være mindre animalsk og mere plantebaseret, hvorved der samtidig vil blive frigjort areal til andre formål.
- b. Bioenergi.** Danmark bør i 2050 ikke basere sit energisystem på import af biomasse og biobrændstoffer opgjort på nettobasis. Ligeledes bør opfyldelsen af danske klimamål ikke baseres på kulstoflagring af importeret biogent kulstof.
- c. Arealer til natur.** Danmark bør snarest reservere tilstrækkelige arealer til natur og biodiversitet. Biodiversiteten kan i modsat fald komme yderligere under pres, når arealer dedikeret til land- og skovbrug skal levere øgede mængder biogent kulstof.

5.4 Anbefaling til en langsigtet 2050-strategi

Der er behov for en langsigtet og holistisk strategi

Langsigtet strategisk planlægning på klimaområdet er vigtig. De forandringer, vi står over for, vil kræve koordination, og de vil kræve, at der træffes beslutninger om omstillingens retning og tempo. Disse beslutninger bør træffes med udgangspunkt i en langsigtet og holistisk strategi for, hvordan målet om nettonegative udledninger i 2050 nås.

Parisaftalen opfordrer landene til at udarbejde langsigtede strategier og kommunikere åbent om dem. Strategierne skal sigte efter at opnå lave drivhusgasudledninger og derved igennem fremsætte en vision og retning for den fremtidige udvikling.⁹¹

Store samfundsforandringer tager tid

Når Danmark skal være et samfund med nettonegative udledninger, vil det indebære store forandringer af mange aktiviteter og adfærdsmønstre, og det vil tage tid.

Scenarierne i denne analyse sætter fokus på disse forandringer. Fx indeholder scenarierne antagelser om, at danskernes kost omlægges, så den i 2050 i forskellig grad vil bestå af færre animalske produkter og i højere grad af plantebaserede produkter, kunstigt kød og kunstige mælkeprodukter. Uanset om forbruget af animalske produkter skal erstattes med plantebaseret kost eller kunstigt kød, er der tale om en forandring af vores kostvaner.

Nye kostvaner kan potentielt være en tidskrævende og vanskelig forandring for forbrugerne, da de er dybt forankrede i vores kulturelle og sociale normer. Når det gælder kunstigt kød og mælkeprodukter, skal landbrugs- og fødevarerindustrien desuden investere i ny teknologi og nye produktionsprocesser, som blandt andet vil kræve nye kompetencer hos medarbejdere. Også her vil omstillingen kræve tid.

Der mangler retning på mange områder

På nogle områder har Folketinget sat mål, der skaber klarhed om den langsigtede ambition for klimaomstillingen. Et eksempel på dette er beslutningen om, at gas helt skal udfases af varmforsyningen senest i år 2035.

Der er imidlertid også en række områder, hvor der hverken er sat mål eller udstukket en retning, og som derfor ikke har bidraget til at skabe den nødvendige klarhed om den forventede udvikling. Der findes fx endnu ikke nogen langsigtet ambition for omstillingen af dansk landbrug eller strategiske scenarier, som udstikker retningen for erhvervets udvikling på langt sigt.

Strategien skal justeres løbende

Når man politisk skal kigge 25 år frem i tiden, vil det nødvendigvis indebære en vis usikkerhed, hvilket gør den langsigtede planlægning vanskelig. Usikkerheden vedrører samfundsudviklingen generelt, men i særdeleshed også de specifikke omstillingselementer, som kan reducere udledningerne.

Der er fx usikkerhed om, i hvilket omfang der vil ske teknologiske fremskridt, som fører til omkostningsreduktioner og bedre muligheder for opskalering for teknologier som DAC, CCS og biokul via pyrolyse. Tilsvarende er der også usikkerhed om, hvorvidt og hvordan store adfærdsmæssige ændringer skal finde sted, fx når vi skal mindske vores forbrug af klimabelastende produkter.

På grund af disse usikkerheder kan den langsigtede strategi ikke være et holdepunkt, som defineres én gang for alle. Strategien skal løbende justeres og tilpasses på baggrund af ny viden og indsigt, fx i forhold til teknologi- og omkostningsudvikling, befolkningens præferencer mm.

Planer på kortere sigt bør tage udgangspunkt i den langsigtede ambition

En langsigtet strategi for omstillingen vil skabe mere klarhed om, hvilke initiativer der bør understøttes med yderligere politiske virkemidler allerede nu. Skovrejsning er et eksempel på et initiativ, hvor klimaeffekten først for alvor slår igennem en del år efter implementeringen.

Klimarådet.

For andre initiativer udestår der også stadig betydelig innovation og teknologisk udvikling, som Danmark kan bidrage til. Det gælder fx DAC. Der bør rettes fokus mod dette allerede nu, hvis initiativerne skal have mulighed for at få en betydelig effekt om 20-25 år.

Strategien bør forholde sig til typen af virkemidler

Hvis den langsigtede strategi skal kunne realiseres, skal den indeholde bud på forskellige virkemidler. Virkemidler kan fx være afgifter, tilskud, forbud, information m.v.

En langsigtet strategi kan sætte spot på, hvilke centrale barrierer som forventeligt vil kunne hindre eller forsinke en given reduktionsindsats. Det kan fx være udfordringer med finansiering af eller manglende viden og kendskab til reduktionstiltag. Strategien bør forholde sig til typen af virkemidler, der kan bidrage til at imødegå disse barrierer og realisere strategien.

Klimarådet har tidligere anbefalet en tilstrækkelig høj, ensartet drivhusgasafgift. En tilstrækkelig høj afgift er fortsat et centralt og omkostningseffektivt virkemiddel til at reducere samfundets udledninger, men der vil også blive brug for andre virkemidler for at imødegå forskellige barrierer og tage højde for de samfundshensyn, som er nævnt i klimalovens guidende principper.⁹²

Tidlig handling kan give konkurrencefordele for danske virksomheder

Tidlig handling på klimaområdet er først og fremmest vigtig, da det øger chancen for, at et givet omstillingsselement bidrager med betydelige reduktioner i perioden frem mod 2050.

