

NOTAT

Maj 2025



Rådet for
Grøn
Omstilling

Sådan skærer EU mindst 95 pct. af klimagasserne i 2040 og når nettonul i 2045

RGO's anbefalinger til et nyt ambitiøst
klimamål for EU – et grønt scenarie for,
hvordan det gennemføres



HOVEDANBEFALINGER

- EU27 bør vedtage et ambitiøst klimamål og reducere sine udledninger med mindst 95 procent i 2040, så man kan blive et klimapositivt og fossilfrit samfund med netto nul udledninger senest i 2045.
- Der bør være fokus på en langt hurtigere og mere fokuseret udbygning med sol- og vindenergi, batterier, varmelagre og geotermi. Frem mod 2040 skal mængden af land- og offshore-vind ottedobles, og solenergi øges med 22 gange for at gøre hele EU's energiforbrug fossilfrit. Dermed kan EU frigøre sig helt fra den årlige import af fossile brændsler for 350 mia. euro.
- Der bør investeres mere i energieffektiviseringer. Allerede i 2030 kan disse effektiviseringer sikre en total udfasning af fossil gas fra Rusland, og frem mod 2040 sikres store energibesparelser, der kan udfase al fossil gas i EU27.
- En hurtigere elektrificering af vejtransporten, industrien og varmesektoren er et must-win battle. Mindst 90 pct. af de særligt energitunge industrier elektrificeres, og derved undgås store energitab i forbrændingsteknologierne.
- Produktionen af e-fuels til sø- og luftfarten, der er baseret på grøn brint, skaleres hurtigere i regionale industriklynger for at sikre en dekarbonisering af de lange distancer i sø- og luftfarten. Takket være udviklingen i batteriteknologi kan de korte og mellemlange distancer i sø- og luftfarten elektrificeres frem mod 2040, hvilket er mere omkostningseffektivt.
- RGO's roadmap et ambitiøst scenarie, der kan realiseres, hvis den fornødne politiske vilje kan mobiliseres i EU. Dette roadmap viser også, at der bliver brug for meget mindre CO₂-fangst og mere skovrejsning end hidtil antaget. Dette roadmap ligger tæt op ad det såkaldte *Life-scenarie*, der i følge Kommissionens egen impact assessment-rapport er omkostningseffektiv og kan levere større CO₂-reduktioner end de andre scenarier som business as usual eller et teknologitungt scenarie, hvor CO₂-fangst fylder rigtig meget.

Indledning

Kampen om EU's klimamål for 2040 er ved at gå ind i sin afgørende fase. Europa-Kommissionen skulle allerede have fremlagt sit forslag til reduktionsmålet her

i første kvartal af 2025, men udspillet forventes offentliggjort her i juni. Den danske regering har på forhånd meldt ud, at man gerne ser et fælles EU-mål om at reducere udledningen af drivhusgasser med 90 pct. Men der har været rapporter om, at EU's klimakommis-sær, Wopke Hoekstra, overvejer at bløde målet op, sætte

det lidt lavere end 90 pct. og gøre det mere fleksibelt, da han frygter et tilbageslag. Hvor EU's 2030 mål har fulgt en lineær reduktionssti, overvejer Kommissionen efter sigende også at give medlemslandene mulighed for at afvige herfra, at købe klimakreditter og at sætse mere på f.eks. senere optag i skovene eller en større andel af CO₂-fangst. Men hvor højt bør reduktionsmålet være, og hvordan skal det gribes an?

Rådet for Grøn Omstilling har i denne analyse lavet et samlet forslag til Europa-Kommissionen, der kan sikre, at EU27 mindst kan reducere sine udledninger med 95-96 procent i 2040. Det vil samtidig styrke EU-landenes energiokonomiske robusthed og sikkerhed, fordi EU hurtigere kan frigøre sig fra den årlige import af fossile brændsler for 350 mia. euro.

Hovedpunkter:

- Der bør være fokus på en langt hurtigere og mere fokuseret udbygning med sol- og vindenergi, batterier, varmelagre og geotermi, så man kan accelerere omstillingen væk fra fossile brændsler. Der fokuseres også mere på at fremme energieffektiviseringer.
- En hurtigere elektrificering af vejtransporten, industrien og varmesektoren er et must-win battle. Mindst 95 pct. af de særligt energitunge industrier - de såkaldte hard-to-abate industrier - elektrificeres i dette scenarie. Elektrificeringen kan spare energi, da man undgår de store energitab i forbrændingsteknologierne. Samtidig vil øget elektrificering dæmpe efterspørgslen efter den dyre grønne brint til industrierne.
- Produktionen med e-fuels til sø- og luftfarten, der er baseret på grøn brint, skaleres hurtigere i regionale industriklynger for at sikre hurtigere dekarbonisering af de lange distancer i sø- og luftfarten. Takket være udviklingen af batteriteknologi ventes korte og mellemlange distancer i sø- og luftfarten at blive elektrificeret frem mod 2040, hvilket er mere omkostningseffektivt.
- RGO's roadmap et ambitiøst scenarie, der kan realiseres, hvis den fornødne politiske vilje kan mobiliseres i EU. Dette roadmap viser også, at der bliver brug for meget mindre CO₂-fangst og mere skovrejsning end hidtil antaget. Dette roadmap ligger tæt op ad det såkaldte *Life-scenarie*, der i følge Kommissionens egen impact assessment-rapport er omkostningseffektiv og kan levere større CO₂-reduktioner end de andre scenarier som business as usual

eller et teknologitungt scenarie, hvor CO₂-fangst fylder rigtig meget.

En bunden opgave

Uden en dybtgående transformation af energisektoren og vores måde at forbruge og producere energi vil EU aldrig nå sit mål om at blive klimaneutralt i 2050. I dag står produktion og forbrug af fossil energi bag hele tre fjerdedel af EU-landenes samlede udledninger af drivhusgasser.ⁱ Og 11 pct. af EU-landenes udledning af metangasser stammer fra energisektoren – bl.a. læk fra fossil udvinding, biogas-anlæg og læk fra gasledninger.

Cirka 70 pct. af EU-landenes totale energiforbrug er stadig fossilt, og der brændes stadig masser af fossil energi af i transporten, i industrien, i bygninger og byggeri, i landbruget og via vores store forbrug af varer, som er fremstillet med fossil energi, og som har store mængder CO₂e indlejret. Uden stærkere økonomiske incitamenter til at reducere det fossile energiforbrug og omlægge til rene grønne alternativer, vil det ikke være muligt for EU at nå klimamålet. I dag gives [over 100 mia. euro i fossile subsidier](#), der er med til at forvride markedet. Og i medlemslandene er elektricitet stadig hårdere beskattet end gas, hvorfor gaspriserne typisk er 2-3 gange lavere end elpriserne i medlemslandene. Det forsinker elektrificeringen af samfundet, der ellers er helt afgørende for nå klimamålene.

