

Vindmøller og drivhuseffekt

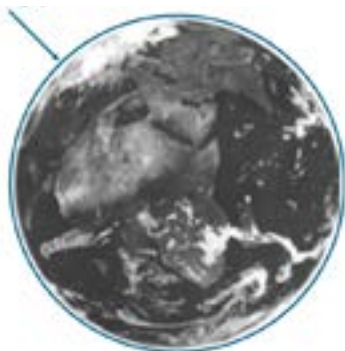
I jordens indre er der brændende varmt. Nogle få kilometer ude i rummet er der isnende koldt. Kun i en smal hinde rundt om jorden er temperaturen så tilpas, at planter, dyr og mennesker kan leve. Det skyldes den naturlige drivhusvirkning.

Sådan som atmosfæren på jorden er sammensat, lader den solens lysenergi slippe igennem til jorden, men bremser jordens udstråling af varme til verdensrummet. Ligesom et drivhus holder på den varme, som får tomater til at modnes.

Temperaturen ved jordoverfladen varierer året rundt fra sted til sted. I gennemsnit er den cirka 15° C. Uden atmosfæren med dens indhold af vanddamp, kuldioxid m.v. ville jordens middeltemperatur være minus 20° C. Jorden ville være en ubeboelig isklump. Hvis drivhuseffekten ikke fandtes, kunne levende væsener ikke trives på denne klode.

Men vi forstærker den naturlige drivhusvirkning, så jorden ganske langsomt bliver varmere.

Atmosfæren er en tynd, beskyttende hinde omkring jorden



Mere og mere kuldioxid

Vi brænder kul, olie og naturgas i et sådant tempo, at naturens kredsløb har svært ved at følge med.

Kul, olie og naturgas er dannet i jordens undergrund for millioner af år siden. Det er rester af planter og smådyr, som rummer store mængder af kulstof. Det udledes i atmosfæren som luftarten kuldioxid (CO₂), når kullet, olien eller gassen brændes af i elværker, fabrikker, biler osv.

Også når træ, halm og anden biomasse brændes, dannes der CO₂. Men mængden af CO₂ i atmosfæren øges ikke. Ved afbrændingen frigøres nemlig blot den mængde kuldioxid, som er optaget fra atmosfæren, da biomassen blev dannet og voksede. Hvis skove ryddes, uden at der plantes nye træer, bliver nettoresultatet dog en forøgelse af atmosfærens CO₂-indhold.

Mange målinger viser, at der kommer mere og mere CO₂ i atmosfæren. Siden industrialiseringen tog fart fra midten af 1800-tallet er indholdet af kuldioxid steget med 40 procent. Og udledningen af andre drivhusgasser, bl.a. metan, lattergas og de industrielt fremstillede CFC-gasser (klor, fluor og kulstof) er vokset.

Udledningen af drivhusgasser er især relateret til afbrænding af fossile brændstoffer og fra fældning af skov og intensivt industri og landbrug. I dag udledes der 15 gange mere CO₂ til atmosfæren end for 100 år siden.

Det Internationale Energiagentur har gentagne gange, og senest med rapporten World Energy Outlook 2014, anført at uden grundlæggende ændringer i klima- og energipolitikken vil fossile brændstoffer stadig udgøre den primære del af energiforsyningen i fremtiden. Det Internationale Energiagentur anbefaler en hurtig og markant indsats inden 2020 for at bremse en fortsat udledning af drivhusgasser

Drivhuseffektens virkning

Hvis vi ikke griber ind, påvirkes klimaet ganske uoverskueligt. Men hvor stærkt vil det ske?

Klimaændringerne vil vende op og ned på menneskers levevilkår overalt i verden. Vandstanden i oceanerne vil stige, og lavtliggende øer og kystområder oversvømmes. Det vil i første omgang især ramme fattige lande, som ikke har ressourcer til at omstille sig efter de ændrede klimaforhold.

Ifølge den store gruppe af klimaeksperter i FNs klimapanel IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, er den globale middeltemperatur steget med næsten én grad de sidste 200 år og temperaturen stiger hurtigere og hurtigere. FNs klimapanel advarer om, at hvis temperaturen stiger mere end 2 grader over niveauet, da industrialiseringen startede, så er der stor risiko for, at vi komme over et punkt, hvor udviklingen bliver selvforstærkende, så vi ikke kan stoppe den igen, et såkaldt "tipping-point".