Derudover vil tidlig handling også i nogle tilfælde medføre, at danske virksomheder bliver blandt de første til at arbejde med udvikling og implementering af nye teknologier, hvilket giver bedre mulighed for at skabe erhvervsudvikling, beskæftigelse og potentielt eksportmuligheder. Hele verden skal bevæge sig i retning af en grøn omstilling, og der vil potentielt være fordele ved at gå foran.

Anbefaling

5 | Langsigtet strategi. Regeringen bør udarbejde en langsigtet strategi for, hvordan vi som samfund når det ønskede klimamål i 2050. En hensigtsmæssig og rettidig omstilling frem mod klimamålet i 2050 forudsætter størst mulig klarhed for aktørerne om vejen dertil, og at tiltag gennemført i dag så vidt muligt passer ind i det langsigtede perspektiv. Dette kræver langsigtet strategisk planlægning, som også forholder sig til den usikkerhed, der hersker om teknologiudvikling, omkostninger og adfærdsmønstre. Usikkerheden betyder, at strategien løbende bør genbesøges og tilpasses.

Den langsigtede strategi bør blandt andet forholde sig til:

- a. Realisering af allerede kendte og velafprøvede omstillingselementer
- b. Arealplanlægning, herunder især:
 - Udlægning af arealer til at beskytte biodiversiteten og sikre vandmiljøet
 - Retning for klimavenlig fødevareproduktion og plantebaserede kostvaner
 - Konkrete planer for rettidig skovrejsning
- c. Danmarks andel af udledningerne fra international transport
- d. Udbygning og koordinering af energiinfrastruktur for el, brint og CO₂
- e. Vigtige understøttende indsatser:
 - Den offentlige sektors rolle, blandt andet som en stor indkøber
 - Behovet for forskning og innovation
 - Sikring af arbejdskraft og kompetencer

I de følgende afsnit gennemgås de enkelte fokusområder, som Klimarådet anbefaler, at den langsigtede strategi forholder sig til. De oplyste fokusområder dækker ikke alle relevante aspekter, men Klimarådet vurderer, at fokusområderne er særligt vigtige for en langsigtet strategi for realisering af klimamålene.

5.4.1 Realisering af kendte omstillingselementer

Analysens scenarier viser, at Danmark med kendte omstillingselementer kan nå omkring 90 pct. reduktion i 2050. Vi kan altså opfylde en stor del af reduktionsbehovet i 2050 via tiltag, som vi allerede i dag gør brug af, eller som i overvejende grad kan implementeres fra i dag og de kommende år.

Prioritering af kendte omstillingselementer kan reducere usikkerheder

Kendte omstillingselementer vil typisk kunne implementeres hurtigere end nye omstillingselementer, og der vil typisk også være større sikkerhed for, at man med en given indsats vil opnå den forventede effekt.

I mange tilfælde vil omkostningerne ved implementering af kendte omstillingselementer være lavere end for nye omstillingselementer, men det er ikke altid tilfældet.

Af disse grunde bør det i den langsigtede strategi være en prioritet at rette fokus mod de muligheder, der er for at reducere udledninger via implementering af kendte omstillingselementer. Klimarådet har i flere rapporter anbefalet tiltag og virkemidler, der retter sig mod implementering af kendte omstillingselementer i forskellige sektorer.

Klimarådet.

Det gælder fx for omstilling til elbiler og varmepumper, udbygning med vedvarende energi, skovrejsning, elektrificering af bygningsopvarmning og industrien, kostomlægning, udtagning af kulstofrige jorder og kulstoffangst og -lagring.⁹³ For et samlet overblik over Klimarådets gældende anbefalinger henvises til Klimarådets virkemiddelkatalog, der findes på Klimarådets hjemmeside.

Implementering kræver politisk lederskab

Selv om implementering af kendte omstillingselementer kan forventes at indebære færre udfordringer end udvikling og implementering af nye omstillingselementer, vil det alligevel kræve en væsentlig politisk indsats at realisere disse initiativer. Det kan fx være i form af passende rammevilkår eller ved at sikre udbygning af nødvendig energinfrastruktur.

5.4.2 Arealanvendelse i Danmark

Danmarks areal bruges til mange forskellige formål, fx fødevareproduktion, skovbrug, natur og biodiversitet, vedvarende energi, byudvikling og forskellige rekreative formål. Frem mod 2050 vil fordelingen mellem flere af disse formål ændre sig, i takt med at vi som samfund skal leve op til krav fra EU, danske klimamål og hensyn til fx biodiversitet og god miljøtilstand på land og til vands. For at sikre en hensigtsmæssig udnyttelse af vores areal er det nødvendigt med en langsigtet strategi, der kan understøtte og koordinere forskellige samfundshensyn.

Klimarådet anbefaler derfor, at den langsigtede strategi forholder sig til arealanvendelsen i Danmark og fokuserer på at:

- udlægge arealer til at beskytte biodiversiteten og sikre vandmiljøet
- udstikke en retning for klimavenlig fødevareproduktion og plantebaserede kostvaner
- at sikre rettidig skovrejsning.

Disse tre punkter uddybes i det følgende.

Udlægning af arealer bør beskytte biodiversitet og sikre vandmiljøet

Anvendelsen af areal udgør en central brik i bestræbelserne på at nå klimamålet i 2050 på en hensigtsmæssig måde. Analysens scenarier viser, at der er store positive klimaefekter ved at udtage arealer til natur. Klimarådets analyse *Danmarks fremtidige arealanvendelse* fra 2024 påpeger desuden, at udtag af arealer fra landbrugsdrift kan bidrage til mål om klima, biodiversitet og reduceret kvælstofudledning på én gang.