Det europæiske klimaråd anbefaler, at EU-landene som minimum reducerer drivhusgasserne med 90-95 pct. i 2040. Det kræver iflg. dem en "større transformation af energisektoren, inklusive energibesparelser, en massiv opskalering af vedvarende energi, øget elektrificering, udfasning af fossile brændsler og etablering af velfungerende CO₂-værdikæder."ⁱⁱ

Transformationen skal omfatte alle dele af samfundet. Et velfungerende indre energimarked i EU kan være med til at sikre en hurtigere skalering af de nye grønne energiteknologier, fremme investeringer fra pensionskasser, kapitalfonde og store virksomheder. Og der skal være en øget udveksling af energi på tværs af landegrænser, regioner og kommunegrænser, så overskydende sol- og vindenergi kan flyttes hurtigere rundt til, der hvor efterspørgslen er. Det vil også skabe øget forsyningssikkerhed.

Vi bevæger os ind i et Europa, hvor vi vil se en mangedobling af den rene vedvarende energi i de næste femten år. Alene i 2024 blev der opstillet [78 GW](#) ny sol- og vindenergi i EU-landene. I dag er priserne på sol- og vindenergi – målt på livslange omkostninger – billigere end den fossile energi, og mange steder i Europa er solceller kombineret med batterilagring allerede billigere end selv gasfyrede kraftværker. Da priserne på sol, vind og batterier falder hurtigt i takt med, at de skaleres på det globale marked – alene i Kina blev der i 2024 opstillet [277 GW](#) nye solceller – så får alle andre energikilder sværere og sværere ved at klare sig.

Atomkraften, der er væsentlig dyrere end både den vedvarende og den fossile energi, og globalt er den samlede kapacitet af atomkraft ikke vokset i de sidste tyve år, hvorfor meget foreløbig taler for at atomkraften får en vigende betydning – også på det europæiske marked. Nogle EU-lande har besluttet at bygge nye atomkraftværker, men i Europa tager det typisk [cirka 15 år](#) at bygge nye kernekraftværker.

Uanset hvilke energikilder, EU-landene vælger at satse på, er det afgørende at få udbygget det europæiske elnet, så man hurtigere kan flytte grøn strøm over grænserne i EU's indre energimarked, udligne forskelle mellem sol og vind fra region til region, balancere nettet og skabe ekstra forsyningssikkerhed for hinanden. Senest har man set, at manglen på interkonnektorer mellem Spanien og Frankrig var med til at gøre energiforsyningen på den iberiske halvø mere sårbar. Hvad, der var årsagen til det store blackout i elnettet på den iberiske halvø den 28. april, er endnu ikke afklaret, men der er bred enighed om, at det kan stabilisere nettet, hvis der investeres mere i energilagring, smart fleksibilitetsstyring, omformere og flere og stærkere transmissionsledninger til nabolandene.

Når energiproduktionen bliver mere decentraliseret og svinger mere, fordi der kommer en større andel af sol- og vindenergi i nettet, skal nettet også designes på en anden måde end dengang, hvor det primært var store centrale kraftværker, der leverede stabil baseload. Det kræver også nye fleksible prismekanismer, hvor man præmierer borgere og virksomheder for at flytte elforbruget ud af spidsbelastningstimerne.

Et robust, bæredygtigt og fremtidssikret energisystem i Europa skal også være i stand til

at håndtere de mange nye risici, som udløses af klimaforandringerne og ændrede vejrlig. I den sydlige del af EU er der risiko for langvarige tørkeperioder, og de kan også ramme energiproduktionen. Højere temperaturer om sommeren vil også få flere til at bruge aircondition, mens vi i den nordlige del af EU givet vil se et mere afdæmpet varmeforbrug i de mildere vintre.

Klimaforandringerne og de vildere vejrlig kan ramme den kritiske digitale infrastruktur eller føre til strømafbrydelser, og det bør imødegås ved at investere i ekstra kapacitet via backupsystemer, nødstrømsanlæg og energilagring i batterier, vandkraft, termiske varmelagre mv.

Store dele af det gamle fossile energisystem med kraftværker, varmesystemer og industrielle processer står dog til at pensioneres i de kommende år. Ved at investere i nye moderne og energieffektive løsninger, vedvarende energianlæg og elektrificering af industrien kan man spare på energien og accelerere dekarboniseringen. Men hvordan skal det gøres? Og hvad er det mest optimale og omkostningseffektive roadmap? Hvordan sikres en hurtig reduktion i drivhusgasserne, så EU kan holde sig indenfor 1,5 graders målet i FN's Paris-aftale eller et godt stykke under 2 grader? Det kræver større og hurtigere reduktioner end 90 pct. i 2040.

Flere mulige scenarier

Grundlæggende er det meget svært at forudsige fremtiden præcist. Klimaforandringerne har mange dynamiske feedbackloops, og overskrides de kritiske tipping points kan det føre til pludselige og meget store ændringer, som nok så gode modeller ikke kan tage højde for. Lige så kan krige, geopolitiske spændinger, økonomiske kriser eller finansielle krak føre til voldsomme ændringer i energipriserne, i virksomhedernes og forbrugernes adfærd og de politisk-økonomiske beslutninger. Scenarier kan dog være nyttige til at gøre sig forestillinger om, hvordan fremtiden kan se ud, og hvilke kritiske valg der bør træffes undervejs.

Europa-Kommissionen har lavet en større analyse af, hvordan EU kan holde sine klimamål og nå ned i netto nul i 2050.ⁱⁱⁱ Denne såkaldte *impact assessment* rummer fire scenarier, der alle lægger op til betydelige ændringer i energisystemet med en kraftig udbygning med

vedvarende energi, mere elektrificering, energieffektiviseringer, bygningsrenoveringer og skrappe CO₂-krav, men der er forskel på, hvor meget ny teknologi – herunder til CO₂-fangst og e-fuels, der tages i brug. Men alle scenarier antager, at der stadig vil være en vis mængde fossile brændsler i det europæiske energimix også efter 2040, hvilket gør, at de også bliver mere afhængige af CO₂-fangst for at nå i mål.

Scenarie 1 er business as usual med en lineær fremskrivning af den eksisterende politik, der vil føre til, at 78 pct. af CO₂e-udledningerne er fjernet i 2040. *Scenarie 2* – man kunne kalde det for "nye teknologier" – lægger op til mere CO₂-fangst (288 megatons/år), en større andel af e-fuels og flere nye teknologier i landbruget, hvilket nedbringer udledningerne med 88 pct. Og *scenarie 3* kan nå helt op på 92 pct., fordi der i 2040 antages at være en fuldt udviklet CO₂-fangstindustri med fangst på punktkilder af 344 megatons/år og en veludviklet infrastruktur til transport og lagring af CO₂.

Scenarie 3 er et teknologioptimistisk scenarie, der lægger op til en langt mere CO₂-fangst og en større satsning på nye teknologier.

Både i scenarie 2 og 3 er der masser af CO₂-fangst på biomasse og også Direct Air Capture – herunder til at fange karbon til fremstilling af e-fuels. De tre scenarier antager, at investeringerne i energisystemet er på samme niveau for hele perioden fra 2031-2050, men de mere ambitiøse scenarier investerer mere i ny teknologi og grøn omstilling i starten af perioden. Eksklusive investeringer i transportsektoren skal EU-landene investere mellem 2,9 og 3,7 pct. af BNP i at forny energisystemet. Det er det dobbelte af, hvad EU-landene brugte fra 2011-2020, men i dette årti var investeringsindsatsen også på et historisk lavt niveau. Se *tabel 1*.