Atmosfærens indhold af CO₂ er i dag det højeste i 3,5 millioner år. Ifølge FNs klimapanel steg havene i perioden 1961 til 2003 med 1,8 mm om året. Stigende vandstand i havene kombineret med mere ekstremt vejr har allerede betydet, at øgrupper og lavtliggende områder i Asien et oversvømmet permanent. I Danmark vil vi opleve mere regn på kortere tid, flere storme, og den stigende vandstand vil føre til flere oversvømmelser.

De globale udledninger af drivhusgasser steg hurtigere i tidsrummet fra 2000 til 2010 end i de tre forudgående årtier og med en fortsat stigning er der udsigt til voldsomme klimaændringer. FNs klimapanel har konkluderet, at målet om at holde den globale opvarmning indenfor 2 grader-målsætningen stadig kan nås, men at det kræver en hurtig og meget omfattende omlægning af teknologier og infrastruktur. Vedvarende energi

og energieffektiviseringer spiller en hovedrolle og FNs klimapanel har også påpeget, at minimum tre fjerdedel af kul- olie- og gasreserverne er nødsaget til at blive i jorden, hvis man der skal være en chance for at undgå de store klimaforandringer.

International indsats for CO₂-reduktion

Under verdenskonferencen om miljø og udvikling i Rio de Janeiro i 1992 underskrev langt de fleste regeringer en rammekonvention om klimaændringer. Konventionen pålægger de rige lande at stabilisere udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser inden år 2000. Men den siger intet om, hvor meget de enkelte lande skal gøre og med hvilke virkemidler.

På FNs klimakonference i Kyoto i december 1997 satte man det mål – frem til år 2008-2012 – at industrilandene samlet set skal reducere deres udledning af drivhusgasser med 5,2 % i forhold til 1990-niveauet. Kyoto-protokollen trådte i kraft den 16. februar 2005. EU har samlet forpligtet sig til 8 % reduktion af udledningen af drivhusgasserne i denne periode i forhold til 1990 og internt har EU lavet en fordelingsnøgle om landenes individuelle vilkår og muligheder. Danmark har som en af de største udledere per indbygger bundet sig til 21 % reduktion.

Senere har EU via sin klima- og energipakke fra december 2008 aftalt at forhøje sin drivhusgasreduktion til 20 % i 2020 i forhold til 1990. Derudover har EU besluttet at skulle have 20 % vedvarende energi og 20 % energibesparelser i 2020. De tilsvarende tal for Danmark er 20 % reduktion i 2020, 30 % vedvarende energi og 20 % energibesparelser.

EU-Kommissionen, støttet af flere EU-lande herunder Danmark, har peget på at EU kan hæve sit reduktionsmål i 2020 fra 20 til 30 % uden tilsvarende større økonomiske belastninger.

Ved FNs klimakonference i København i december 2009, også kaldet COP 15 lykkedes det ikke at bringe de internationale klimaforhandlinger afgørende videre efter Kyoto-aftalen. Dog blev der ved COP15 indgået en ny aftale under navnet "The Copenhagen Accord". I modsætning til Kyotoaftalen er "Københavneraftalen" ikke juridisk forpligtende og har ikke status af en egentlig FN-aftale. Alle lande har dog tilsluttet sig målet om maksimalt to graders temperaturstigning og mange lande har meddelt tilsagn om reduktioner i 2020. Opfølgningen på Kyoto-aftalen blev også drøftet ved efterfølgende klimatopmøder. Ved COP18 i Doha, Qatar i december 2012 blev der etableret en proces, der frem mod 2015 sigter på at konkretisere elementer i en ny og forpligtende aftale. Det er hensigten at den ny aftale skal forhandles ved COP21 i Paris i 2015 med henblik på ikrafttrædelse senest 2020.

Politiske forhandlinger

Særlig USA's og Kinas politik på klimaområdet er vigtig, da disse lande i dag er de største udledere af drivhusgasser. De internationale forhandlinger er også præget af en diskussion om, hvilken indsats de rige lande skal gøre for at bekæmpe drivhuseffekten i forhold til små og store udviklingslande. Plads til økonomisk vækst og øget energiforbrug i u-landene beror på, at de rige lande forpligter sig til at reducere CO₂-udledningen først.