Klimarådets arealanalyse viste, at arealbaserede tiltag er forholdsvis billige veje til at opfylde klimamål, og at omkostningerne reduceres yderligere, hvis mål for klima, vandmiljø og biodiversitet tænkes sammen i planlægningen af arealanvendelsen. Biodiversitet og vandmiljø bør derfor tænkes ind i klimareguleringen og den langsigtede strategi. Regeringen bør forstærke indsatsen for at få udtaget relevante arealer, fx gennem opkøb af arealer i allerede udpegede Natura 2000-områder.

Udtag af visse landbrugsarealer vil bidrage mere effektivt til at opfylde målene end andre. Samtidig er nogle arealer mere velegnede til fødevareproduktion end andre. De vil være dyrere at udtage, og konsekvenserne ved at udtage dem vil være større, fordi man risikerer at miste en vigtig fødevareproduktion.

Strategien bør udstikke en retning for fødevareproduktion og kostvaner

Den langsigtede strategi bør sætte en klar retning for den danske fødevaresektor mod mere klimavenlig produktion, satsning på nye fødevaretyper og mere plantebaserede kostvaner. Landbruget vil stå for størstedelen af udledningerne i 2050 og lægge beslag på betydelige arealer. Derfor er landbrugets potentielt ændrede rolle en helt afgørende brik i det store strategiske puslespil for at sikre den grønne omstilling.

Regeringen har sammen med den grønne trepart sat en retning for landbruget for de kommende år.⁹⁴ Trepartsaftalen bringer dog ikke landbruget på sporet mod den fremtid, som denne analyses 2050-scenarier tegner op. Aftalen og de besluttede virkemidler giver ikke landbruget tilstrækkeligt incitament til at igangsætte den nødvendige strukturelle omstilling væk fra det animalske landbrug og over mod det plantebaserede.

Strategien bør sikre rettidig skovrejsning

I en nyetableret skov stiger CO₂-optaget løbende og når først sit fulde niveau, mange år efter at skoven er blevet etableret. Derfor er det vigtigt, at vi hurtigt kommer i gang med at etablere mere skov, hvis vi ønsker, at skov skal bidrage med betydelige negative udledninger i 2050. Hastværket anerkendes også i aftalen fra den grønne trepart.

Analysens scenarier viser, at skovrejsning kan bidrage betydeligt til at nå fremtidige klimamål, og det er derfor positivt, at regeringen har en målsætning om at etablere 250.000 hektar ny skov. Klimarådets arealanalyse fandt, at skovrejsning er et af de billigste klimatiltag. Derfor er skovrejsning et centralt element i en omkostningseffektiv opfyldelse af vores klimamål.

Den langsigtede strategi bør indeholde konkrete planer for etableringen af ny skov, og den bør forholde sig til, om regeringens mål om 250.000 hektar ny skov er tilstrækkeligt til at nå klimamålet for 2050. Skovrejsning er et vigtigt omstillingsselement, der bør prioriteres allerede nu.

5.4.3 Inkludering af international transport

I FN's internationale organisationer for skibsfart og luftfart, IMO og ICAO, er parterne de seneste år nået til enighed om at nå eller tilstræbe nettonuludledninger for sektoren i eller omkring 2050, og inden for EU er området også reguleret.⁹⁵ Men der er behov for, at enkeltlande også tager ansvar og viser vejen mod nettonul. Den langsigtede strategi bør derfor omfatte brændstofforbruget og udledningerne fra den internationale transport, som tankes i Danmark.

Den langsigtede strategi bør tage højde for international transport

Danmark har mulighed for at påvirke udledningerne fra de fly- og skibsbrændstoffer, der tankes her i landet. Samtidig kan Danmark vise vejen til nettonul for andre lande ved fx at producere grønne brændstoffer, forbedre energieffektiviteten og begrænse den internationale transport gennem afgifter og anden regulering, herunder regulering af klimapåvirkningen forårsaget af kondensstriber fra fly.

Analysens scenarier viser, at den internationale transport forventes at have et højt brændstofforbrug i 2050. En stor andel af dette brændstof vil forventeligt inkludere biogent kulstof, især i luftfarten. Derfor er det afgørende, at en langsigtet strategi tager højde for, hvordan Danmark kan tage ansvar for den internationale transport, da det har stor indflydelse på, hvor meget kulstof der til rådighed for andre dele af samfundet.

5.4.4 Udbygning og koordinering af central energiinfrastruktur

Energiinfrastruktur spiller en central rolle i at sammenkoble forbrug og produktion af grøn energi og sikre systemintegration på tværs af sektorer, hvilket bidrager til en effektiv udnyttelse af energien. Dette er allerede tilfældet i dag, men det bliver tiltagende vigtigt, jo længere vi kommer i den grønne omstilling.

Central energiinfrastruktur er afgørende for at nå klimamål

Omstillingen mod klimaneutralitet eller et samfund med nettonegative udledninger indebærer både et behov for ny infrastruktur samt udvidelser af den eksisterende infrastruktur. Der er mange eksempler på udviklinger, der stiller nye eller øgede krav til energiinfrastruktur. Det gælder fx:

- stigende elforbrug
- større geografisk spredning af elproduktionen
- nyopståede behov for brint og andre power-to-X-brændsler
- behov for fangst, transport og lagring eller anvendelse af CO₂
- produktion af nye typer brændstoffer
- store mængder overskudsvarme og varmekonsum i forskellige processer.

Uanset hvilken vej der vælges mod 2050, vil omstillingen kræve store investeringer i ny, central energiinfrastruktur. For at nå både 100 og 110 pct. reduktion indebærer alle analysens scenarier, at der i varierende grad etableres energiinfrastruktur, som kan transportere, distribuere og i nogle tilfælde opbevare store mængder el, brint, CO₂, varme og en række forskellige elektro- og biobrændstoffer. Placering af produktion og forbrug tæt på hinanden kan hjælpe til at reducere behovet for fælles, større energiinfrastruktur.