Tabel 1: Behov for årlige investeringer i energisystemet, mia. euro, 2023

	S1			S2			S3			ΔLIFE		
	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050	2031-2040	2041-2050	2031-2050
Udbud:												
Elnet	79	88	84	88	81	85	96	75	85	-15	-2	-9
Kraftværker	97	187	142	128	157	142	151	133	142	-28	-6	-17
Andre	59	102	81	72	90	81	94	73	83	-16	-6	-11
Efterspørgsel (ex. transport)	332	377	354	355	357	356	372	338	355	-23	1	-11
Industri	38	31	35	46	24	35	48	22	35	-7	-3	-5
Boliger	225	250	237	237	242	239	248	230	239	-12	4	-4
Service	49	78	63	53	73	63	57	67	62	-4	1	-2
Landbrug	19	19	19	19	19	19	20	18	19	0	0	0
Transport	866	875	870	861	885	873	856	882	869	-80	-85	-82
Total	1433	1629	1531	1505	1570	1537	1570	1501	1535	-162	-97	-129
Total (ex. transport)	567	754	661	644	685	664	713	619	666	-82	-12	-47
BNP i faste priser	19444	22369	20906	19444	22369	20906	19444	22369	20906	19444	22369	20906

Kilde: PRIMES, Europa-Kommissionen 2024

I virkeligheden er investeringsbehovet langt større, da det er meget dyrt at fremstille e-fuels til transportsektoren. Og transporten bør rettelig regnes med, hvis vi ønsker at dekarbonisere vores energiforbrug. Det bringer de årlige investeringer til grøn omstilling energisystemet op på 7,4-8 pct. af BNP i løbet af 2030'erne, og scenarie 3 er det dyreste.

I alle scenarier regner man med, at det eksisterende kapitalapparat i energisystemet (såsom fossile kraftværker, varme- og afkølingssystemer og industrielle anlæg) gradvist udskiftes med grønne, karbonfrie og elektricitetsbaserede teknologier. I de første år kan det kræve ekstra kapitalinvesteringer, men driftsøkonomien er langt bedre, fordi et elbaseret energisystem drevet af grøn strøm er billigere i drift og ikke har så stort spild som det fossile system.

Det er også kritisk, at der opbygges nye industrier og værdikæder, der kan lave rent stål og aluminium, forædle råvarer og skaffe tilstrækkelige mængder af kritiske metaller til elnettet, batterier, elbiler, solcelleanlæg og vindturbiner. Omstillingen af energisystem er en fysisk krævende opgave, der kræver tæt samarbejde mellem regeringer, industri og nøgleaktører. Samtidig er der brug for masser af forskning og innovation til at udvikle nye ressourceeffektive og klimavenlige materialer og teknologier.

De samlede omkostninger til energisystemet vurderes til mellem 12,4 og 12,9 pct. af BNP i 2030'erne, men i 2040'erne vil systemomkostningerne være lidt lavere, fordi man høster gevinsten af energibesparelser og et fald i importerede fossile brændsler. Se tabel 2.

Life er et bedre og billigere alternativ

Der eksisterer også et fjerde alternativ, som Kommissionen kalder for *LIFE-scenariet*, og det er billigere end de tre andre scenarier. Og regnestykket ser endda bedre ud, hvis man også medtager omkostningerne til at omstille transportsektoren.

I LIFE er der generelt flere grønne adfærdsskift i samfundet, mere cirkulær økonomi og større besparelser i energi og ressourceforbruget, ændret mobilitet, mindre kødforbrug og en mere bæredygtig livsstil. I LIFE er der mere deleøkonomi, og forbrugerne bruger produkterne længere tid, de reparerer mere, og de er bedre til at begrænse deres opvarmning og afkøling af husene.

LIFE leverer større CO₂-reduktioner end scenarie 3, selv om den industrielle CO₂-fangst i dette scenarie ikke er så stor. I LIFE er der meget mindre fossil energi og mindre luftforurening end i de øvrige scenarier, så færre dør af luftforurening. Det giver færre tabte leve- og arbejdsår og lavere sundhedsmkostninger.

Men Kommissionen regner stadig med, at der i LIFE er brug for cirka 150 mio. tons fossil energi i 2040, hvor af halvdelen af går til fremstilling af plastik og kemikalier eller til andre behov, herunder transport over lange afstande, der er svære at dekarbonisere.

Det årlige investeringsbehov i LIFE er kun 7,2 pct. af BNP – hvor det er 8 pct. i scenarie 3. El er også billigere i LIFE-scenariet, brændselsomkostningerne er lavere og både virksomheder og almindelige husholdninger kan spare flere penge i LIFE.

Tabel 2: Gns. årlige økonomiske omkostninger i energisystemet, mia. euro

	2011-2020	2021-2030	2031-2040			2041-2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3
Totale omkostninger energisystem								
Mia. euro	1766	2130	2419	2472	2508	2508	2527	2530
% af BNP	11.9%	12.5%	12.4%	12.7%	12.9%	11.2%	11.3%	11.3%
Fossil import								
Mia. euro	336	427	293	277	265	150	142	133
% af BNP	2.3%	2.5%	1.51%	1.42%	1.36%	0.67%	0.63%	0.59%

Kilde: PRIMES, Europa-Kommissionen 2024

De samlede energiomkostninger i LIFE er lavere end i det teknologioptimistiske scenarie 3, men alligevel konkluderer Kommissionen, at scenarie 3 er "det mest effektive til at sikre klimaneutralitet og giver de største nettogevinster i forhold til klimaforandringerne og luftforurening, når der sammenlignes med de øvrige omkostninger" til at afbøde klimaforandringerne. Men det ser ud til, at LIFE-scenariet er det mest bæredygtige, reneste og mest omkostningseffektive af de opstillede scenarier.

EU-landene kan med fordel gå længere ad denne vej og fremme adfærdsændringer, der sparer yderligere på forbruget af ressourcer og energi. Det er et politisk og økonomisk valg. Det vil dog kræve klare incitamenter at sikre, at disse adfærdsændringer rent faktisk slår igennem i hverdagen. Der er en vis risiko forbundet med det.

Omvendt rummer en teknologioptimistisk vej også en del risici: Den kan føre til endnu større omkostninger for CO₂-fangst, grøn brintproduktion og e-fuels. Disse teknologier har indtil nu vist sig svære at skalere, omkostningerne er fortsat høje, og alle vil udløse et markant større energiforbrug.