Ifølge FNs klimapanel er der risiko for, at mere end to graders stigning i den

Eksempler på CO₂-udledninger

Tons pr. indbygger	
• USA	17,5
• Danmark	8,34
• Tanzania	0,15

Kilde: FN-forbundet, Globalis

globale middeltemperatur vil føre til ændringer i hele klodens økosystem og en række "tipping points", hvor udviklingen bliver selvforstærkende og vanskelig at stoppe. Hvis temperaturstigningerne skal holdes under to grader, kræver det, at koncentrationen af drivhusgasser topper ved 450 drivhusgasmolekyler ud af en million molekyler i atmosfæren. Før industrialiseringen var tallet 280, i dag er tallet mindst 390 og det er støt stigende. Det kræver igen, at den globale udledning af CO₂ topper omkring 2015 og skæres med 50-80 % i 2050.

For lande, der er i udvikling som f.eks. Kina, Indien og Brasilien, kræver det, at der sættes klare mål for hvor energieffektiv deres produktion skal være, og hvor meget mere CO₂ de må udlede. For de allerede industrialiserede og udviklede lande som USA, Japan og EU-landene, kræver det en reduktion på 25-40 % af deres udledning i 2020. Jo hurtigere reduktionerne sker, jo mindre vil kravene være for de fremtidige reduktioner. Det er nemlig koncentrationen af ophobede drivhusgasser i atmosfæren, der er afgørende for udviklingen i den globale opvarmning.

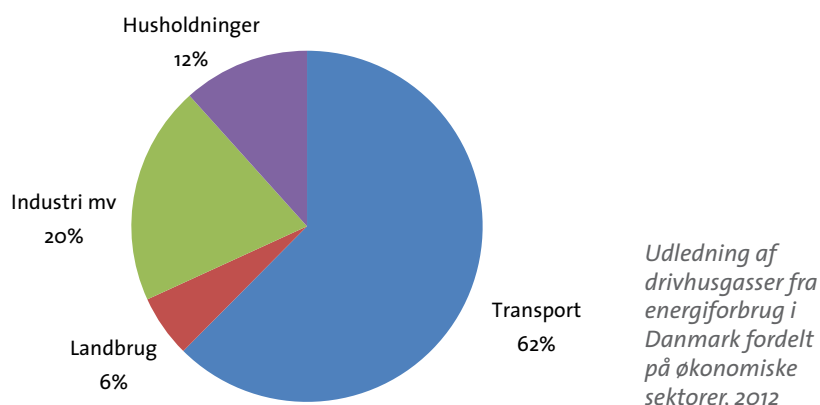
Mekanismer til CO₂-reduktion

Fælles gennemførelse (Joint Implementation)

Når CO₂-reduktion gennemføres i et andet I-land, kan CO₂-reduktionen godskrives i det land, som har foretaget investeringen. Eksemplet kunne være et dansk miljøvenligt kraftværk, f.eks. en vindmøllepark, opført i Ukraine.

Investeringer i CO₂-reduktion i u-landene (Clean Development Mechanism)

I-lande kan hente reduktioner gennem investeringer i miljøvenlige CO₂-reduktionsanlæg i u-landene.



Handel med kvoter

Hvis et land er god til at reducere CO₂ eller har billige reduktionsmuligheder, kan et "overskud" sælges til andre lande, som har sværere ved at nå målsætningen eller dyrere reduktioner. EU har, som indtil videre de første, etableret et kvotehandelsystem, men en række andre lande overvejer at indføre lignende handelssystemer.

CO₂-dræn

Initiativer, der reducerer eller opsuger CO₂, kan modregnes. Det kan være udvidelse af skovareal eller genplantning af skov, der er fældet før 1990.

Fastlæggelsen af brugen af disse mekanismer er vanskelig. Det skyldes modsatrettede interesser. Et land med behov for økonomisk vækst og bedre levevilkår ønsker ikke så høje reduktionskrav. Et rigt land, som gerne vil øge levestandarden yderligere, er måske villig til at betale en pris for andre landes kvoter eller lave "joint implementation" i andre lande, i stedet for egne hjemlige initiativer.

Status for reduktion af CO₂ i Danmark

I Danmark har CO₂ reduktion været en hovedoverskrift i energipolitikken siden begyndelsen af 90'erne. I Kyoto-protokollen har Danmark forpligtet sig til at reducere den nationale udledning af CO₂ med 21 % til 54,8 mio. tons om året i 2008-12.