Elnettet kan blive en flaskehals

Udbygningen af energiinfrastruktur vil i mange tilfælde kræve en langsigtet planlægning og koordinering for at øge sandsynligheden for, at udbygningen sker effektivt og tids nok til, at manglende infrastruktur ikke udgør en flaskehals i omstillingen.

Klimarådet har tidligere anbefalet, at det bliver en politisk topprioritet at sikre tilstrækkelig og rettidig udbygning af elnettet, så elnettet geares til at håndtere store mængder sol- og vindenergi.⁹⁶ Denne analyse understreger relevansen af denne anbefaling.

Nødvendigt med langsigtet planlægning og koordinering af infrastruktur

Da markedsaktørerne ikke kan forventes at foretage den nødvendige koordinering af infrastrukturen, har staten en vigtig rolle i forhold til at sikre, at denne koordinering finder sted. Hvis der ikke tænkes på tværs af projekter, virksomheder og sektorer, er der fx risiko for, at konkrete energiinfrastrukturprojekter bygges for små fra starten af. Dette er en risiko, som Klimarådet tidligere har pointeret i forbindelse med etablering af CCS i Danmark.⁹⁷

Analysens scenarier viser, at der fremadrettet bliver behov for at håndtere store mængder el, brint og CO₂, og den langsigtede strategi bør derfor forholde sig til behovet for udbygning og koordinering af energiinfrastruktur hertil.

5.4.5 Vigtige understøttende indsatser

Den langsigtede strategi bør forholde sig til en række indsatsområder, der kan bidrage til og understøtte realiseringen af klimamålet i 2050. Klimarådet peger her på tre indsatser, som er særligt vigtige at have fokus på i en langsigtet strategi.

Offentlige indkøb kan understøtte en omstilling af danskernes forbrug

Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk pr. indbygger er blandt de største i EU. Bidrag til at reducere dette aftryk er derfor et vigtigt element i omstillingen mod nettonegative udledninger nationalt såvel som globalt.⁹⁸

Den offentlige sektor kan spille to roller i at reducere klimaaftrykket. For det første kan den offentlige sektor direkte påvirke det forbrugsbaserede klimaaftryk ved at indkøbe mere klimavenlige produkter. Klimaaftrykket fra det offentlige forbrug er betydeligt, og Klimarådet har i analysen *Danmarks globale klimaindsats* anbefalet, at der sættes et pejlemærke for klimaaftrykket fra offentlige indkøb.⁹⁹

For det andet kan indkøb af mere klimavenlige produkter i det offentlige motivere og inspirere danskerne. Stat, regioner og kommuner kan på den måde gå foran og vise vejen for private virksomheder og husholdninger. Et eksempel herpå er indkøb og servering af klimavenlig mad. Ved at servere dette på tværs af de offentlige køkkener, kan frokosten inspirere borgere og offentligt ansatte og normalisere et klimavenligt forbrug.

Den langsigtede strategi bør således udnytte, at den offentlige sektor er en stor indkøber, der hurtigt kan omstille og ensrette forbruget af forskellige varer og services på baggrund af klart definerede principper, der tager højde for klimaaftrykket fra forbruget.

Strategien kan kvalificere den forsknings- og innovationspolitiske retning

Forskning og innovation inden for grønne teknologier, systemsammenhænge og adfærdsændringer er vigtige brikker i omstillingen mod klimaneutralitet og nettonegative udledninger. Det er ikke en ny erkendelse, men understreges af analysens scenarier, hvori der indgår teknologier og adfærdsændringer, som vi i dag slet ikke benytter os af eller kun i begrænset omfang. Det gælder fx fangst og lagring af CO₂, produktion og forbrug af bio- og elektrobrændstoffer samt produktion og efterspørgsel af kunstigt kød og præcisionsfermenteret mælk.

Den langsigtede strategi bør sætte fokus på de teknologier og omstillingslementer, der forventeligt kommer til at spille en afgørende rolle på lang sigt, men som i dag er udfordret af en lav teknologisk modenhed, af lav accept blandt virksomheder og borgere eller af andre barrierer. Herved kan den langsigtede strategi bruges til at kvalificere Danmarks forsknings- og innovationspolitiske retning på det grønne område inden for teknologiudvikling, adfærd og systemiske sammenhænge.

Den langsigtede strategi bør derfor identificere områder, hvor der mangler forskning og innovation, hvis Danmark skal nå i mål i 2050. Dette bør både omfatte grundforskning og mere anvendelsesorienteret strategisk forskning samt udviklings- og innovationsorienterede aktiviteter, der kan omsætte viden til klimagevinster. Strategien kan derved bidrage til at kvalificere regeringens arbejde med udspil om grøn forskning og innovation, som blev annonceret i regeringens klimaprogram fra 2023.¹⁰⁰

Strategien bør forholde sig til nye krav til arbejdskraft og kompetencer

Nye teknologier og ændringer i vaner, forbrug og landskab kan øge behovet for arbejdskraft og bestemte kompetencer på nogle områder og samtidig mindske behovet på andre områder.

En litteraturgennemgang foretaget af HBS Economics for Klimarådet i januar 2024 viste, at omstillingen de kommende år kan forventes at have positive beskæftigelseseffekter i især energi- og forsyningssektoren, bygge- og anlægssektoren og i industrien, mens beskæftigelsen kan falde i landbruget og i sektorer, som arbejder med fossile brændsler.¹⁰¹

Mangel på arbejdskraft og kompetencer risikerer at forsinke eller fordyre omstillingen. Og for den enkelte kommune og borger kan der være omkostninger eller gener forbundet med tab af job eller jobskifter, som begrænser den sociale accept og oplevelsen af fairness i omstillingen.