Et grønnere roadmap for EU's energi

Den store afhængighed af fossile brændsler fra udlandet gør EU-landene sårbare overfor geopolitisk afpresning udefra, og det kan sætte chokbølger gennem økonomien, når priserne stiger hurtigt. Under energikrisen i 2022 steg den samlede energiregning for importerede fossile brændstoffer op på 604 mia. euro, men siden er det lykkedes at nedbringe den regning til omkring 350 mia. euro.^{iv}

Afhængigheden er en akilleshæl under økonomien, og i 2024 leverede Rusland 19 pct. af den fossile gas, som EU-landene importerede. Den gode nyhed er dog, at man gennem en målrettet indsats for [energieffektiviseringer](#) frem mod 2030 - som bl.a. fastlagt i EU's reviderede bygningsdirektiv - helt kan spare den gas væk, der i dag importeres fra Rusland. Men der er brug for en langsigtet og samlet klima- og energiplan frem mod 2040, som kan gøre EU-landene helt uafhængige af den fossile energi, der skader klimaet.

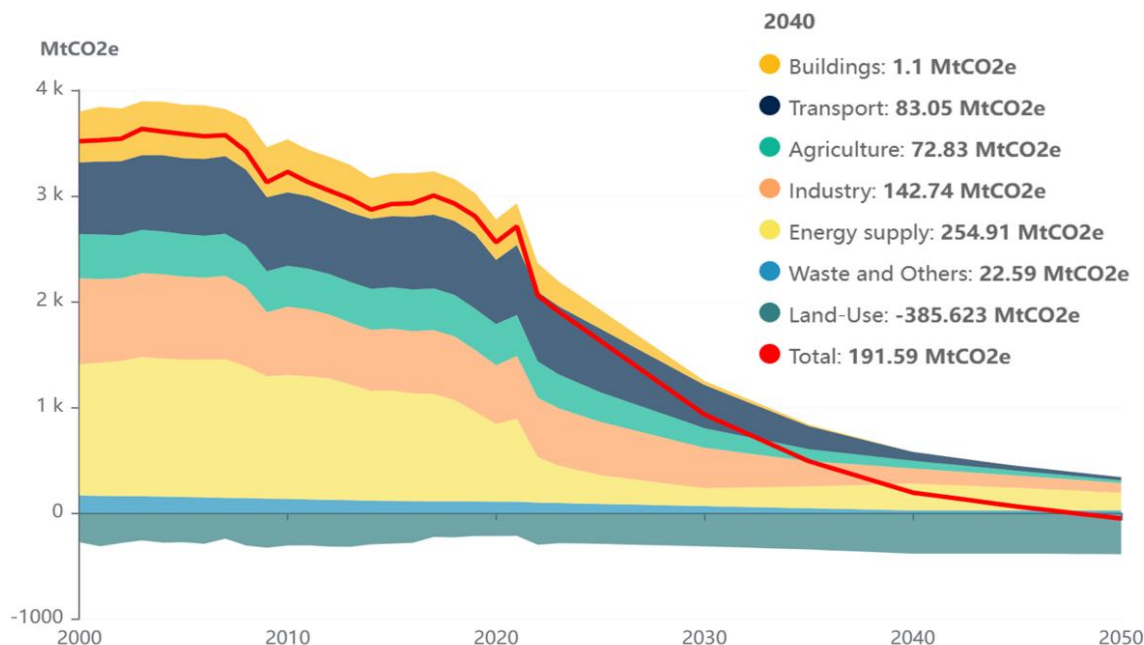
På baggrund af Kommissionens scenarie-analyse har Rådet for Grøn Omstilling derfor lavet et revideret klimascenarie for EU27 frem mod 2040. Det er et LIFE+ scenarie, som vi kalder *Greenenergy*, og det lægger op til en langt hurtigere og grønne omstilling af energisystemet, så vi i EU tidligere kan frigøre os fra den store import af fossile brændsler, der i 2024 var 350 mia. euro.

Udregningerne til Greenenergy scenariet er foretaget på Climact's Pathway Explorer model, der er en dynamisk model, der dækker alle energisektorer og drivhusgasudledninger. De viser, at det er muligt at sænke EU-landenes CO₂e-udledninger med cirka 96 pct. i 2040 og forvandle EU til et nettonulsamfund få år senere.

Scenariet indeholder en række forskellige antagelser, som ligger i forlængelse af RGO's samlede klima- og energiplan for Danmark - [Ren energi indenfor planetære grænser i 2040](#) - der har vist, hvordan Danmark kan blive et klimapositivt og fossilfrit samfund allerede i 2040.

Det europæiske scenarie, Greenenergy, er dog mere ambitiøst i forhold til bl.a. udrulningen af solenergi og omstillingen til en mere cirkulær økonomi. Desuden bygger det på en antagelse om, at batterirevolutionen frem mod 2040 kan muliggøre en større grad af elektrificering i den internationale transport på de korte og mellemlange distancer.

Det er både økonomisk og teknologisk muligt at gennemføre en accelereret omstilling. I 1990 udledte EU-landene 4649 mio. tons CO₂e, men gennem adfærdsændringer, energibesparelser, politiske reguleringer og teknologiske løsninger er det muligt at bringe de samlede udledninger ned på omkring 191 mio. tons i 2040. Se *figur 1 på næste side*

Figur 1: EU27-udledning mio. ton CO₂e

Kilde: RGO, beregninger foretaget på Climact's Pathway Explorer model, 2025.

Fastholdes reduktionsstien vil EU-landene nå nettonul i 2045, og i 2050 vil EU-landene få negative emissioner på over 54 mio. tons, som gradvist vil være stigende i takt med, at de øgede skovarealer suger mere CO₂ ud af atmosfæren. Den endelige energiforbrug kan i 2040 nedbringes med næsten 40 pct. ift. niveauet i 2023 – fra 12.090 TWh til 7300 TWh, men det forudsætter:

- At man tænker tilstrækkelighed – *sufficiency* – og energieffektiviseringer ind fra starten af. Adfærdssændringer hos borgere og virksomheder kan sammen med nye teknologier og effektiviseringer sikre energibesparelser, herunder i transporten, i boligsektoren og via en modernisering af industrien.
- At man fremskynder elektrificeringen i transporten, industrien og varmeforsyningen, så man kan trænge de ineffektive fossile brændsler ud og bane vej for generation 2.0 af energieffektiviseringer.
- At man laver en accelereret udfasning af de fossile brændsler i alle sektorer, så de presses helt ude af EU27-landenes energiforbrug i 2040 og erstattes af renere alternativer.
- At der laves en massiv opskalering med sol- og vindenergi, batterilagring, varmepumper, geotermi og vandkraft. Og at alle bureaukratiske snubletråde fjernes, så der kan sættes fart på opstillingen af grønne energiteknologier. Afbrænding af fast træbiomasse udfases, da det har et stort negativt fodaftryk ift. klimaet.
- Enkelte EU-lande vælger at holde fast i atomkraft, men så længe atomkraft på livslange omkostninger er markant dyrere end sol, vind og batterier, forudses de ikke at fylde en større del i fremtidens europæiske energiforsyning.
- At man gør det attraktivt at producere e-fuels til den del af den internationale skibs- og luftfart, der er svær at elektrificere, og som ellers ikke kan dekarboniseres. Grøn brint bør ikke bruges i vejtransporten eller i varmesektoren, da det er både dyrt og meget energikrævende at producere og transportere.
- At EU styrker indsatsen for cirkulær økonomi, så man kan nedbringe ressourceforbruget og recirkulerer langt flere materialer i værdikæden.