Derudover har Danmark en forpligtelse til at efterleve EUs reduktionsmål i 2020, jf. EUs klima- og energipakke. Dette gælder både reduktioner i energisektoren og den energitunge industri, der reguleres af EUs kvotesystem og reduktioner i de øvrige ikke-kvoterregulerede sektorer, primært transport, landbrug og boliger.

I Folketinget blev der i februar 2014 indgået en bred politisk aftale om et nationalt klimamål for 2020 og herefter er det målet at Danmarks udledning af drivhusgasser i 2020 skal reduceres med 40 % i forhold til niveauet i 1990.

På EU-niveau blev medlemslandene i oktober 2014 enige om en ny klimapolitisk målsætning for EU på 40 % CO₂-reduktion i 2030.

Energistyrelsens basisfremskrivning af tallene for den danske drivhusgasudledning viste i efteråret 2014, at udledningerne i basisåret 1990 kan opgøres til 68,9 mio. ton CO₂ ækvivalenter. Den

forventede udledning i 2020 er anslået til 45,2 mio. ton CO₂ ækvivalenter. I forhold til 40% målsætningen mangler der således en reduktion på ca. 2 mio. tons, hvoraf hovedparten forventes at komme fra transportsektoren, landbruget, bygninger og affaldssektoren.

På længere sigt har den danske regering formuleret en vision om at Danmark i 2050 skal være uafhængig af fossile brændsler og Danmark har også tilsluttet sig EUs målsætning om en reduktion frem til 2050 på mellem 80 og 95 pct. af de industrialiserede landes udledninger af drivhusgasser i forhold til 1990. Dette var baggrunden for nedsættelsen af den danske Klimakommission, som i september 2010 fremlagde sit bud på fremtidens klima- og energipolitik.

Nogle af Klimakommissionens anbefalinger er omsat til konkret energipolitik via den energipolitiske aftale fra marts 2012 og andre mulige klimapolitiske tiltag på andre sektorområder blev fremlagt i et såkaldt virkemiddelkatalog i august 2013. Der er imidlertid ikke formuleret en samlet dansk klimahandlingsplan. Dog blev der i 2014 vedtaget en klimalov, som fastlægger procedurer for Folketingets behandling af klimapolitiske redegørelser og målsætninger.

På energiområdet har Danmark i "tørår" eksporteret betydelige mængder el til Norge og Sverige. Dette har medført store variationer i den samlede CO₂-udledning. Ved den nationale måling af den danske indsats m.h.t. CO₂-reduktion, korrigeres der for eksport/import af el. Når dette regnes med, er der sket en reduktion i den danske udledning af CO₂.

Reduktionen i Danmark hidrører primært fra øget elproduktion fra vindmøller, mindre brug af el til husopvarmning, øget kraftvarme samt øget brug af gas og biomasse. Efter finanskrisen i 2008 har den generelle økonomiske afmatning og dermed lavere CO₂ udledning også spillet ind. Transportsektoren – biler, fly og tog – har tilsammen øget udledningen af CO₂.

Emission fra el-produktion i Danmark

CO₂

De forhold, der afgør CO₂-emissionen pr. kWh el, er primært brændselstype og anlæggets virkningsgrad – el-virkningsgrad og totalvirkningsgrad (el + varme). Eksempelvis har anlæg med kul som hovedbrændsel en emission omkring 800 gram CO₂ pr. kWh el. (Jf. DMU og

Gennemsnitlige emissioner (gram) ved produktion af 1 kWh

Brændsel	CO ₂	SO ₂	NO _x
Kul *	746	0,08	0,22
Olie	892	1,38	1,89
Naturgas	343	0,002	0,4
Affald	386	0,08	0,94
Biomasse	0	0,06	0,35
Biogas	0	0,12	1,24

* Hertil kommer 40 g slagge/flyveaske

Kilde: Energinet.dks Miljøberetning 2014, baseret på brændselsopgørelser af værk, 125 % metoden

Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger).

Anlæg, der kun producerer el og bortkøler hele eller store dele af varmen (kondensanlæg), vil samlet set udnytte brændslet ringere og dermed give højere emission pr. kWh energi (til el og varme). Om sommeren, hvor der er et lavt varmeforbrug, vil den gennemsnitlige CO₂-udledning ved produktion af 1 kWh energi (til el og varme) fra kulkraftværker derfor være større end om vinteren, hvor der produceres væsentlig mere varme der udnyttes sammen med hver kWh el.