Klimarådet vurderer på den baggrund, at regeringen i en langsigtet og holistisk strategi også bør have fokus på uddannelses- og arbejdsmarkedspolitik. Eventuelle politiske tiltag kan med fordel have fokus på de generelle rammer og fleksibiliteten på arbejdsmarkedet. Dels fordi der er stor usikkerhed forbundet med at forudsige, præcis hvilken arbejdskraft og hvilke kompetencer der bliver brug for, særligt på så lang sigt som til 2050. Dels fordi Danmark også vil have brug for arbejdskraft og kompetencer til andre formål end klima.

5.5 Anbefaling til den offentlige diskussion

Vejen til 100 pct. eller 110 pct. reduktion i 2050 vil kræve store forandringer, som vil berøre alle i samfundet. Dette gælder uanset det konkrete mål, og uanset om den sidste del af vejen primært nås med DACCS og andre teknologiske omstillingselementer eller med en strukturel omstilling af fx landbruget og cementproduktionen samt med en øget klimavenlig forbrugsadfærd.

Forandringerne vil have både positive og negative effekter, og det er derfor vigtigt at være opmærksom på en række samfundsmæssige hensyn. Det gælder især de hensyn, der er afspejlet i klimalovens guidende principper, fx social balance, sammenhængskraft, konkurrenceevne, og andre hensyn som natur, miljø og biodiversitet.

Klimarådet finder det vigtigt, at vi som samfund har en offentlig diskussion af de forandringer, som de langsigtede klimamål vil indebære. Denne diskussion aktiveres med jævne mellemrum af forskellige aktører, men regeringen har også en vigtig rolle i at aktivere diskussion af de forandringer, som vil opleves som både positive og negative.

En løbende diskussion af omstillingen vil kunne bidrage til en større fælles forståelse for kommende forandringer og vil kunne hjælpe borgere og virksomheder til at indrette sig, imødegå de udfordringer der kommer og benytte sig af nye muligheder.

Anbefaling

6 | Offentlig diskussion om kommende forandringer. Regeringen bør fremme en offentlig diskussion af visionerne for 2050 og om de forandringer, som et ambitiøst mål kræver, så borgere og virksomheder tidligst muligt kan indrette sig, imødegå udfordringer og udnytte nye muligheder.

Dem har vi talt med

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

Christian Friis Børsting (Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab - ANIVET Kvæger-næring (RUN), Aarhus Universitet); CONCITO; Danmarks Naturfredningsforening; Energinet; Energistyrelsen; Green Power Denmark; Hanna Tuomisto (Helsinki Institute of Sustainability Science, University of Helsinki); Innovationscenter for Økologisk Jordbrug; Jette Young, Margrethe Therkildsen, Nina Aagaard Poulsen (Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet); Landbrugsstyrelsen; Miljøministeriet; Morten Ambye-Jensen (Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet); Nicholas John Hutchings (Institut for Agroøkologi - Klima og Vand, Aarhus Universitet); Niclas Scott-Bentsen, Thomas Nord-Larsen (Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN), Københavns Univer-sitet); Peter Ruhdal Jensen (Fødevareinstituttet, DTU); Steen Gyldenkerne, Mette Hjorth-Mikkelsen, Rikke Albrechtsen, Trine Anemone Andersen, Lærke Worm Callisen (Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE), Aarhus Universitet); Stiesdal; Thomas Helmer (AAU Energi, Aalborg Universitet); Tobias Pape Thomsen (Institut for Mennesker og Teknologi, Roskilde Universitet); Uffe Jørgensen, Søren Ugilt (Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA), Aarhus Universitet).

Referencer

- ¹ Regeringen, *Ansvar for Danmark*, 2022, (https://fm.dk/media/26729/ansvar-for-danmark_det-politiske-grundlag-for-danmarks-rege-ring_december-2022.pdf).
- ² Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ³ Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drueke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feul-ner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogues-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L., Rockstroem, J., *Earth beyond six of nine planetary boundaries*, 2023, *Science Advances*, 9(37), eadh2458.
- ⁴ Det Nationale Bioøkonomipanel, *Bioressourcer til grøn omstilling*, 2022.
- ⁵ Klimarådet, *Danmark fremtidige arealanvendelse*, 2024.
- ⁶ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ⁷ Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevareforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening, *Aftale om et grønt Danmark*, 2024.
- ⁸ Bioøkonomipanelet, *Anbefalinger fra Det Nationale Bioøkonomipanel, Bioressourcer til grøn omstilling*, 2022.
- ⁹ Gylling, M., Nord-Larsen, T., Bruhn, A., Thomsen, A., Ambye-Jensen, M., Mortensen, E.Ø., Jørgensen, U., Potential Danish biomass production and utilization in 2030, 2023, DCA, Aarhus Universitet.
- ¹⁰ Energistyrelsen, *Analyseforudsætninger til Energinet 2023*, 2023.
- ¹¹ Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevareforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening, *Aftale om et grønt Danmark*, 2024.
- ¹² Klimarådet, *Statusrapport 2023*, 2023.
- ¹³ de Richter, R., Ming, T., Davies, P., Liu, W., & Caillol, S., *Removal of non-CO2 greenhouse gases by large-scale atmospheric solar photocatalysis*, 2017, *Progress in Energy and Combustion Science*, 60, 68-96.
- ¹⁴ IPCC, *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change - Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cross-sectoral Perspectives 12.3*, 2022.
- ¹⁵ IEA, *Direct air capture*, 2023, (<https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/direct-air-capture>).
- ¹⁶ Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drueke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feul-ner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogues-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L., Rockstroem, J., *Earth beyond six of nine planetary boundaries*, 2023, *Science Advances*, 9(37), eadh2458.
- ¹⁷ Europakommissionen, *EU's biodiversitetsstrategi for 2030. Naturen skal tilbage i vores liv*, 2020.