Turbo på elektrificeringen

Frem mod 2040 antages elpriserne at være stabile. Det er en meget konservativ antagelse, da de dynamiske effekter ved en hurtigere indfasning af vedvarende energi kan udløse et fald i elprisen. Kommissionen vurderer i deres *impact assessment*, at "når de fossile brændsler er udfaset fra elforsyningen i løbet af de næste to årtier, og de nødvendige investeringer i elnettet, energilagring og batterier er gennemført, så kan elpriserne måske begynde at falde markant i EU."^v

Uanset hvordan priserne udvikler sig i markedet, er det afgørende, at politikerne undlader at beskytte de gamle monopolselskaber og de fossile brændsler imod de nye disruptive grønne teknologier.

I transformationen væk fra fossile brændsler kan lavere elafgifter gøre det mere attraktivt for virksomheder og husholdninger at investere i elektriske alternativer, i varmepumper og i sol- og vindenergi. I lande, hvor elafgiften er relativt høj, får fossile brændsler kunstige konkurrencefordele, hvilket bør undgås.

I dag er 75 pct. af de europæiske husstande stadig afhængige af fossile brændsler, herunder fra gas- og oliefyrr og kraftværker med fossil energi, men i 2040 vil varmeforsyningen være 100 pct. elektrificeret, og der brændes ikke længere gas eller fast træbiomasse af for at fremstille varme og el. Gaskomfurer udfases også, og de vil være helt udfaset i de europæiske husholdninger senest i 2038.

Mindst 75 pct. af europæernes behov for varme og varmt vand vil det tidspunkt være dækket af flere individuelle og store industrielle varmepumper, der er langt mere energieffektive end fossile brændsler, hvor de i dag dækker under en tiendedel af behovet. Da de er mere energieffektive og drives af ren grøn strøm, ventes prisen på varme at falde frem mod 2040.

Grøn brint er for dyr i varmeforsyningen, og vil primært blive brugt som feedstock i industrien til at fremstille bl.a. kemikalier, e-ammoniak, grønt stål og til at lave e-fuels til luft- og skibsfart på de lange distancer. Grøn brint har et stort areal- og ressourcemæssigt aftryk, da det kræver store mængder af ultrarent vand, og den er meget energikrævende at fremstille, og det kan føre til en overplantning med vindmøller og solceller. Derfor skal den bruges med omhu til de rette formål, hvor der ikke findes renere og billigere

alternativer. Det er derfor antaget i scenariet, at prisen på grøn brint og e-fuels frem mod 2040 falder med cirka 20 pct. Der kan muligvis komme endnu større prisfald, men da markedet stadig er meget umodent, befinder sig i en tidlig udviklingsfase og er afhængig af statsstøtte, er der anlagt en forsigtig vurdering.

De modulære og granulære teknologier, som solceller, vindturbiner og batterier, der oplever store prisfald og har bevist, at de kan skaleres hurtigt, ser ud til at løbe med broderparten af energimarkedet. Greenenergy-scenariet lægger op til en hurtigere og større opskalering, end Europa-Kommissionen regner med i sin RePowerEU-plan.

Den årlige produktion af solenergi i EU ventes at overskride 2000 gigawatt i 2040 – eller 22 gange mere end i dag. Det lyder af meget, men i den globale frontløberation, Kina, kan de meget vel have over 2800 terawatt solenergi allerede i 2030. Med de voldsomme prisfald og den hurtige skalering af solenergi, kan Europa godt nå op på [902 gigawatt i 2030](#), vurderer brancheorganisationen Solar Power Europe. Det er ved at blive økonomisk attraktivt for borgere at installere egne solcelleanlæg og koble dem sammen med et batteri.

Vindenergien skal opskaleres langt mere og hurtigere end de er tilfældet i dag. I Greenenergy scenariet er der otte gange mere landvind (1100 GW) i 2040 og offshore vind vil den tid levere 300 GW – 10 år tidligere end Europa-Kommissionen satser på.^{vi}

De store gamle energiselskaber, der mange steder stadig opererer som monopolvirksomheder, og som forsøger at beskytte deres kernemarked, bliver fra EU's side presset til at åbne op for flere energifællesskaber.

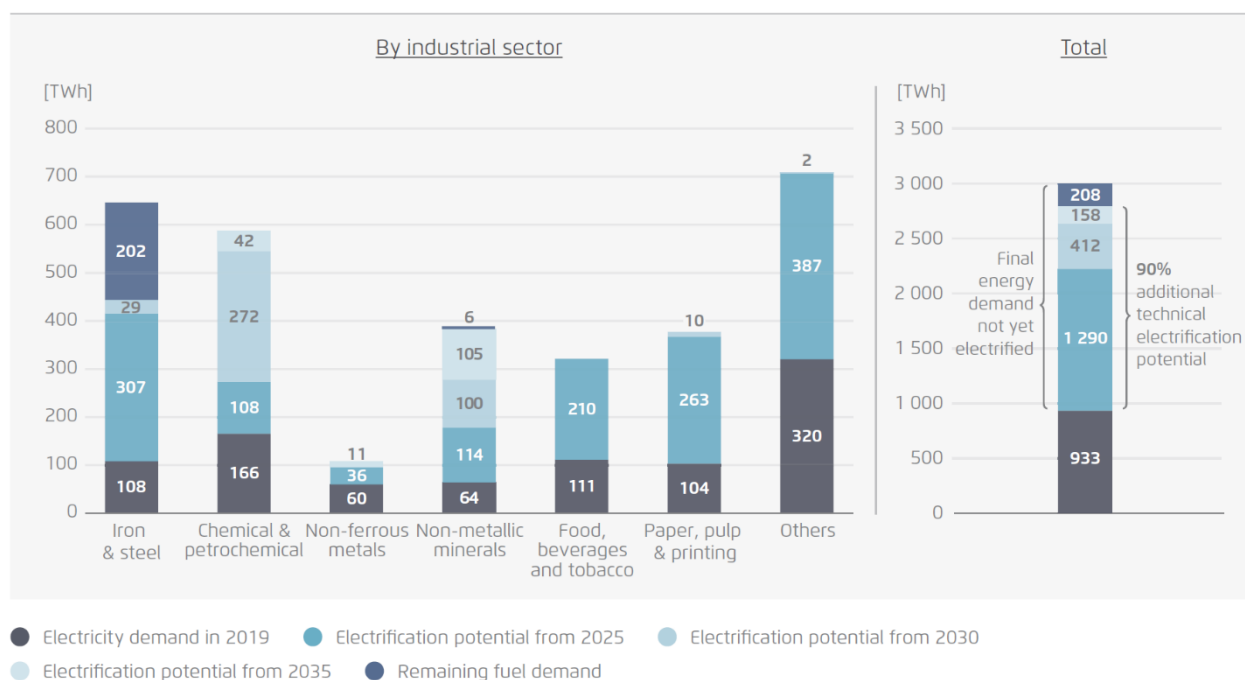
EU har i sin solstrategi opstillet et krav om, at der i 2025 mindst skal etableres et energifællesskab i alle kommuner, der har mindst 10.000 indbyggere. Dette gælder også Danmark. Det skal være nemt for virksomheder, individuelle husstande og boligforeninger at opbygge deres egne decentrale "energier" med sol, batterier og varmepumper, så de kan blive stort set selvforsynende med el – og kun i begrænset omfang er afhængige af opbakning fra resten af elnettet.