Svovldioxid (SO₂) og kvælstofilter (NO_x)

I modsætning til CO₂ er det muligt ved røggrensning at nedbringe indholdet af SO₂ inden udledning. Dvs. at selvom der anvendes brændsler med højt svovlindhold (eksempelvis kul) kan udledningen pr. kWh el være lav, hvis der er etableret afsvovlingsanlæg på værket. Hvis man ser på danske anlæg med kul som hovedbrændsel, ligger den gennemsnitlige udledning under 1 gram SO₂ pr. kWh el.

Da naturgas praktisk talt er uden svovl, har alle naturgasfyrede anlæg emission af SO₂ under 1 gram/kWh el. Tilsvarende som for svovl er det muligt at rense røggassen delvist for NO_x. Endvidere er der på en række kraftværker etableret Low-NO_x brændere, hvilket også markant reducerer emissionen af NO_x.

Ren energi fra vindmøller

Når vindmøllerne leverer en kilowatt-time til elnettet, spares produktionen af en kilowatt-time på f.eks. et kulfyret

kraft- eller kraftvarmeverk. Et gennemsnitligt værk bruger 325 gram kul til at fremstille 1 kilowatt-time. Derved dannes der 746 gram CO₂ – et bidrag til drivhusvirkningen, der kan undgås ved brug af vindmøller.

Når kul brænder på kraftværket, dannes der også svovldioxid (SO₂) og kvælstofilter (NO_x). Sammen med regnvand og vanddamp i luften giver det "sur regn", som skader skove og søer.

En stor del af elproduktionen i Danmark og Nordvesteuropa har været – og er stadig i et vist omfang – baseret på kulfyrede kraftværker. Vindmøllerne erstatter høj grad denne kulbaserede elproduktion. Nedenstående tabel viser hvor meget CO₂ en vindmølle kan spare miljøet for på en typisk god dansk placering.

Forudsætningen for regnestykket er, at vindkraft erstatter el fra kulfyrede kraft- og kraftvarmeverker. Det vil dog ændre sig i takt med øget anvendelse af gas, biomasse og andet i vort elsystem. I fremtiden vil øget vindkraft bidrage med en lavere reduktion pr. kilowatttime, idet vind efterhånden også vil erstatte renere brændsler end kul.

De nye, store vindmøller er i dag så konkurrencedygtige på gode placeringer, at anvendelse af vindmølle-el er en af de billigste metoder til at reducere CO₂-udledningen fra elproduktion. Analyser bl.a. fra Energistyrelsen viser at når miljøomkostninger og eventuelle CO₂ kvotekøb medregnes, så er vindkraft den samfundsøkonomisk billigste teknologi til elproduktion.

Yderligere oplysninger

Klima- og Energiministeriet

Energistyrelsen

Concito, Danmarks grønne tænketank

IEA, Det Internationale Energiagentur

Energinet.dk

Klimakommissionen

DMI

FN-forbundet, Globalis



Fakta om Vindenergi

Fakta om Vindenergi udgives af Danmarks Vindmølleforening.

Faktablade, der giver faktaoplysninger om en række udvalgte emner, kan rekvireres fra sekretariatet eller hentes på www.dkvind.dk.

Danmarks Vindmølleforening
Ellemarksvej 47, Bygning 6
8000 Århus C

Tlf. 8611 2600
(kl. 9-15, fredag 9-13)
Fax 8611 2700
E-mail: info@dkvind.dk
www.dkvind.dk

Faktablad M2, januar 2015

Hvor meget CO₂ sparer en vindmølle miljøet for?

Her ses, hvor mange tons CO₂ en vindmølle sparer miljøet for på et år på en dansk gennemsnitsplacering.

Vindmøllens størrelse	Produktion pr. år	CO ₂ -besparelse pr. år
850 kW	1.842.800 kWh	1.375 tons
2,3 MW, land	6.900.000 kWh	5.147 tons
2,3 MW, hav	9.200.000 kWh	6.863 tons
3,0 MW land	9.000.000 kWh	6.714 tons

Der er regnet med en gennemsnitlig emission på 746 g ved produktion af 1 kWh på gennemsnitligt, kulfyret anlæg (jfr. tabel øverst på foregående side).