- ¹⁸ FN Convention on Biological Diversity, *Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity*, 2022.
- ¹⁹ Klimarådet, *Biomassens betydning for grøn omstilling*, 2018 og Klimarådet, *Statusrapport 2022*, 2022.
- ²⁰ Steen Gyldenkærne (DCE, AU), Mette Hjorth Mikkelsen (DCE, AU), Rikke Albrektsen (DCE, AU), Trine Anemone Andersen (DCE, AU), Lærke Worm Callisen (DCE, AU), Uffe Jørgensen (DCA, AU), Niclas Scott-Bentsen (IGN, KU) og Thomas Nord-Larsen (IGN, KU).
- ²¹ nova-Institute, *Turning off the Tap for Fossil Carbon*, 2021.
- ²² Energy Modelling Lab, *DK-BioRes*, 2024, (<https://energymodellinglab.com/supporting-the-council-on-climate-change/>).
- ²³ Johannsen, V. K., *Klimaeffekter af urørt skov og anden biodiversitetsskov: Sagsnotat*, 2019, IGN, Københavns Universitet.
- ²⁴ Nielsen, A. T., Bentsen, N. S., & Nord-Larsen, T., *CO2 emissions from biomass use in district heating and combined heat and power plants in Denmark (2nd edition)*, 2023, IGN, Københavns Universitet.
- ²⁵ Dalgaard, T. og Mortensen E. Ø., *Udviklingen i udbytter, fodereffektivitet, gødningsforbrug og arealudtag ved fremskrivning af dansk landbrug til 2030*, 2022.
- ²⁶ Jørgensen, U., *personlig kommentar*, maj 2024.
- ²⁷ Energy Modelling Lab, *DK-BioRes*, 2024, (<https://energymodellinglab.com/supporting-the-council-on-climate-change/>).
- ²⁸ Fagt, S., Langwagen, M., Biltoft-Jensen, A., *Mere bæredygtighed i hverdagen? Det går langsomt med at købe mere grønt og mindre kød og mælk*, 2023, DTU Fødevarainstitutet.
- ²⁹ Fagt, S., Langwagen, M., Biltoft-Jensen, A., *Mere bæredygtighed i hverdagen? Det går langsomt med at købe mere grønt og mindre kød og mælk*, 2023, DTU Fødevarainstitutet.
- ³⁰ Pedersen, A. N., Christensen, T., Matthiessen, J., Knudsen, V. K., Sørensen, M. R., Biltoft-Jensen, A. P., Hinsch, H.-J., Ygil, K. H., Kørup, K., Saxholt, E., Trolle, E., Søndergaard, A. B., & Fagt, S., *Danskernes kostvaner 2011-2013*, 2015, DTU Fødevarainstitutet.
- ³¹ Pedersen, A. N., Christensen, T., Matthiessen, J., Knudsen, V. K., Sørensen, M. R., Biltoft-Jensen, A. P., Hinsch, H.-J., Ygil, K. H., Kørup, K., Saxholt, E., Trolle, E., Søndergaard, A. B., & Fagt, S., *Danskernes kostvaner 2011-2013*, 2015, DTU Fødevarainstitutet.
- ³² Fagt, S., Langwagen, M., Biltoft-Jensen, A., *Mere bæredygtighed i hverdagen? Det går langsomt med at købe mere grønt og mindre kød og mælk*, 2023, DTU Fødevarainstitutet.
- ³³ Fødevarestyrelsen, *Kostråd til dig*, 2024, (<https://foedevarestyrelsen.dk/kost-og-foedevarer/alt-om-mad/de-officielle-kostraad/kost-raad-til-dig>).
- ³⁴ Fødevarestyrelsen, *Når du ikke drikker mælk eller spiser mejeriprodukter*, 2024, (<https://foedevarestyrelsen.dk/kost-og-foedevarer/alt-om-mad/de-officielle-kostraad/kostraad-til-dig/om-de-officielle-kostraad/vaelg-planteolier-og-magre-mejeriprodukter>).
- ³⁵ Dalgaard, T. og Mortensen E. Ø., *Udviklingen i udbytter, fodereffektivitet, gødningsforbrug og arealudtag ved fremskrivning af dansk landbrug til 2030*, 2022, DCA, Aarhus Universitet.
- ³⁶ Jørgensen, U., *personlig kommentar*, maj 2024.
- ³⁷ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, kapitel 17, 2024.
- ³⁸ Andersen, M. N., Adamsen, A. P., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., Hutchings, N. J., Elsgaard, L., Jørgensen, U., Munkholm, L., Børge- sen, C. D., Sørensen, P., Petersen, S. O., Lærke, P. E., Olesen, J. E., Børsting, C. F., Lund, P., Kjeldsen, M. H., Maigaard, M., Villum- sen, T. M., Dalby, F. R., Kai, P., Nørremark, M., Blicher-Mathiesen, G., Audet, J., Bruus, M., Krogh, P.H., Kronvang, B., Winding, A., Kristensen, H. L., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget – 2023*, 2023, DCA, Aarhus Universitet.
- ³⁹ Energy Modelling Lab, *DK-BioRes*, 2024, (<https://energymodellinglab.com/supporting-the-council-on-climate-change/>).
- ⁴⁰ Andersen, M. N., Adamsen, A. P., Lærke, P. E., Larsen, S. U., Jørgensen, U., Olesen, J. E., Manevski, K., Bay, S. S., Hutchings, N. J., Hansen, E. M., Munkholm, L. J., Børge- sen, C. D., Thomsen, I. K., Elsgaard, L., Petersen, S. O., Toda, M., Ntinyari, W., Sørensen, P., Audet, J., Krogh, P. H., Bruus, M., Blicher-Mathiesen, G., Kronvang, B., Zak, D., Andersen, T. A., Callisen, L. W., Mikkelsen, M. H., Winding, A., Sapkota, R., Dalby, F. R., Kai, P., Jensen, M., Nørremark, M., Børsting, C. F., Lund, P., Kjeldsen, M. H., Maigaard, M., Amorim Franchi, G., Jensen, M. B., Villumsen, T. M., Hansen, M. J., Kristensen, H. L., Nørregaard, J.V., Bouquet, A., Buitenhuis, A., Niel- sen, H. M., *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget – 2024*, 2024, DCA, Aarhus Universitet.
- ⁴¹ Det nationale bioøkonomipanel, *Anbefalinger fra Det Nationale Bioøkonomipanel Bioressourcer til grøn omstilling*, 2022.
- ⁴² Regeringen, *Ansvar for Danmark*, 2022.
- ⁴³ Energistyrelsen, *Teknologikatalog 2024*, 2024.
- ⁴⁴ Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2023*, 2023.
- ⁴⁵ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, 2024.
- ⁴⁶ The International Civil Aviation Organization (ICAO), *Report On The Feasibility Of A Long-Term Aspirational Goal (LTAG) For Interna- tional Civil Aviation CO2 Emission Reductions*, 2022 og Air Transport Action Group (ATAG), *Waypoint 2050*, 2021.
- ⁴⁷ Öko-Institut e.V., *E-fuels versus DACCS*, 2021 og Sacchi, R., Becattini, V., Gabrielli, P., Cox, B., Dirnaichner, A., Bauer, C., Mazzotti M., *How to make climate-neutral aviation fly*, 2023, Nat Commun 14, 3989.
- ⁴⁸ Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, *Klimastatus og -fremskrivning 2024 National energibalance*, 2024.
- ⁴⁹ Klimarådet, *Danmarks globale klimaindsats, Baggrundsnotat nr. 4: Danmarks brug af globalt areal*, 2023.
- ⁵⁰ Energistyrelsen, *Energistatistik 2022 Grunddata*, 2023.
- ⁵¹ Danmarks Tekniske Universitet, *Fødevarerdata Version 5.0*, 2023.
- ⁵² Jørgensen, U., Kristensen, T., Jensen, S. K., Ambye-Jensen, M., *Bidrag til MOF spg. 8 i forbindelse med beslutningsforslag 15*, 2020, DCA, Aarhus Universitet.