Der er brug for mere acceleration – både fra neden og fra oven. Det er vigtigt, at tarifferne og incitamentsstrukturen ikke diskriminerer imod

de aktører, der vil rykke hurtigere med den grønne omstilling og ikke vente adskillige år på, at transmissions- og distributionsnet udbygges.

Laver flere egen grøn energiproduktion bag måleren, kan det spare samfundet for ekstraudgifter til udbygning af elnettet. Folk skal kun betale en fair andel til det fælles elnet, og brugen af det kan optimeres meget bedre med fleksible priser, så mere forbrug flyttes væk fra spidsbelastningstidspunkter. Samtidig kan der

Figur 2: Teknisk potentiale for direkte elektrificering i EU, TWh



Fraunhofer ISI (2024)

etableres nye incitamentsstrukturer, så det bliver mere attraktivt for kommuner og lokalsamfund at byde velkommen til nye store solcelleanlæg og vindturbiner i nabolaget.

Industrien kan gøres mere cirkulær

Med en offensiv satsning på en grøn industripolitik i EU og investeringer i nye teknologier lykkes det at transformere selv tunge industrier. Op imod 90 pct. af den europæiske industri elektrificeres, hvilket ligger i forlængelse af analyser fra det tyske Fraunhofer institut og Agora tænketanken. Se figur 2.

I industrien kan størsteparten af produktionen af aluminium, stål og keramik elektrificeres – og i stålindustrien vil virksomheder også reducere kulstofforbruget via elektrificering. Det antages dog, at der vil være CO₂-fangst på op imod 80 pct. af cementproduktionen, da det stadig er usikkert, om det er muligt at fjerne alle procesudledninger i fremstillingen af cement. Det er endnu ikke lagt til grund, at cementproduktion kan elektrificeres, selv om man i USA afprøver en mere elbaseret fremstillingsproces. Se case næste side.

Case: Amerikansk start-up kan producere cement næsten uden CO₂-udledninger

Cementproduktion står for ca. 8 % af de globale CO₂-udledninger. Heraf kommer ca. 50 % fra brugen af fossile brændsler i produktionen og 50 % fra CO₂-indholdet i råstoffet, kalk. Ålborg Portland står alene for ca. 5 % af Danmarks samlede drivhusgas udledninger.

De fleste analyser tror fortsat, at det vil blive dyrt reducere CO₂-udledningerne fra cementproduktion. Fossile brændsler kan erstattes af dyrere biogene brændsler, og/eller man kan fange og lagre CO₂ fra fabrikkernes røggasser i underjordiske lagre – såkaldt Carbon Capture and Storage (CCS). CCS kan potentielt fordoble investeringsomkostningerne og prisen på cement. Ålborg Portland vil gerne have CCS på dele af deres produktion.

Men en amerikansk start-up, [Sublime](#), har med et lille forsøgsanlæg vist, at cementproduktion næsten kan gøres CO₂-fri. Sublime anvender en helt ny produktionsmetode: Den traditionelle højtemperaturproces, som er drevet af fossile brændsler, erstattes af en elektrolytisk proces, drevet af grøn strøm. Elproduktion ventes de fleste steder at overgå til billig sol- og vindkraft, og derved fjerner Sublimes proces fossile brændsler og halvdelen af CO₂-udledningerne fra traditionel cementproduktion. Sublimes proces kan styres op og ned efter variationer i elprisen, og passer derfor godt til et el-system baseret på sol og vind.

Sublimes proces kan undgå CO₂-udledninger fra råmaterialer, idet man anvender andre råstoffer end kalk. Modsat kalk er forekomster af alternative råstoffer begrænsede, og udvindingen vil være dyrere. Hvis der bruges kalk, vil Sublimes proces udskille al CO₂ fra kalken ved 10 bars tryk og stuetemperatur, hvilket gør det billigt at gøre den klar til transport og lagring. Sublime venter, at deres proces på sigt vil blive væsentlig billigere end traditionel cementproduktion udstyret med CCS-anlæg. Men Sublimes teknologi er ikke færdigudviklet. Firmaet bygger p.t. et demonstrationsanlæg med forventet start i 2026 og en årlig kapacitet på [30.000 ton cement](#) – eller ca. 3 % af kapaciteten i normale, nye cementfabrikker med traditionel teknik. Holder Sublimes forventninger, kan de første fuldskalaanlæg opføres inden 2030.

Der er også danske aktører med i kapløbet om at elektrificere cementindustrien. Cementkoncernen, FLSmidth, er gået sammen med Teknologisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet – DTU, energilagingsfirmaet, Rondo Energy, samt cementproducenterne, franske VICAT, og colombianske, Cementos Argos, i det såkaldte EcoClayTM-projekt. Projektet, som løber fra 2022–2026 og er delvist finansieret af Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram, EUDP, har som ambition at reducere CO₂-udledningen fra cementproduktion med op til 50 procent. Helt konkret testes og udvikles i EcoClayTM-projektet muligheden for at erstatte kalk med ler i cementproduktionen – og at elektrificere kalcineringsprocessen af leret. Udskiftning af kalk med ler muliggør mindre kalcinerings af kalk, som udleder store mængder CO₂.

Elektrificeringen erstatter brugen af fossil energi, som kul og naturgas, og muliggør brug af el baseret på CO₂-fri sol og vind. Ved at udskifte kalk med ler og elektrificere processen, forventes således en reduktion på 35–50 % af CO₂-udledningen pr. tons cement.

Ressourceforbruget mindskes ved at gøre økonomien mere cirkulær og ved at re-designe produkter og processer, så flere materialer kan komme tilbage i kredsløb.

Genanvendelsesprocenterne for aluminium når op på 100 pct., stål, glas og papir på 90 pct., ikke-jernholdige materialer på 70 pct. og cement på 60 pct. Og i takt med stigende CO₂-priser vil det blive attraktivt for virksomhederne, at udskifte materialer med et stort klimaaftryk. I møbelindustrien vil 80 pct. af stål kunne erstattes med træ, i byggeriet vil op imod 40 pct. af cement kunne udskiftes med træ eller andre materialer, og i lastbiler og biler vil mellem 45-50 pct. af stålet kunne erstattes med aluminium, hvilket også gør køretøjerne lettere og sænker deres energiforbrug.

Skrappere EU-krav til bygningsmassens energiprformance vil føre til, at bygninger med de dårligste energimærker skal løftes op. I Greenenergy-scenariet skal energiklasse G udfases i 2027, energiklasse F udfases i 2030, og i 2033 skal energiklasse E mindst rykkes op i klasse D. Samtidig indføres fra 2025 klare renoveringskrav ved salg af boliger eller ved udlejning til nye lejere, så bygninger energirenoveres. Fra 2030 skal den årlige renoveringsrate øges til mindst 3 pct., og mindst 30 pct. af Europas bygninger tilsluttes fjernvarme, mens resten dækkes via varmepumper, der i stort omfang kan drives af solceller og batterier på matriklen. Eller via lokale energifællesskaber.