- ⁵³ Danmarks Statistik, *Statistikbanken, Foder 1*, 2023.
- ⁵⁴ Danmarks Tekniske Universitet, *Fødevarerdata Version 5.0*, 2023.
- ⁵⁵ Jørgensen, U., Kristensen, T., Jensen, S. K., Ambye-Jensen, M., *Bidrag til MOF spg. 8 i forbindelse med beslutningsforslag 15*, 2020, DCA, Aarhus Universitet.
- ⁵⁶ Jespersen, L. M., *Perspektivering af analyserne om "Næringsstofforsyning- og recirkulering i økologisk jordbrug", "Markedet for økologiske produkter", "Grønne proteiner til fødevarer og foder", samt "Plantebranchens virksomheder og udviklingsbehov" i relation til en fordobling af det økologiske areal og marked*, 2023, Aarhus Universitet, (https://icrofs.dk/fileadmin/icrofs/Vidensynteser_2023/Perspektiveringsrapport_rapport_3_01.pdf).
- ⁵⁷ Seges, *Klimafoderdatabase*, hentet 2024, (www.klimafoderdatabase.dk).
- ⁵⁸ FAO, *Food balance sheets 2010–2021*, 2023.
- ⁵⁹ Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Faostat Production Crops and livestock products*, 2023, (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>).
- ⁶⁰ *Lov om klima*, Lov nr. 965 af 26. juni 2020.
- ⁶¹ Regeringen, *Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer (Power-to-X strategi)*, 2022; Kraka, *Omstilling fra animalsk- til plantebaseret produktion kan bidrage stort til at nå de danske klimamål*, 2024.
- ⁶² Concito, *Danskerne vil den grønne omstilling, men ikke for enhver pris*, 2022.
- ⁶³ Klimarådet, Niras, *CCS og CCU Potentialer, omkostninger og virkemidler*, 2020 og EA Energianalyse, *Notat om CCS-teknologier*, 2020.
- ⁶⁴ Energinet, *Systemperspektivanalyse 2022 – Udviklingsveje mod fremtidens robuste energisystem*, 2022.
- ⁶⁵ IEA GHG, *Global Assessment of Direct Air Capture Costs*, 2021.
- ⁶⁶ IPCC, *Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change – Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2022.
- ⁶⁷ McKinsey, *Carbon removals: How to scale a new gigaton industry*, 2023.
- ⁶⁸ Öko-Institut e.V., *E-fuels versus DACCS – Total costs of electro-fuels and direct air capture and carbon storage while taking into account direct and upstream emissions and environmental risks*, 2021.
- ⁶⁹ World Resources Institute, *6 Things to Know About Direct Air Capture*, 2022, (<https://www.wri.org/insights/direct-air-capture-resource-considerations-and-costs-carbon-removal>).
- ⁷⁰ Keith, D.W., Holmes, G., Angelo, D.S., Heidel, K., *A Process for Capturing CO₂ from the Atmosphere*, 2018, Joule, 1573-1594.
- ⁷¹ Fuss, S., Lamb, W.F., Callaghan, M.W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., Beringer, T., Gariccia, W.d.O, Hatmann, J., Khanna, T., Luderer, G., Nemet, G.F., Rogelj, J., Smith, P., Vicente, J.L.V, Wilcox, J., Dominguez, M.d.M.Z., Mix, J.C., *Negative emissions – Part 2: Costs, potentials and side effects*, 2018, Environmental Research Letters, 13(6), 063002.
- ⁷² Sievert, K., Schmidt, T.S., Steffen, B., *Considering technology characteristics to project future costs of direct air capture*, 2024, Joule, 979-999.
- ⁷³ IPCC, *Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change – Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2022.
- ⁷⁴ Byers, E., Krey, V., Kriegler, E., Riahi, K., Schaeffer, R., Kikstra, J., Lamboll, R., Nicholls, Z., Sanstad, M., Smith, C., van der Wijst, K.I., Al Khourdajie, A., Lecocq, F., Portugal-Pereira, J., Saheb, Y., Strømman, A., Winkler, H., Auer, C., Brutschin, E., Gidden, M., Hackstock, P., Harmsen, M., Huppmann, D., Kolp, P., Lepault, C., Lewis, J., Marangoni, G., Müller-Casseres, E., Skeie, R., Werning, M., Calvin, K., Forster, P., Guivarch, C., Hasegawa, T., Meinshausen, M., Peters, G., Rogelj, J., Samset, B., Steinberger, J., Tavoni, M., van Vuuren, D., *AR6 Scenarios Database*, hosted by IIASA International Institute for Applied Systems Analysis, 2022.
- ⁷⁵ Jones et al. – with major processing by Our World in Data, *Nitrous oxide (N₂O), Methane (CH₄), Carbon dioxide (CO₂) [dataset]*, 2023.
- ⁷⁶ UNEP, *Emissions Gap Report 2023*, 2023.
- ⁷⁷ Meyer, A. L. S., Bentley, J., Odoulami, R.C., Pigot, A.L., Trisos, C.H., *Risks to biodiversity from temperature overshoot pathways*, 2022, Philosophical Transactions of the Royal Society B, 377(1857), 20210394.
- ⁷⁸ Wunderling, N., Winkelmann, R., Rockström, J., Loriani, S., Armstrong McKay, D. I., Ritchie, P. D., Sakschewski, B., Donges, J. F., *Global warming overshoots increase risks of climate tipping cascades in a network model*, 2023, Nature Climate Change, 13(1), 75-82.
- ⁷⁹ Schleussner, C.-F., Ganti, G., Lejeune, Q., Zhu, B., Pfleiderer, P., Prütz, R., Ciais, P., Frölicher, T. L., Fuss, S., Gasser, T., Gidden, M. J., Kropf, C. M., Lamboll, R., Koller, R. M., Maussion, F., Mccaughey, J. W., Meinshausen, M., Mengel, M., Nicholls, Z., Quilcaille, Y., Sanderson, B., Seneviratne, S., Sillmann, J., Smith, C. J., Theokritoff, E., Warren, R., Rogelj, J., Lacroix, F., Price, J., Steinert, N., *Overconfidence in climate overshoot*, 2024.
- ⁸⁰ Hansen, J. E., Sato, M., Simons, L., Nazarenko, L. S., Sangha, I., Kharecha, P., Zachos, J. C., von Schuckmann, K., Loeb, N. G., Osman, M. B., Jin, Q., Tselioudis, G., Jeong, E., Lacic, A., Ruedy, R., Russell, G., Cao, J., & Li, J., *Global warming in the pipeline*, 2023, Oxford Open Climate Change, 3(1), kgad008.
- ⁸¹ Tol, R. S. J., *Social cost of carbon estimates have increased over time*, 2023, Nature Climate Change, vol. 13, 532–536.
- ⁸² Klimarådet, *Danmarks klimamål*, 2022.
- ⁸³ Klimarådet, *Statusrapport 2023*, 2023.