På grund af stigende temperaturer i dele af Europa bliver behovet for afkøling også større, og det antages, at antallet af airconditionanlæg vil stige med omkring 20 pct. Den samlede bygningsmasse udvides ikke, men huse og lejligheder renoveres og ombygges, så det er muligt for det samme befolkningsantal at klare sig med 10 pct. færre kvadratmeter pr. beboer.

Behov for adfærdssændringer

Flere og flere møder holdes online, men folks rejselyst er svær at holde nede. I transporten antages det, at flytrafikken stiger med cirka 25 pct. frem mod 2040.

Folk vil køre længere afstande i deres bil – cirka 24 pct. mere end i forhold til 2020. Alle nye solgte personbiler kører på el i 2035, og fra 2040 skal alle biler skal køre på el. 90 pct. af alle nye lastbiler kører på el fra 2035 frem mod en fuld dekarbonisering i 2040.

Fragttransporten øges med 15 pct., men med hjælp fra bl.a. kunstig intelligens pakkes lastbilerne bedre, ruterne optimeres, og der medbringes flere pakker pr. kilometer. I byerne vil der komme et gradvist modalskift, da flere bevæger sig til fods eller tager cyklen. Biltrafikken i byerne vil falde med 12 procentpoint, da flere europæiske byer indfører bilfrie zoner, men transporten med bus, metro og sporvogn stiger tilsvarende.

I luftfarten vil 90 pct. flyve på e-fuels eller SAF-biofuels i 2040, mens omkring 10 pct. vil flyve i elfly, dvs. primært på de kortere og regionale ruter. Elektrificeringen kan måske vinde yderligere frem i takt med, at nye generationer af batterier stiger i intensitet og falder hastigt i pris. Nogle eksperter vurderer, at rutefly på op til 1500-2000 km i fremtiden kan blive elektriske, men det er endnu for tidligt at lægge det ind i scenariet.

Også i skibsfarten er der mulighed for en betydelig elektrificering, og batteridrevne skibe vil i første række vinde indpas på de korte ruter. I Kina er der allerede et batteridrevet containerskib på 120 meter og 700 containere, der kan sejle over 1000 km, og flere skibe som disse ventes at vinde indpas også på længere ruter. Batterierne opbevares i containere, der let kan udskiftes fra havn til havn.

Alligevel regner scenariet med, at mindst 70 pct. af den nuværende skibstransport vil blive drevet af e-fuels i 2040. Der forventes derfor en stor efterspørgsel efter e-metanol og e-ammoniak, som vil stige i 2030'erne i takt med, at CO₂-afgifterne og kvotepriserne vil gøre det stadig mindre rentabelt at sejle på fossile brændsler. Over tid ventes e-ammoniak at dominere for skibe på de lange distancer, men på de europæisk-asiatiske ruter kan elektriske alternativer med hurtig udskiftning af battericontainere måske blive et seriøst alternativ.

IMO-aftalen om en dekarbonisering af skibsfarten lægger op til, at skibsfarten mindst har reduceret sine emissioner med 70 pct. i 2040, således man kan nå ned i netto-nuludledninger i 2050. Og i april 2025 aftalte man bindende krav, der sætter alle redere under pres for at finde nye og renere brændsler. Aftalen gør også, at prisgabet mellem fossile og e-fuel brændstoffer mindskes, hvilket gør det lettere at skalere de grønne alternativer.

Landbruget og fødevarerektoren, der står bag 26 pct. af EU-landenes endelige energiforbrug, kommer også under et stigende omstillingspres. Uden adfærdsændringer, et markant fald i kødproduktionen og udtagning af landbrugsjord til skovdrift er det nærmest umuligt for EU at nå sit mål om at blive klimaneutral. Med den nuværende politik er der risiko for, at landbruget i 2040 står bag halvdelen af EU-landenes udledninger. I Greenenergy scenariet lægger derfor op til, at landbrugets udledninger af drivhusgasser nedbringes med mindst 78 pct. i 2040. RGO har samtidig fremlagt [et forslag til et nyt kvotehandelssystem for landbruget](#), der skal gøre det økonomisk attraktivt for Europas landbrugere at tage et medansvar klimaet.

Det er dog umuligt at undgå visse emissioner bl.a. fra metangasser. Disse skal modsvares af øget skovrejsning, udtagning af lavbundslande, mere binding af kulstof i landbrugsjorden og andre klimatiltag. Kødfordbruget kan reduceres med 75 pct. frem mod 2040 i takt med, at laboratoriedyrket kød og plantebaserede fødevarer vinder frem. Se [tekstboks](#):

fordi forbruget af kunstgødning og pesticider nedbringes med 60 pct., og i 2040 drives alle landbrugsmaskiner og køretøjer af grøn strøm.

Et bæredygtigt fodaftryk

Greenenergy-scenariet vil frem mod 2030 føre til en fordobling i EU's samlede forbrug af mineraler (målt i tons) i forhold til niveauet i 2023, men i de følgende år vil efterspørgslen falde markant, da genanvendelse og genbrug vinder indpas i flere sektorer. Greenenergy-scenariet lægger til grund, at EU i de kommende år gør markante fremskridt i udviklingen til en mere cirkulær og ressourceeffektiv økonomi. Det kan nedbringe forbruget af en række andre materialer, såsom aluminium, stål, papir, glas, cement mv. De reduceres i scenariet med samlet set 60 pct frem mod 2040.

Udfasningen af kraftværker, der brænder fast træbiomasse af, vil mindske presset på skovene, og forslaget om en 75 pct. reduktion i kødfordbruget kan sikre, at større landarealer frigøres til naturgenopretning og biodiversitet. Det er et plus i forhold til de planetære grænser,

Case: Kultiveret mælk og kød

Dræning og dyrkning af kulstofrige lavbundslande medfører også betydelige CO₂-emissioner. Ifølge

Klimafremskrivning 2025 står landbrugsproduktion for ca. 35 pct. af drivhusgasudledningerne i Danmark i dag og ventes at udgøre næsten 51,5 pct. i 2040.

Omlægning til plantebaseret kost kan dog reducere fødevarernes drivhusgasudledninger meget betydeligt, og det forudsætter, at forbrugerne skifter madvaner.

De kan imidlertid forsynes med nye mælke- og kødprodukter uden brug af husdyr, og derfor har de et markant mindre arealbehov. De nye mælkeprodukter kan fremstilles ved præcisionsfermentering, hvor genmodificerede bakterier omdanner planteinput til præcise kopier af gammelkendte mælkeproteiner.

De nye kød-produkter fremstilles ved opformering af kopier af kød-celler, der fodres med planteinput i væksttanke. Processen er et relativt energikrævende, så det er vigtigt at produktionen forsynes med grøn strøm.

De nye produkter ventes at kunne fremstilles med et klimaftryk på kun 10 % af traditionelle animalske produkter.

Fødevarespildet vil i scenariet blive sænket med 75 pct. frem mod 2040. Alle dyrehold vil til den tid følge agroøkologiske principper, og udledningen af metangasser falder med 50 pct.

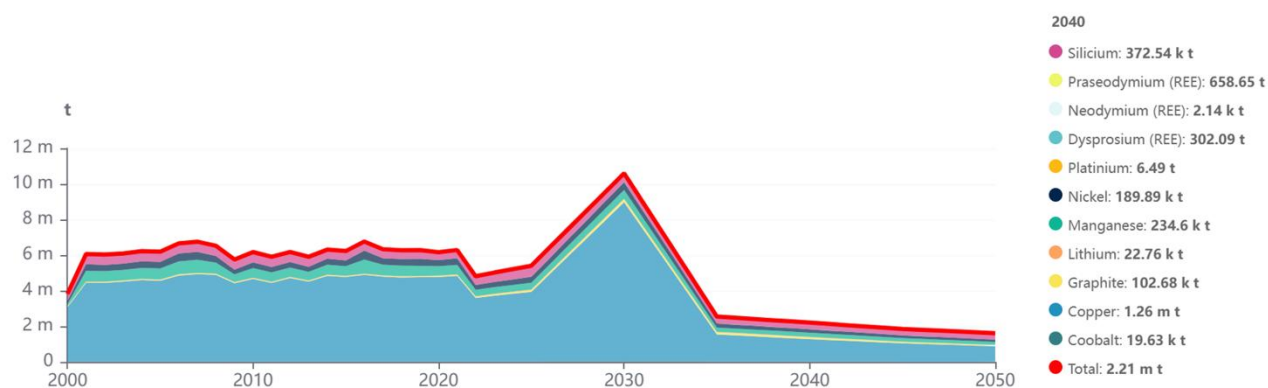
I takt med antallet af dyr falder, behøver man ikke længere at bruge så store dele af jorden til at dyrke dyrefoder, og større landbrugsarealer forvandles til skov, til vild natur og til dyrkning af energiafgrøder. Samtidig frigøres arealer til anlæg af langt mere sol- og vindenergi på land. Landbruget skærer ned på de fossile brændsler,

hvor naturen har været meget trængt på grund af det industrialiserede landbrug og udvidelse af de bebyggede arealer.

Selv om få procent af landbrugsjorden bruges til opstilling af solceller og vindmøller, kan de etableres i samkvem med nye biodiversitetstiltag. Samtidig vil den store reduktion af kunstgødning og pesticider bidrage til at forbedre tilstanden i EU's drikkevand og havmiljø. Det bidrager til at bringe EU indenfor et sikkert handlerum for de planetære grænser ift. nitrogen og fosfor.

De mange nye solceller, vindturbiner, batterier og elbiler vil i den første årrække føre til en kraftig stigning i efterspørgslen efter sjældne metaller og andre råstoffer, men i 2040 er EU's samlede forbrug af sjældne metaller reduceret til 2,2 mio. tons om året. Det er mere end en halvering i forhold til niveauet i 2020. Også her har det betydning, at flere og flere af de værdifulde mineraler recirkuleres. Se figur 3

Figur 3: Råstofbehov sænkes via cirkularitet

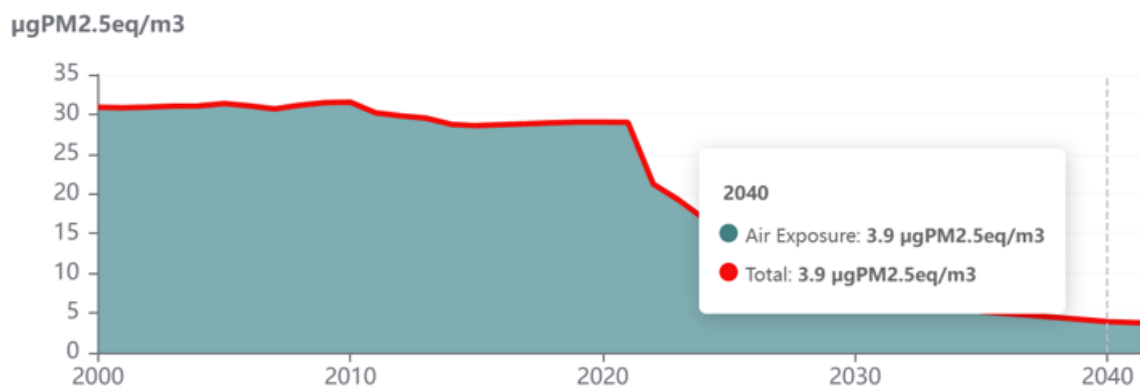


Kilde: RGO, beregninger foretaget på Climact's Pathway Explorer model, 2025.

I modsætning til fossile brændsler skal de sjældne metaller kun importeres en gang og ikke hvert eneste år som fossil energi, der brændes af. Bilfabrikanter som Volkswagen, BYD og TESLA er nu i stand til at recirkulere op imod 90-95 pct. af batterierne, og denne form for "moderne minedrift" ventes at brede sig til flere og flere sektorer i de kommende år.

Da EU-landene siger hurtigere farvel til forbrændingssamfundet og de fossile brændsler, vil luftforureningen falde med 87 pct., hvilket er vigtigt i forhold til den planetære grænse med for stor udledning af aerosoler til atmosfæren. Se figur 4.

Figur 4: Faldende luftforurening i EU



Greenenergy-scenariet er ikke et endeligt og definitivt bud på, hvordan EU skal gribe klimamomstillingen an i alle detaljer. Men scenariet illustrerer, hvordan kan EU-landene kan blive en global frontløber i kampen mod klimaforandringerne og blive den første store økonomiske magt, der forvandles til et nettonul-samfund.

Det vil også være et vigtigt bidrag i den globale indsats imod klimaforandringer og forsuring af verdenshavene. EU kan ikke alene løse udfordringerne i forhold de planetære grænser. Ved at følge et ambitiøst grønt transformations-scenarie vil EU stå stærkere i arbejdet med få andre kontinenter og stormagter til at tage klimaforandringerne og de planetære grænser alvorligt.

ⁱ EEA, *Greenhouse gas emissions by source sector: 2022*.

ⁱⁱ European Scientific Advisory Board on Climate Change, *Towards climate-neutral and resilient energy networks across Europe*, juni 2024.

ⁱⁱⁱ Europa-Kommissionen, *Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*, 6. februar 2024.

^{iv} Europa-Kommissionen, *Action Plan for Affordable Energy*, COM (2025), 79 final, 26.02.2025

^v Europa-Kommissionen, *Securing our future. Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*, 6. februar 2024.

^{vi} Europa-Kommissionen, *Delivering on the EU offshore renewable energy ambitions*, COM (2023) 668 final, 24. Oktober 2023.



**Rådet for
Grøn
Omstilling**

Dette notat er skrevet af direktør Bjarke Møller.

Forsidefoto af [Ante Samarzija](#) på [Unsplash](#)

Rådet for Grøn Omstilling har modtaget støtte af Europa-Nævnet til at oplyse om EU.

Indholdet af notatet er alene RGO's ansvar.