⁸⁴ Rajamani, L., Jeffery, L., Höhne, N., Hans, F., Glass, A., Ganti, G., & Geiges, A., *National 'fair shares' in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law*, 2021, *Climate Policy*, 21(8), 983–1004.

⁸⁵ Krisinformation.se, *Sweden's climate goals*, 2023, (<https://www.krisinformation.se/en/hazards-and-risks/climate-change/swedens-climate-goals>).

⁸⁶ Climate action tracker, *Germany – Net zero targets*, 2023, (<https://climateactiontracker.org/countries/germany/net-zero-targets/>).

⁸⁷ Lund, H., Mathiesen, B. V., Thellufsen, J. Z., Sorknæs, P., Chang, M., Kany, M. S., & Skov, I. R., *IDAs Klimasvar 2045: Sådan bliver vi klimaneutrale*, 2021, Ingeniørforeningen IDA.

⁸⁸ Concito, *Et scenarie for: Dansk klimaneutralitet i 2040*, 2023.

⁸⁹ Committee on Climate Change, *The Sixth Carbon Budget The UK's path to Net Zero*, 2020.

⁹⁰ Klimarådet, *Danmarks fremtidige arealanvendelse*, 2023.

⁹¹ United Nations, *Paris Agreement*, 2015 og UNFCCC, *The Paris Agreement*, u.d., (<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>).

⁹² Klimarådet, *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet*, 2018; Klimarådet, *Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*, 2020; Klimarådet, *Statusrapport 2021*, 2021; Klimarådet, *Statusrapport 2022*, 2022 og Klimarådet, *Statusrapport 2024*, 2024.

⁹³ Klimarådet, *Virkemiddelkatalog*, 2024, (<https://klimaraadet.dk/da/udforsk-vores-virkemiddelkatalog>).

⁹⁴ Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevarerforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening, *Aftale om et grønt Danmark*, 2024.

⁹⁵ International Maritime Organization, *2023 IMO Strategy On Reduction Of GHG Emissions From Ships*, 2023; International Civil Aviation Organization, *Resolution A41-21: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Climate change*, u.d. og *Directive (EU) 2023/959 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading system*, 2023.

⁹⁶ Klimarådet, *Statusrapport 2024*, 2024.

⁹⁷ Klimarådet, *Statusrapport 2023*, 2023.

⁹⁸ Klimarådet, *Danmarks globale klimaindsats*, 2023.

⁹⁹ Klimarådet, *Danmarks globale klimaindsats*, 2023.

¹⁰⁰ Klima-, energi- og forsyningsministeriet, *Klimaprogram 2023*, 2023.

¹⁰¹ HBS Economics, *Review af studier relateret til arbejdsmarkedet og den grønne omstilling*, 2024.

